

C) Verschleißschutz durch keramische Beschichtungen

- Friedrich Moeller,
Rauschert GmbH & Co. KG
Pressig

Die Folien finden Sie ab Seite 335.

Gliederung

1. Technologie des thermischen Spritzens aus der Sicht des Anwenders
2. Eigenschaften und Struktur der Keramikschichten für Verschleißschutzanwendungen
3. Der metallische Grundkörper – Werkstoff, Form und Abmessungen, Anlieferungszustand
4. Konstruktive Hinweise anhand von Praxisbeispielen

Einleitung

Wie wir aus verschiedenen Vorträgen gehört haben, ist ein Anwendungsfeld der Technischen Keramik der Verschleißschutz. So hat Aluminiumoxid aufgrund seiner diamantartigen Härte, Korrosionsbeständigkeit und modifizierbaren Oberflächeneigenschaften sich viele Anwendungen im Maschinen- und Anlagenbau erschlossen.

Nach der Werkstoffauswahl ist für den Konstrukteur die Auswahl des Formgebungsverfahrens wichtig. Je nach Ausstattung des Maschinenparks kann das keramische Unternehmen Formteile anbieten, die durch Trockenpressen, Isostatischpressen und Weißbearbeiten, Spritzgießen, Extrudieren gefertigt werden.

Eine weitere interessante Variante der Herstellung von Verschleißschutzflächen ist das Keramische Beschichten auf metallischen Grundkörpern aus Stahl oder Aluminium.

Das eröffnet eine andere Dimension bezüglich Form der Bauteile, Menge und Fertigungszeit.

Bei Keramischen Beschichtungen gibt es unterschiedliche Verfahren. Es wird u.a. in Dünnschicht und Dickschicht-Verfahren unterschieden. Zu den Dickschichtverfahren gehört das Thermische Spritzen von Keramischichten durch Plasmaspritzen.

Technologie des thermischen Spritzens aus der Sicht des Anwenders

Prinzipien des Plasmaspritzens aus der Sicht des Anwenders

Beim Plasmaspritzen werden oxidkeramische Pulver und Pulvergemische in der Plasmaflamme bei 10.000 bis 30.000°C aufgeschmolzen und mit nahezu Schallgeschwindigkeit auf die vorbereitete Metalloberfläche aufgetragen. Sie haben beim Auftreffen eine teigige Konsistenz und haben nach dem Erstarren auf der Metalloberfläche eine fladenartige Struktur.

Trotz der hohen Flammentemperatur, erwärmen sich die Werkstücke nur bis ca. 200°C. Damit können keine metallurgischen Veränderungen stattfinden.

Voraussetzung:

- Guter Abtransport der Wärme
- Zugänglichkeit der zu beschichtenden Flächen des Bauteils für den Spritzstrahl

- Zugänglichkeit der keramikbeschichteten Flächen für die Bearbeitungswerkzeuge

Für den Grundkörper gelten die Prinzipien der metallischen Fertigung. Eine wirtschaftliches Aufbringen der keramischen Beschichtung, die ein eingeschränktes Eigenschaftsprofil gegenüber Vollkeramik aufweist, hängt von den möglichen Vorrichtungen ab.



Bild 1: Plasmaspritzen in Aktion

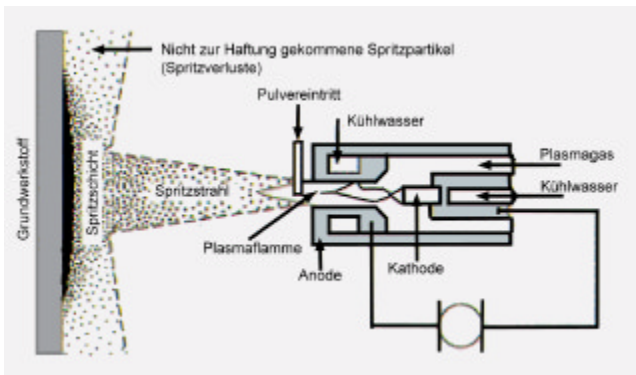


Bild 2: Prinzip des Plasmaspritzens

Eigenschaften und Struktur der Keramikschichten

Für das Plasmaspritzen sind spezielle oxidkeramische Pulver und Pulvergemische entwickelt worden, die wieder andere Kriterien erfüllen müssen als das sogenannte Sprühgranulat. Ein Kriterium ist z.B. die spritzige Form des Kornes. Für das Anwendungsfeld Verschleißschutz haben sich folgende Spritzwerkstoffe bewährt.

Spritzwerkstoff	Farbe	Härte HV0.3	Anwendungen
Al ₂ O ₃ / TiO ₂ 97 / 3	grau	1900-2100	Fadenführungen, Kolben, Plunger, Schieber
Al ₂ O ₃ / TiO ₂ 87 / 13	blau-schwarz	1600-1800	Walzen, Wellenschutzhülsen, Maschinenbau
Al ₂ O ₃ / TiO ₂ 60 / 40	schwarz	1200-1500	Textilindustrie, Maschinenbau,
Cr ₂ O ₃	grün	1600-1800	Exzellente äußerst porenarme Schichten
Cr ₂ O ₃ / TiO ₂ 60 / 40	grau-grün	1100-1500	Pumpenbau, Druck-, Textilmaschinen
Cr-Ni Haf tschicht	grau		

Tabelle 1: Beschichtungswerkstoffe und Anwendungen

Die Keramikschicht hat eine Struktur, die sich vom Gefüge der Vollkeramik unterscheidet.

Wichtigstes Merkmal :

Keramikschichten haben eine verfahrensbedingte Porosität, je nach Werkstoff, von 1% bis 5%. (siehe Bild 3 und Bild 4)

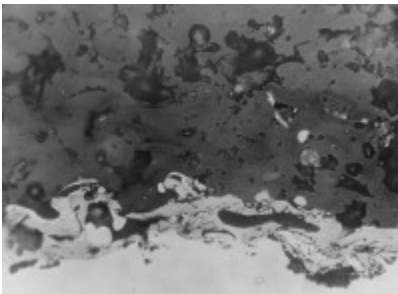


Bild 3: Gefüge mit V = 500 x

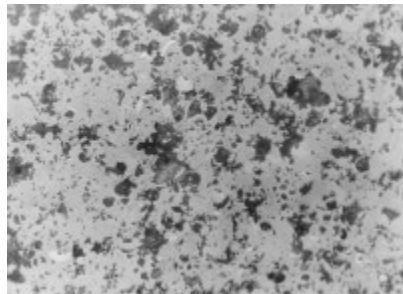


Bild 4: Gefüge mit V = 200 x

Aus diesem Grund wird die keramische Beschichtung nicht für den Korrosionsschutz empfohlen.

Wenn bei der Verschleißschutzanwendung mit feuchter Atmosphäre zu rechnen ist, wird ein korrosionsbeständiger Grundwerkstoff und das Versiegeln der Keramikschicht mit organischen Siegelwerkstoffen empfohlen.

Neuerdings stehen auch als Siegelwerkstoffe Keramiklacke auf anorganischer Basis zur Verfügung. Die Verarbeitungstemperatur ist unter 100°C.

Schichtspezifikation für den Verschleißschutz

Die optimale wirtschaftliche Schichtdicke beim Plasmaspritzverfahren für Verschleißschutzanwendungen ist 0,1 (+0,03)mm. Unter 0,1mm kann es zu nicht ausreichend deckenden Schichtbereichen mit ungenügender Verschleißschutzreserve kommen

Bei Bauteilen, die feinstbearbeitet werden müssen, wird eine Schichtdicke von 0,120 + 0,060mm empfohlen, um genügend Abtragsreserven für die Schleifbearbeitung zu haben.

Die Oberflächenrauigkeit kann durch Oberflächenbearbeitung auf den jeweiligen Anwendungsfall angepaßt werden. Die Standardoberfläche hat einen Ra 1,5 – 2µ.

Oberflächenspezifikation	Schichtdicke	Ra-Wert
Standardoberfläche	90 +-30 µ	Ra 1,5 - 2 µ
Feinstbearbeitete Oberfläche	120 +60 µ	Ra 0,3 –0,5 µ
Griffige Oberfläche	90 +-30 µ	Ra ca. 6 µ

Tabelle 2: Oberflächen, Schichtdicken und Ra-Werte

Der metallische Grundkörper – Werkstoff, Form und Abmessungen, Anlieferungszustand

Das Substrat

- *Werkstoff*

Alle metallischen Werkstoffe können mit dem thermischen Spritzverfahren keramikbeschichtet werden. Es gibt daher keine Einschränkung der Werkstoffpalette wie bei den Dünnschichtverfahren. Die gebräuchlichsten Substratwerkstoffe sind Aluminium und rostfreier Stahl. Rostfreie Stähle, wie V2A, sind besonders in feuchter und korrosiver Umgebung zu empfehlen, um Unterschichtkorrosion zu vermeiden.

Bei thermischer Belastung bis ca. 500 - 600°C werden die unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von metallischem und keramischem Werkstoff über die poröse Struktur ausgeglichen.

- *Anlieferungszustand*

Die Oberfläche soll ohne sichtbare Riefen und Lunker sein, da die Keramiksicht eine grobrauhe Struktur nicht ausgleichen kann. Empfohlen wird ein Rz- Wert von 8-16µm.

Unmittelbar vor dem Keramikbeschichten werden die Metallteile sandgestrahlt, um die metallische Oberfläche zu aktivieren und die Haftfestigkeit der Keramiksicht zu verbessern.

Die auftreffenden aufgeschmolzenen Keramikpartikel verkrallen sich mit der aufgerauten Oberfläche und verschweißen lokal.

- *Form der Bauteile*

Die Bauteile werden aus Gründen des Umwelt- und Arbeitsschutzes in einer Absaugkabine beschichtet. Die Kabine hat bei uns Abmessungen von 2 m Breite, 1 m Höhe und 1 m Tiefe.

So können Walzen bis zu einer Länge von 1800mm keramikbeschichtet werden.

Für Kleinteile in großen Stückzahlen stehen Karussells zur Verfügung, auf die die Bauteile aufgesteckt werden.

Keramiksichten können auch partiell aufgetragen werden. Hierzu werden die nicht zu beschichtenden Bereich mit Metallblechen oder durch die Vorrichtungen abgedeckt.

Hinweise für Anfrage

- *Reparaturbeschichtungen*

Das Verfahren ermöglicht auch die Wiederverwendung verbrauchter keramikbeschichteter Bauteile. Die alte Keramiksicht wird abgestrahlt, und eine Keramiksicht wird neu aufgetragen. Auch Bauteile, die nach anderen Verfahren (Hartverchromen, Hartcoatieren, PVD, CVD) Beschichteten wurden, können wiederverwendet werden. So spart man kostbare Fertigungszeit und die oft hohen Herstellungskosten der Metallteile.

- *Musterbeschichtungen*

Bei neuen Anwendungen muß die Keramiksicht erprobt werden. So werden oft 5 bis 10 Teile als Kleinserie beschichtet. Die Lieferzeit beträgt 3 Wochen. Die Kosten belaufen sich je nach Aufwand bei einem Richtpreis zwischen 50,- DM und 200,- DM pro Stück.

Konstruktive Hinweise anhand von Praxisbeispielen



Bild 5: Keramische Beschichtung auf Bauteilen aus AL für die Textil- und Drahtindustrie

Spezifikation:

$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2$	97/3	grau	$\text{Ra} = 1\mu$
$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2$	87/13	grau	$\text{Ra} = 0,5\mu$



Bild 6: Keramische Beschichtung einer Galette aus Stahl für Spinnanlagen

- Abzugsgeschwindigkeit der Polyesterfaser 8000m/min



Bild 7: Partielle keramische Beschichtung eines Pumpenkolbens

Spezifikation:

$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2$ 87/13 schwarz
mit eingebetteter Keramikschiicht (metallische Stoßkante!),
Oberfläche geschliffen



Bild 8: Keramische Beschichtung einer Drahtumlenkung mit bearbeiteten Rillen



Bild 9: Keramikbeschichtete und polierte Einlaufmündung aus Stahl für die Textilindustrie, Auftreffwinkel des Spritzstrahls $> 45^\circ$



Bild 10: Geometrische Untergrenze für keramikbeschichtete und oberflächenbearbeitete Kleinteile

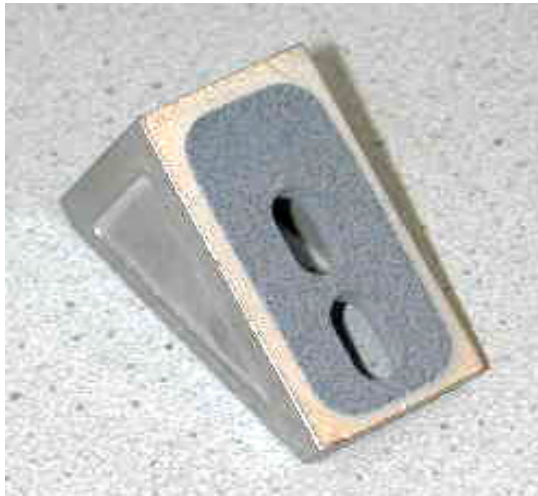


Bild 11: Keramikbeschichtetes Bauteil mit griffiger Oberfläche



Bild 12: Bauteil für Textilmaschinen mit Innenbeschichtung und poliertem Innenbereich



Bild 13: Fadenführer mit hintergriffiger Geometrie



Bild 14: Schlitzfadenführer für Textilmaschinen als Verbundteil


Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 18) finden sich auf den folgenden Seiten.

think
ceramics

Hier nagt nicht der Zahn der Zeit -

Verschleißschutz durch keramische Beschichtungen

Friedrich Moeller
Rauschert GmbH & Co. KG
Pressig



Informationszentrum
Technische Keramik

Folie 1

Gliederung

think
ceramics

- Technologie des thermischen Spritzens aus der Sicht des Anwenders
- Eigenschaften und Struktur der Keramikschichten für Verschleißschutzanwendungen
- Der metallische Grundkörper – Werkstoff, Form und Abmessungen, Anlieferungszustand
- Konstruktive Hinweise anhand von Praxisbeispielen



Voraussetzungen für das Plasmaspritzen

think
ceramics


- Guter Abtransport der Wärme
- Zugänglichkeit der zu beschichtenden Flächen für den Spritzstrahl
- Zugänglichkeit der keramikbeschichteten Fläche für die Bearbeitungswerkzeuge



Folie 3

Plasmaspritzen in Aktion

think
ceramics

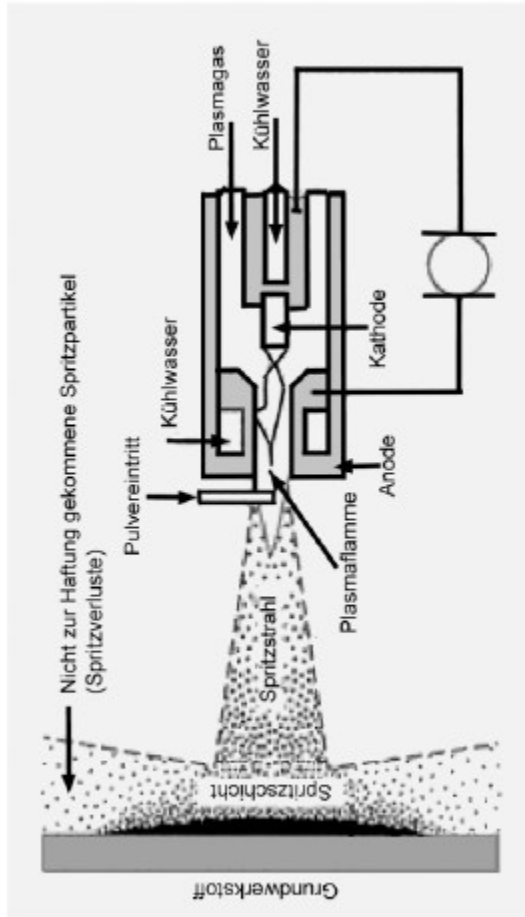


Informationszentrum
Technische Keramik

Folie 4

think
ceramics

Prinzip des Plasmaspritzens



Informationszentrum
Technische Keramik

Eigenschaften von Keramikschichten

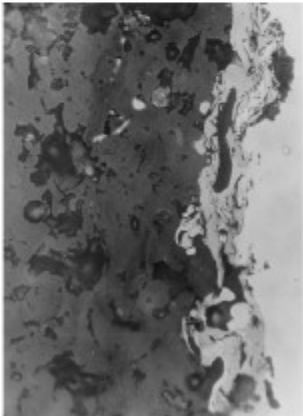
think
ceramics

Spritzwerkstoff	Farbe	Härte HV 0.3	Anwendungen
$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2$ 97 / 3	grau	1900-2100	Fadenführungen, Kolben, Plunger, Schieber
$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2$ 87 / 13	blau-schwarz	1600-1800	Walzen, Wellenschutzhülsen, Maschinenbau
$\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2$ 60 / 40	schwarz	1200-1500	Textilindustrie, Maschinenbau
Cr_2O_3	grün	1600-1800	Exzellente äußerst porename Schichten
$\text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{TiO}_2$ 60 / 40	grau-grün	1100-1500	Pumpenbau, Druck-, Textilmaschinen
Cr-Ni Haftschicht	grau		



Struktur von Keramikschichten

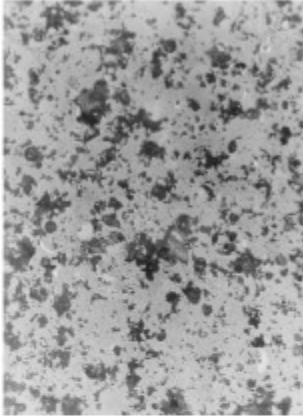
think ceramics



V = 500x

Schichtaufbau:


- Deckschicht
- Hartschicht
- Metallsubstrat



V = 200x

Schichtaufbau:

- Deckschicht




Informationszentrum
Technische Keramik

Folie 7

<p>Anforderungen</p> <ul style="list-style-type: none">• Trägerwerkstoff• Anlieferungszustand• Bauteilform	<p>Hinweise für</p> <ul style="list-style-type: none">• Reparaturbeschichtungen• Musterbeschichtungen
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

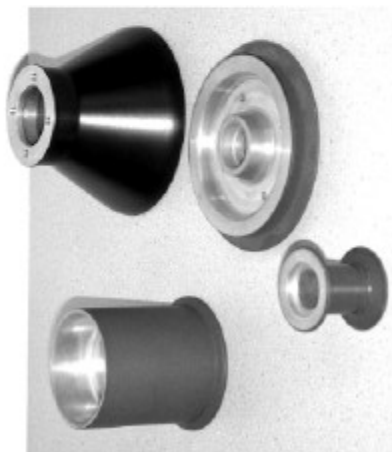
think Ceramics



Konstruktionsbeispiel 1

think
ceramics

Keramische Beschichtungen auf Bauteilen aus Aluminium für die
Textilherstellung und Drahtverarbeitung



Spezifikation:

Al_2TlO_3 97/3 grau Ra=1 μ

Al_2TlO_3 87/13 grau Ra=0,5 μ

Informationszentrum
Technische Keramik

Konstruktionsbeispiel 2

think
ceramics

Keramische Beschichtung einer Galette aus Stahl für Spinnanlagen



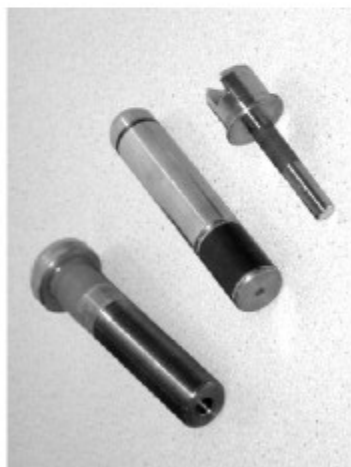
Informationen:

Abzugsgeschwindigkeit des
Polyesterfaser = 8.000 m/min
Galette ist ausgewuchtet

Konstruktionsbeispiel 3

think
ceramics

Partielle keramische Beschichtung eines Pumpenkolbens



Spezifikation:

Al_2TiO_3 97/3 schwarz

Eingebettete Keramikschicht
(metallische Stoßkante)

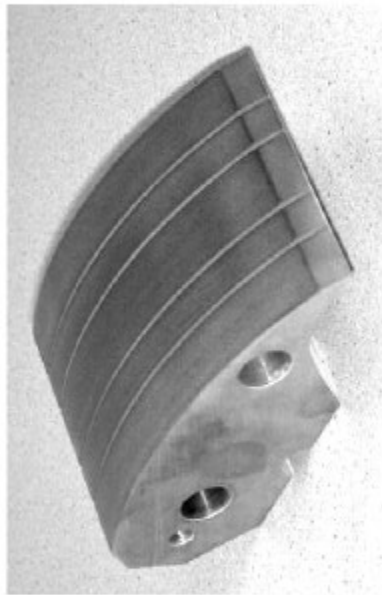
Oberfläche geschliffen


Informationszentrum
Technische Keramik

Konstruktionsbeispiel 4

think
ceramics

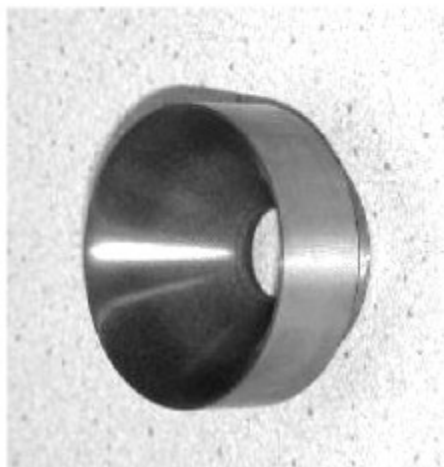
Keramische Beschichtung einer Drahtumlenkung
mit bearbeiteten Rillen



Konstruktionsbeispiel 5

think
ceramics

Keramikbeschichtete und polierte Einlaufmündung aus Stahl für die Textilindustrie



Information:

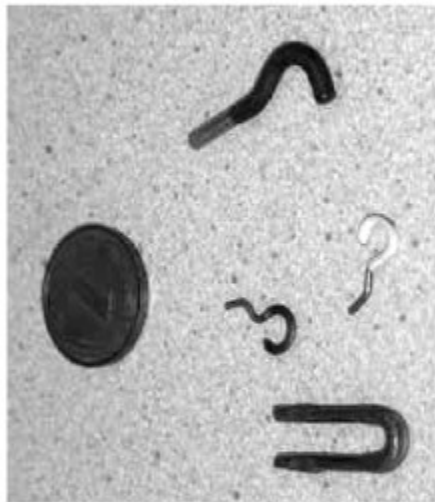
Auftreffwinkel des
Spritzstrahls > 45°



Konstruktionsbeispiel 6

think
Ceramics

Geometrische Untergrenze für keramikbeschichtete und
oberflächenbearbeitete Kleinteile

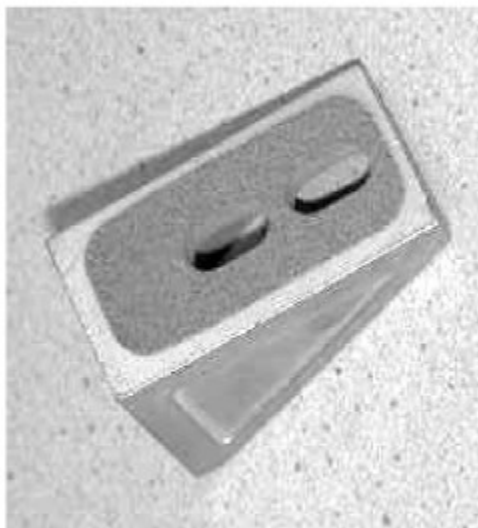


Informationszentrum
Technische Keramik

Konstruktionsbeispiel 7

think
ceramics

Keramikbeschichtetes Bauteil mit griffiger Oberfläche



Informationszentrum
Technische Keramik

Folie 15

Konstruktionsbeispiel 8

think
Ceramics

Bauteil für Textilmaschinen mit Innenbeschichtung und poliertem Innenbereich

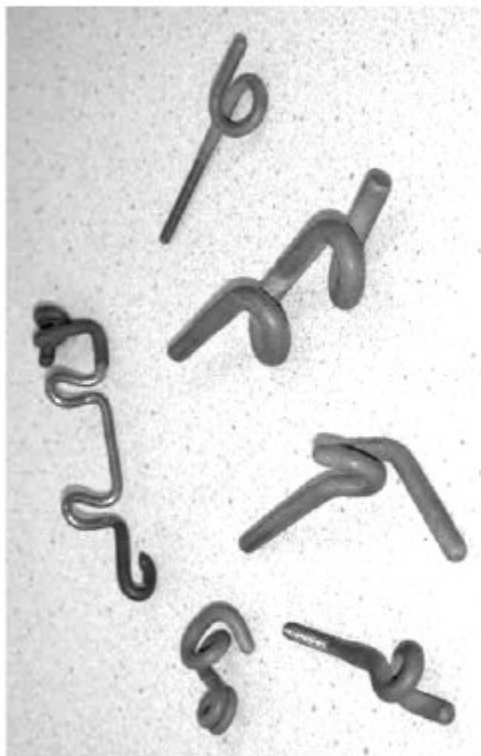


Informationszentrum
Technische Keramik

Konstruktionsbeispiel 9

think
ceramics

Fadenführer mit hintergriffiger Geometrie



Informationszentrum
Technische Keramik

Folie 17

Konstruktionsbeispiel 10

think
Ceramics

Schlitzfadenführer für Textilmaschinen als Verbundteil



Informationszentrum
Technische Keramik