

3.4 Gemeinsam Stärken entwickeln – Intelligente Keramik-Verbund-Systeme

- Ulrike Wiech
CeramTec-ETEC GmbH
Lohmar

Die Folien finden Sie ab Seite 219

3.4.1. Einleitung – Warum Keramik?

Keramische Werkstoffe haben sehr vielfältige Eigenschaften, welche zum einen durch die chemische Zusammensetzung und zum anderen durch den Herstellungsprozess bestimmt werden. Zu den positiven Eigenschaften zählen z. B. Form- und Hochtemperaturstabilität, Korrosion- und Verschleißfestigkeit, hohe Härte und niedrige Dichte. Hierdurch erschließen sich breite Einsatzgebiete in fast allen industriellen Anwendungsbereichen.

In der heutigen Zeit steigen mit der fortschreitenden technischen Entwicklung die Anforderungen an einsatzfähigen Werkstoffen. Herkömmliche Materialien, wie Stahl oder Kunststoffe, stoßen hier häufig an ihre Grenzen. Gerade in abrasiven und korrosiven Anwendungen werden aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, z. B. Verlängerung der Lebensdauer, Wartungsintervalle aber auch aufgrund von Umweltaspekten immer häufiger keramische Werkstoffe eingesetzt.

3.4.2. Eigenschaften keramischer Werkstoffe im System

Verschleiß und Korrosion sind wesentliche Faktoren, die die Wirtschaftlichkeit eines Tribosystems beeinflussen. Sie bestimmen Standzeiten, sind die Ursache für Stillstandzeiten und Reparaturkosten. Verschleiß ist nach DIN 50320 (1987 zurückgezogen) definiert als fortschreitender Materialverlust der Oberfläche eines festen Körpers, hervorgerufen durch mechanische Ursachen d. h. Kontakt und Relativbewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegenkörpers. Verschleiß wird im Wesentlichen durch Reibung verursacht. Die beim

Verschleißvorgang ablaufenden Prozesse werden Verschleißmechanismen genannt. Hierbei werden 4 Hauptverschleißmechanismen unterschieden: Adhäsion, Abrasion, Tribochemische Reaktionen und Oberflächenzerrüttung.

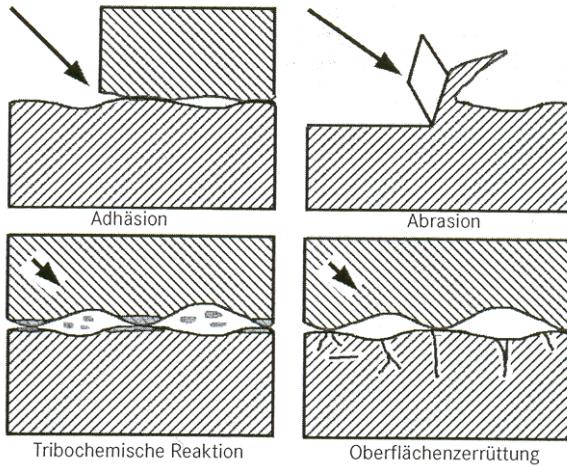


Bild 1: Hauptverschleißmechanismen

- Adhäsion:** lokale Kaltverschweißung, welche durch Relativbewegung abgesichert werden
- Abrasion:** ritzende Beanspruchung durch stark unterschiedliche Härte
- Tribochemische Reaktion:** Phasenbildung durch „hot spots“
- Oberflächenzerrüttung:** Bildung von Ermüdungsrissen und Ablösen von Materialteilchen

Der Abrasivverschleiß wird grundlegend durch die Wahlsche Hoch/Tieflagebeziehung beschrieben. Sie sagt aus: Der Grundkörper muss härter sein als der Gegenkörper. Sie leitet sich im Prinzip bei der Mohsschen Härteskala ab, die belegt, dass ein härterer Körper ein weiches Material ritzt. Man erkennt, dass in der Verschleißtieflage die Verschleißbeträge niedrig sind. Sie steigen drastisch an, wenn die Härten von Grund und Gegenkörper sich angleichen (z. B. Quarz

Mohs Härte 7 HV(10) 9,5 GPa und Aluminiumoxid Mohs Härte 9 HV(10) 16-22 GPa).

Keramik sollte in der Verschleißtieflage - wie alle anderen Werkstoffe auch - theoretisch keinen Verschleiß zeigen. In der Praxis tritt aber auch in der Tieflage messbarer Verschleiß auf. Dieses ist auf sich überlagernde Effekte zurückzuführen. In der Hochlage findet nur ein moderater Verschleißanstieg statt.

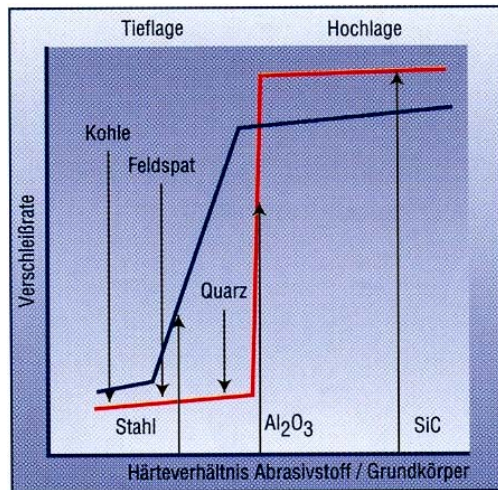


Bild 2: Tief- und Hochlagebeziehung

Folgende Einflussfaktoren bestimmen das Verschleißverhalten von keramischen Werkstoffen maßgeblich. Neben der Normalkraft, sind Härte und Bruchzähigkeit die wichtigsten Faktoren.

$$W_v = f (F_N H^{-1/2} * K_{Ic}^{-3/4})$$

mit

W_v = Volumenverschleiß (m³)

F_N = Normalkraft (MPa)

H = Härte (HV)

K_{Ic} = Bruchzähigkeit (MPa m^{1/2})

Mineral	Härte [Mohs]	Vickerhärte HV (10) [GPa]	Bemerkung
Talk	1	0,4	mit fingernagel schabbar
Gips	2	0,7	mit Findernagel ritzbar
Kalkspat	3	1,3	mit Kupfermünze
Flussspat	4	1,9	mit Messer leicht ritzbar
Apatit	5	4,5	mit Messer noch ritzbar
Feldspat	6	6	mit Stahlfeile ritzbar
Quarz	7	9,5	ritz Fensterglas
Stahl		2 - 10	
Topas	8	14	
Hartmetall		16 - 18	
Korund	9	16 - 22	
Siliziumnitrid		18	
Siliziumkarbid		25	
Borkarbid (kubisch)		29	
Bornitrid (kubisch)		47	
Diamant	10		härtestes natürlich vor- kommendes Mineral

Bild 3: Mohs Härte

Bei all diesen Betrachtungen ist zu berücksichtigen: Verschleiß ist keine reine Werkstoffeigenschaft sondern eine Systemeigenschaft.

Die Höhe der Exponenten wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben und ist im Wesentlichen auf unterschiedliche Versuchseinrichtungen zurückzuführen.

Kurz gefasst muss ein Optimum zwischen Härte und Bruchzähigkeit gefunden werden, um ein Maximum an Verschleißfestigkeit (Verschleißwiderstand $1/W_v$) gegen Abrasivverschleiß zu erreichen. Bei überwiegend Gleitverschleiß ist Keramik allen anderen Werkstoffen

überlegen und ermöglicht sichere und vor allem wirtschaftliche Systemlösungen.

Die Auswahl des richtigen Werkstoffes für den Einsatz als Verschleißschutzwerkstoffes erfolgt nach dem Anforderungsprofil. Neben den bereits erwähnten Werkstoffeigenschaften Härte, Festigkeit, Bruchzähigkeit und Korrosionsbeständigkeit spielen auch die Bauteilkosten eine entscheidende Rolle.

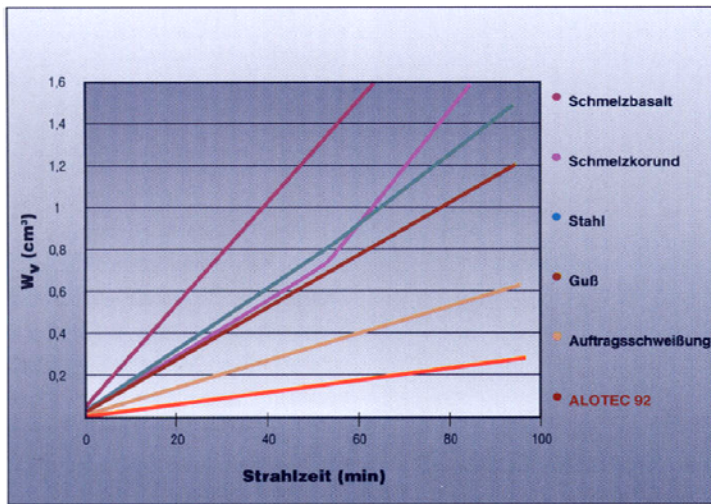


Bild 4: Vergleich der Verschleißfestigkeit von Al_2O_3 – Keramik zu anderen Verschleißschutzwerkstoffen

Kosten sind ein wesentlicher Gesichtspunkt für den Einsatz keramischer Bauteile. Nachfolgend werden Beispiele des vergleichsweise kostengünstigen Al_2O_3 mit einem Gehalt von ca. 92 % an diversen Praxisbeispielen aufgezeigt.

3.4.3. Fügetechniken – Warum Verbundsysteme?

Keramische Bauteile mit komplexer Struktur und großen Abmessungen lassen sich aus fertigungstechnischen Gründen – z. B. Schwingung von bis zu 20% beim Sintern – nur sehr schwer herstellen. Als Alterna-

tive wird deshalb die Fügetechnik eingesetzt. Wichtige Verbundsysteme sind: Keramik/Keramik, Stahl/Keramik, Stahl/Polymere. Die für die Keramik wichtigsten Fügesysteme sind in der folgenden Abbildung beschrieben.

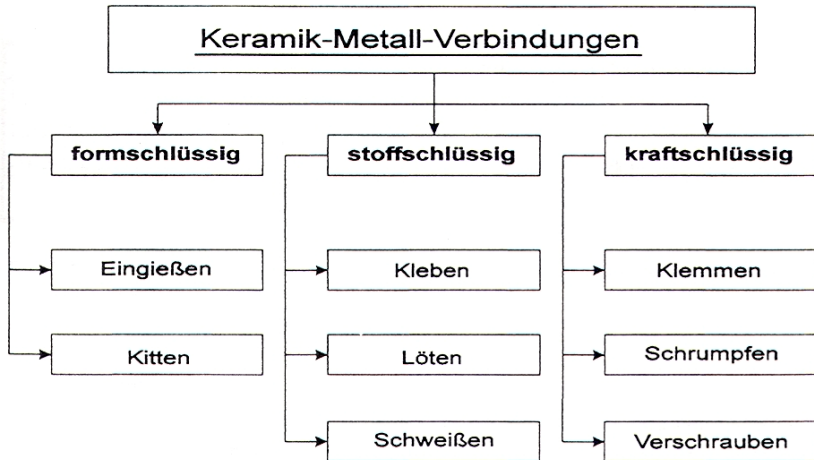


Bild 5: Fügetechniken für Keramik -Verbundsysteme

Für die Verwendung von Stählen sprechen das schadenstolerante Verhalten und die hohe Festigkeit. Polymere werden in der Regel aus wirtschaftlichen Gründen, des gummielastischen Verhalten oder des niedrigen Gewichts ausgewählt.

Ziel aller Werkstoffverbunde ist:

Die vorteilhaften Eigenschaften der Einzelkomponenten nutzen, ohne dass die nachteiligen Eigenschaften versagenskritisch werden.

Krafteinleitung und Fügetechnik müssen der einzelnen Komponente entsprechen, z. B. E-Modul, thermische Dehnung u. a. Die Werkstoffe müssen Funktionstrennung verwirklichen, so dass die Nachteile des einen Werkstoffes durch den anderen Verbundpartner kompensiert werden. Zur zuverlässigen Verbindung der Keramik mit seinem Verbundpartner können stoff-, form- und kraftschlüssige Techniken verwendet werden. Hierzu zählen z. B. Eingießen, Kleben oder Klemmen. Hier gewinnt vor Allem das Kleben immer größere Bedeutung.

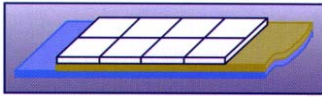
Die heutigen Kleber liegen in so einer großen Bandbreite vor, dass es fast für jeden Einsatzfall einen geeigneten Kleber gibt. Beim Verbinden div. Teile im Automobilbau ist es Stand der Technik und hat viele herkömmliche Verfahren, wie z. B. Nieten oder Schweißen, in weiten Bereichen abgelöst. Die wohl bekannteste Klebeverbindung in der Keramik sind die Kacheln auf dem Hitzeschild des Spaceshuttles.

Anforderungen an gute Klebstoffe:

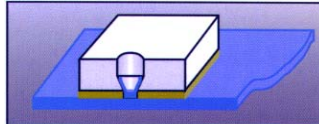
- Gute Benetzbarkeit der Komponenten
- Hohe Scherfestigkeiten
- Kein sprödes Aushärten
- Je nach Anwendung Temperaturstabilität
- Einfache Verarbeitbarkeit
- Umweltverträglichkeit

Der Einsatz der herkömmlichen, wirtschaftlich sinnvollen Kleber beschränkt sich zurzeit auf eine Einsatztemperatur von ca. 150°C. Darüber hinaus ist es notwendig, ausgesuchte Kleber z. B. Zemente, Wasserglas u. a. zu verwenden. Aufgrund ihrer geringen Festigkeit ist hier eine zusätzliche mechanische Unterstützung notwendig. Diese kann durch Schweißen mit Anschweißhülsen oder durch eine Schraubverbindung erfolgen. Weiterhin kommen T-Nut-Formen zum Einsatz.

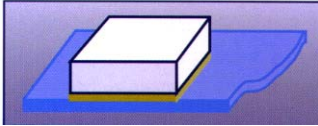
Neben der Montagetechnik hat das Layout einen gleich hohen Stellenwert. Um Auswaschungen an der Schwachstelle Fuge zu vermeiden werden, die Auslegungen entsprechend der Beanspruchung geplant. D. h. durchgehende Fugen in Strömungs- oder Förderrichtung werden vermieden. Für eine passgenaue Auskleidung werden heutzutage immer größere Anforderungen an die Toleranzen der Einzelkomponenten gestellt. Toleranzen von 0/-1% - in Sonderfällen <0,2 mm as fired - sind heute Stand der Technik. Hierdurch kann eine engefugige Verlegung <1 mm gewährleistet werden.



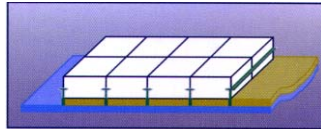
Vulkanisieren von
Mosaiken in Gummi



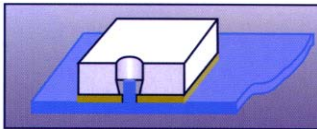
Kleben bzw. Zementieren in
Kombination mit Schrauben:
Beste, aber aufwändige Fügetechnik



Direktes Verkleben bzw.
Zementieren auf Stahl



T-Nut-Verfahren in Kombination
mit Kleben bzw. Zementieren



Kleben bzw. Zementieren in
Kombination mit Schweißen

Bild 6: Montagetechniken für die Auskleidung großer Flächen

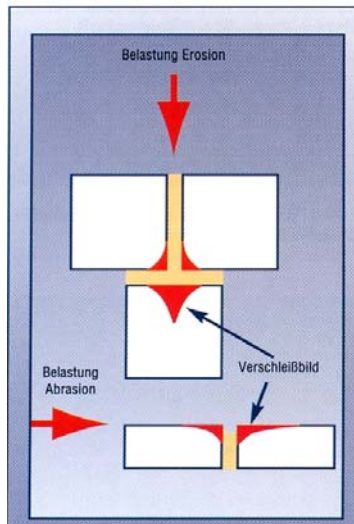


Bild 7: Zu breite Fugen verstärken Abrasion und Erosion

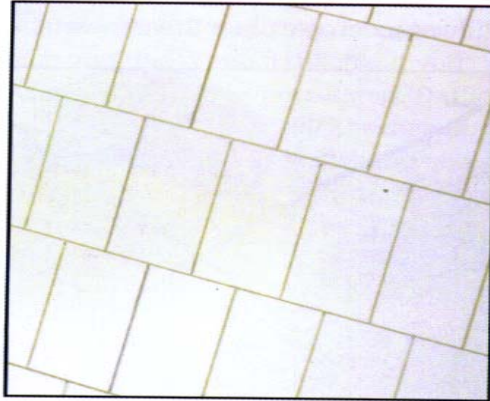


Bild 8: Engfugige Verlegung verhindert Auswaschungen

3.4.4. Anwendungsbeispiele

Im Wesentlichen lassen sich industrielle Anwendungen in folgende Bereiche unterteilen.

- Fördern und Transportieren
- Rühren und Mischen
- Mahlen und Brechen
- Klassieren

3.4.4.1. Fördern und Transportieren

Es gibt fast nichts was nicht transportiert werden muss, z. B. Kohle, Erze, mineralische Rohstoffe, Lebensmittel, Granulate oder Schlacken und abrasive Stäube. Dabei wird zwischen mechanisch angetriebenen Fördersystemen, Gravitation und dem Transport in Rohrleitungen unterschieden. Typische Beispiel für den Transport durch Gravitation sind Rutschen, Rinnen oder Übergaben. Die Übergaben werden z. B. im Stahlwerk eingesetzt und mit relativ dicken Auskleidungen von ca. 50mm versehen. Die Anforderungen an die Auskleidungen bzgl. der Standzeit liegen bei min. 5 Jahren, das entspricht den heutigen Revisionszyklen der Feuerfestauskleidungen für den Hochofen. Diese ho-

hen Forderungen lassen sich nur durch Aluminiumoxid-Auskleidungen erreichen.

Den größten Fortschritt in der Gurtförderertechnik brachte die Belegung der Antriebstrommeln für Fördergurte. Der Verschleiß in den Gurtförderanlagen wird durch Anbackungen und Korrosion zusätzlich beeinflusst. Dieses vermindert die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen z. B. durch Überschüttung, welches zusätzlich zu erhöhtem Lärm und Gesundheitsbelastung führt.

Die in Gummi ein vulkanisierten Noppen verbessern entscheidend das Betriebsverhalten, z.B. sorgt die genoppte Oberfläche bei hochbeanspruchten Antriebstrommeln für einen optimalen Gripp zwischen Band und Trommel, auch bei Nässe und Schmutz. Durch den elastischen Gummiunterbau werden die Gurte geschont, da die Beläge optimal an den Durchmesser der Trommel angepasst werden können. Durch die Einzelstein Verarbeitung sind auch kleine Durchmesser zu realisieren. Die Standzeiten liegen heute bei dem 10-fachen gegenüber herkömmlichen Trommelbelägen.

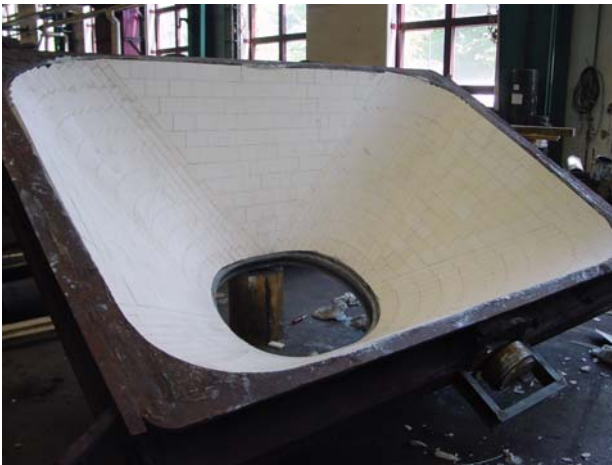


Bild 9: Übergabetrichter Stahlwerk



Bild 10: Trommelbeläge

3.4.4.2. Mahlen und Brechen

Mechanische Zerkleinerungsprozesse, wie Brechen und Mahlen, sind Grundoperationen der Aufbereitungstechnik. Ihre Aufgabe ist es, die Korngröße des Ausgabematerials zu reduzieren, den Anteil des Feinkorns zu erhöhen, Agglomerate zu zerstören, die Partikelform zu variieren, aber auch Rohstoffe zu mischen und zu homogenisieren. Während die Keramik bei der Grobzerkleinerung kaum eine Bedeutung hat, ist sie bei der Fein- und Feinstvermahlung heutzutage erste Wahl.

Mühlenfutter aus Aluminiumoxid-Keramik übertreffen in ihrer Verschleißbeständigkeit alle konventionellen Materialien, wie Natursteine, Porzellan, Steatit, Gummi, Stahl oder Guss. In vielen Anwendungen werden immer größere Anforderungen an Leistungen und Durchsatz der Mahlaggregate gestellt, verbunden mit einer höheren Kornfeinheit und engen Kornverteilungskurven. Ein wesentlicher Gesichtspunkt, der für den Einsatz von keramischen Auskleidungen in der Feinmahltechnik spricht, sind die Forderungen nach kontaminationsfreier Vermahlung. Speziell die eisenfreie Vermahlung von Rohstoffen gewinnt immer größere Bedeutung. Deshalb werden bei Hochleistungswerkstoffen immer mehr arteigene Mahlsysteme ge-

fordert. Für die meisten Mahlprozesse werden Mahlkugeln oder Mahlzylinder benötigt. Hier hat Aluminiumoxid die herkömmlichen Flintsteine, Stahl-, Guss- oder Porzellan- und Steatitmahlkörper weitgehend verdrängt.

Speziell in der Feinstmahltechnik - z. B. bei der Attritormahlung – liegt noch ein breites Anwendungsgebiet für keramische Werkstoffe. Beispiele hierfür sind Auskleidungen der Mahltöpfe, die Mahlscheiben bzw. die Mahlstifte und Mahlkörper.



Bild 11: Exenterschwingmühle



Bild 12: Keramisches Austragsieb einer Exenterschwingmühle

3.4.4.3. Mischen

Eine interessante Anwendung im Bereich der Mischtechnik findet man in der Baustoffindustrie bei der Herstellung von Fertigbeton. Neben deutlicher Erhöhung der Standzeiten, sind die Auskleidungen mit geringerem Aufwand sauber zu halten. Neben den Betriebsbedingungen und dem Mischgut hat die Wahl der geeigneten Mischwerkzeuge entscheidenden Einfluss auf die Standzeit der keramischen Auskleidung. Die besten Ergebnisse werden durch den Einsatz von Kunststoffmischwerkzeugen erreicht. Weiterhin können die Reinigungsarbeiten deutlich reduziert werden, da Anbackungen durch Restbeton nicht auftreten. Durch die passgenauen Auskleidungen können auch Umbauten problemlos und kostengünstig mit einem hochwertigen Verschleißschutz versehen werden.



Bild 13: Keramische Mischerauskleidung für Transportbeton

3.4.4.4. Klassieren

Beim Zerkleinern fester Rohstoffe fallen Korngemische mit unterschiedlichen Korngrößen oder Kornformen an. In der Regel müssen die Gemische vor der Weiterverarbeitung in Kornklassen getrennt werden. Die Trennung kann in Siebmaschinen oder durch Stromklassieren erfolgen. Stromklassieren ist ein weit verbreitetes Verfahren

für eine trockene oder nasse Trennung von körnigen oder faserigen Stoffen. Je nach Anforderungsprofil werden Siebter, Zyklone oder Hydrozyklone eingesetzt. Aerozyklone dienen zur Abscheidung des Staubes aus der Abluft von Kraftwerken und Müllverbrennungsanlagen sowie von Stahlwerken. Auch in diesem Anwendungsbereich haben sich Aluminiumoxid-Auskleidungen bewährt, besonders bei der Reinigung von Abgasen. Stähle versagen kurzfristig aufgrund der niedrigen Korrosions- und Erosionsbeständigkeit. Dagegen lassen sich mit der Keramik Standzeiten von mehr als 10 Jahren erreichen.

In den letzten Jahren haben keramische Hydrozyklone (Cleaner) in vielen Bereichen die konventionellen Polyurethan- und Stahlzyklone verdrängt. Angewendet werden sie zum Trennen von Stoffgemischen in wässriger Phase, z. B. bei der Aufbereitung von Rohkaolinen (Trennung von Quarz und Feldspat von Kaolin) und beim Recycling von Altpapier (Abtrennung mineralischer Bestandteile aus der Holzfasersuspension).



Bild 14: Hydrozyklone Keramik-Stahl-Verbund



Bild 15: Hydrozyklone (Cleaner), Keramik-Kunststoff-Verbund

3.4.4.5. Sonderanwendungen

Anlaufspuren für Sprungschanzen



Bild 16: Anlaufspur



Bild 17: Prinzip der ALOSLIDE ICE Spur

Sommerskispringen ist heute groß in Mode. In der Vergangenheit wurde bereits eine Vielzahl von Materialien hierfür getestet. So gibt es Spuren auf der Basis Porzellan, Stahl, Email und Kunststoff. Das neu entwickelte ALOSLIDE-System ist allen anderen überlegen. Die Spur ist schnell und geräuscharm, verbraucht wenig Wasser als Gleitmittel und vermittelt dem Springer ein Gleitgefühl nur zu Vergleichen mit einer Schneespur. Vor allem aber ist sie gerecht, denn sie bietet allen Sportlern die gleichen Voraussetzungen. Das Geheimnis der Anlaufspur sind Keramikknoppen aus Aluminiumoxid, die in Kautschuk einvulkanisiert sind. Durch die Adhäsion bildet sich eine dünne, fest haftende, reibungsarme Schicht, die ein gleichmäßiges Gleiten der Skier ermöglicht. Im Frühjahr 2003 wurde die erste 50m-Schanze mit diesem neuen System ausgerüstet. Aufbauend auf die Erfahrungen mit Schanzen in Bischofshofen, der größten Mattenschanze der Welt, den Olympiaschanzen in Turin wird dieses System ständig weiterentwickelt. Völlig neuartig ist eine Eisspur, die auf die ALOSLIDE-Spur aufgebracht werden kann, so dass die Anlaufspuren sowohl im Sommer als auch im Winter betrieben werden können, ohne dass aufwendige Doppelspuren oder Unterkonstruktionen notwendig werden. ALOSLIDE ICE ist damit witterungsunabhängig und es kann aufgrund eines integrierten Kühl- und Heizsystems problemlos zwischen dem Sommer- und Winterbetrieb gewechselt werden. Basis

der neuen Winterspur ist eine 15 mm starke Eisschicht, ähnlich der Flächen in Eissporthallen. Mit dieser Spur starten alle Ski-Springer unter den gleichen Bedingungen.

Keramik im ballistischen Schutz

Keramik ist spröde und dadurch stoßempfindlich. Hier stellt sich die Frage: Warum wird dieser Werkstoff im ballistischen Schutz eingesetzt?



Bild 18: Gepanzertes Fahrzeug

Hochleistungskeramiken besitzen eine hohe Bruchfestigkeit, einen sehr hohen E-Modul als Voraussetzung für eine hohe Schallgeschwindigkeit und vor allem extrem hohe Härte. Ein weiteres Argument ist das niedrige Flächengewicht (kg/m^2). Bei gleicher ballistischer Schutzwirkung liegt das Gewicht einer keramischen Verbundpanzerung zwischen 30 bis 50% niedriger als eine konventionelle Stahlpanzerung. Dieses spart Kosten für die Auslegung der Fahrzeuge, es ist z. B. keine Verstärkung der Achsen, Stoßdämpfer usw. notwendig, der Einbau von serienmäßigen Motoren und Getrieben ist möglich. Die Fahrzeuge sind beweglicher, schneller und geländetauglicher. Die Treibstoffkosten werden reduziert und die Reichweiten erhöht.



Bild 19: Keramische Schutzwesteneinschübe

3.4.5. Zusammenfassung und Ausblick

Werkstoffe bestimmten schon immer das wirtschaftliche und gesellschaftliche Geschehen auf unserer Welt. Die heutige Industriegesellschaft wäre ohne die Verfügbarkeit der geeigneten Werkstoffe nicht möglich. Eine technische Idee und der technische Fortschritt können nur dann verwirklicht werden, wenn dafür die richtigen Materialien zur Verfügung stehen. Keramische Werkstoffe haben, wie in den vorangegangenen Beispielen aufgeführt, bereits einen wichtigen Beitrag geleistet.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 22) finden sich auf den folgenden Seiten.

Gemeinsam Stärken entwickeln- Intelligente Keramik-Verbund-Systeme



Dipl.-Ing. Ulrike Wiech
Ceramtec-ETEC GmbH
Lohmar

Einführung



Keramik? Was ist das?

Porzellan, Sanitärkeramik.....

teuer, spröde, hart, elektrisch isolierend

Und was ist Technische Keramik?

Zündkerze, Ceranfeld,
Wasserhahndichtung, Bremsscheibe....

Noch teurer!



Keramik , das geeignete Verschleißschutzmaterial?

Was ist Verschleiß?

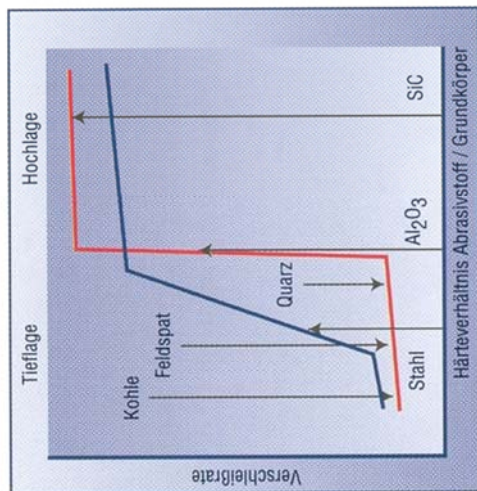
DIN 50320

Verschleiß ist der fortschreitende Materialverlust aus der Oberfläche eines festen Körpers (Grundkörper), hervorgerufen Durch mechanischen Ursachen, d.h. Kontakt- und Relativ-Bewegung eines festen, flüssigen oder gasförmigen Gegen-Körpers.



Verschleiß ist häufigste Ursache
für Bauteilversagen, längere Stillstandzeiten,
Erhöhung der Instandhaltungskosten

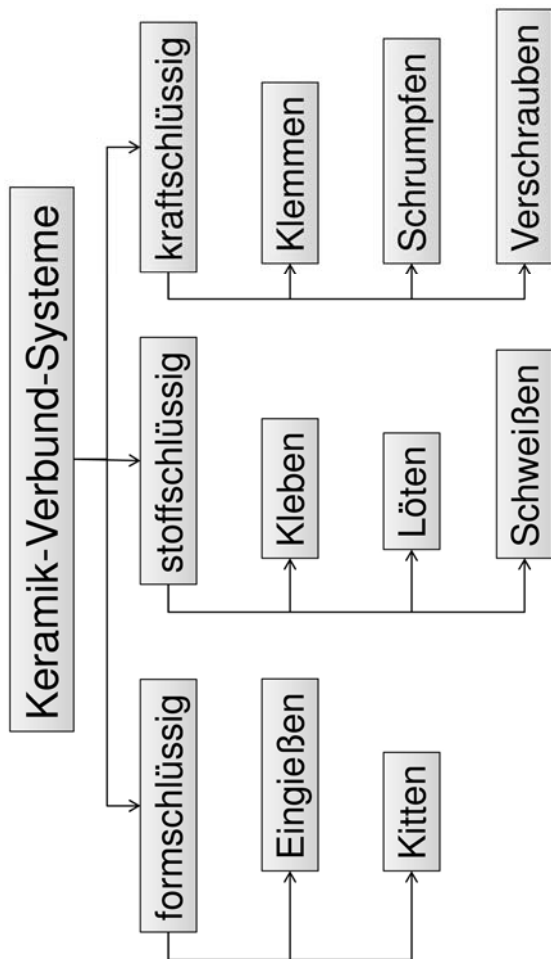
Was ist Verschleiß?



Hoch-Tieflege Beziehung

Aluminiumoxid hat von allen Verschleißschutzwerkstoffen die höchste Härte. Dadurch ist praktisch immer ein Arbeiten in der verschleißarmen Tieflege gewährt. Liegt z.B. Quarz mit einer Vickershärte von ca. 900HV als Abrasionsstoff vor, liegen Stähle, Schmelzbasalt schon in der Verschleißhochlage. Während sich Aluminiumoxid in der verschleißarmen Tieflege befindet.

Keramik-Verbund-Systeme



Keramik-Verbund-Systeme



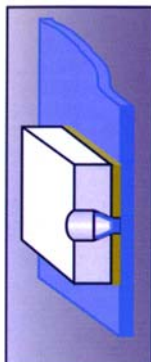
Vulkanisieren von Mosaiken in Gummi



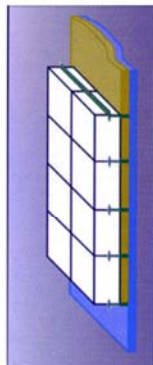
Direktes Verkleben bzw. Zementieren auf Stahl



Kleben bzw. Zementieren in Kombination mit Schweißen



Kleben bzw. Zementieren in Kombination mit Schrauben.



T-Nut-Verfahren in Kombination mit Kleben bzw. Zementieren

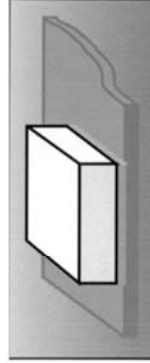
Anwendungen aus der Praxis



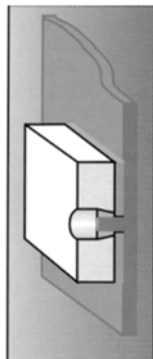
Anwendungen aus der Praxis



Anwendung:
Schrott Recycling
Lösung: 13mm Keramik verklebt
ersetzt Hardox-Auskleidung



Anwendungen aus der Praxis



Anwendung:
Rauchgasentschwefelung
Medium:
Kalkmilch
Belastung:
korrosiv, abrasiv
Lösung: 25mm Keramik,
geklebt und geschweißt

Kosten:
Gummi / Keramik 1 : 2
Standzeit bis heute 1,5
Jahre, gefordert sind 7
Jahre
Kein messbarer
Verschleiß

Anwendungen aus der Praxis



Anwendung: Stark beanspruchte Fördergurttrommeln

Medium: alle Schüttgüter

z.B. Erze, Sand, Kies, Kohle...

Lösung: Keramik vulkanisiert in Gummi

Vorteil: genoppte Oberfläche sorgt für

optimalen Grip auch bei Nässe und

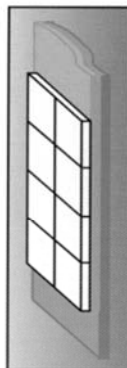
Schmutz, Gurtschonung durch

elastischen Unterbau, optimale

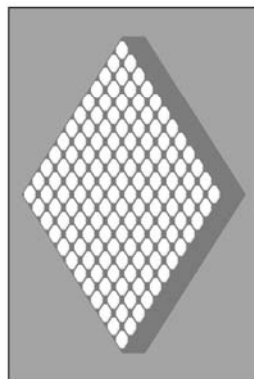
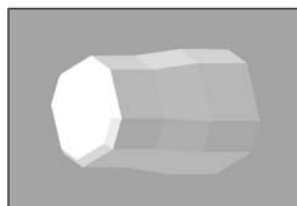
Anpassung an Trommel-

Durchmesser

Standzeiten: bis zu 10 fach gegenüber herkömmlichen Trommelbelägen



Anwendungen aus der Praxis



Anwendung:
Impact-Paneele im
Kieswerk
Bereich mit
überwiegenden Prallanteil
Sand-Kies Gemisch

Anwendungen aus der Praxis



Anwendung:
Pneumatische Förderung z.B.
Einblasleitungen
Abfülleinrichtungen

Vorteil:
Anpassung an komplexe
Radien, temporärer Einsatz



Anwendungen aus der Praxis



Anwendung: Gießerei
Medium: Formsand
Belastung: abrasiv
Lösung: Keramik-Stahlverbund
Ersetzt Umlenktöpfe / Pralltöpfe etc.

Vorteile:
Geringe Strömungsverluste
Geringe Druckverluste dadurch
Energieeinsparung,
gefördertes Material wird geschont



Anwendungen aus der Praxis



Anwendung: Chemische Industrie
Medium: z.B. Titandioxid
Belastung: abrasiv
Lösung: Keramik-Kunststoffverbund

Kosten: ca. 5fach zu PU

Standzeiten bis heute: ca. 20 fach

Vorteile: zusätzlicher Schlagschutz
durch Kunststoffummantelung



Vorteile gegenüber Kunststoff-Cleaner

hohe Verschleißbeständigkeit
dauerhaft glatte Keramikoberfläche
gleichmäßig hoher Wirkungsgrad
chemikalienbeständig
keine Werkstoffalterung
drastisch sinkende Wartungskosten
keine Dichtungen notwendig
Vibrationsdämpfung - Schutz

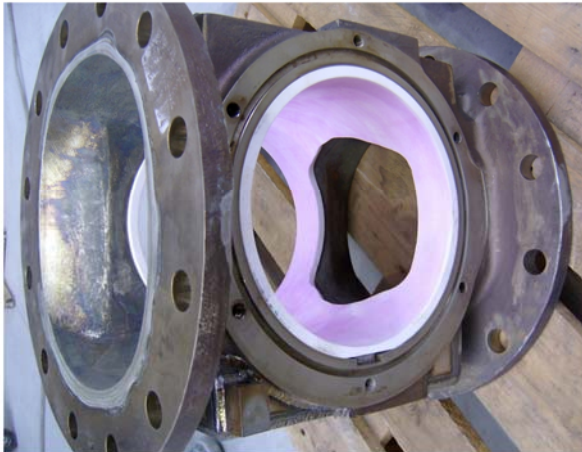
Vorteile gegenüber Keramik-Cleaner

schlagabsorbierender PU-Mantel
höchster Schutz vor Beschädigungen
höchste Sicherheit vor Stoffauslauf /
Undichtheit
keine Dichtung notwendig





Fügetechnik: Schrumpfen
Anwendung: Zellenradschleuse
Betriebsbedingungen: 250°C



3.4 Gemeinsam Stärken entwickeln - Folie 16

Anwendungen aus der Praxis



Anwendung:

Schneeflugleisten

Lösung: Keramik-Gummi-Stahl-Verbund

Vorteile:

Lange Lebensdauer

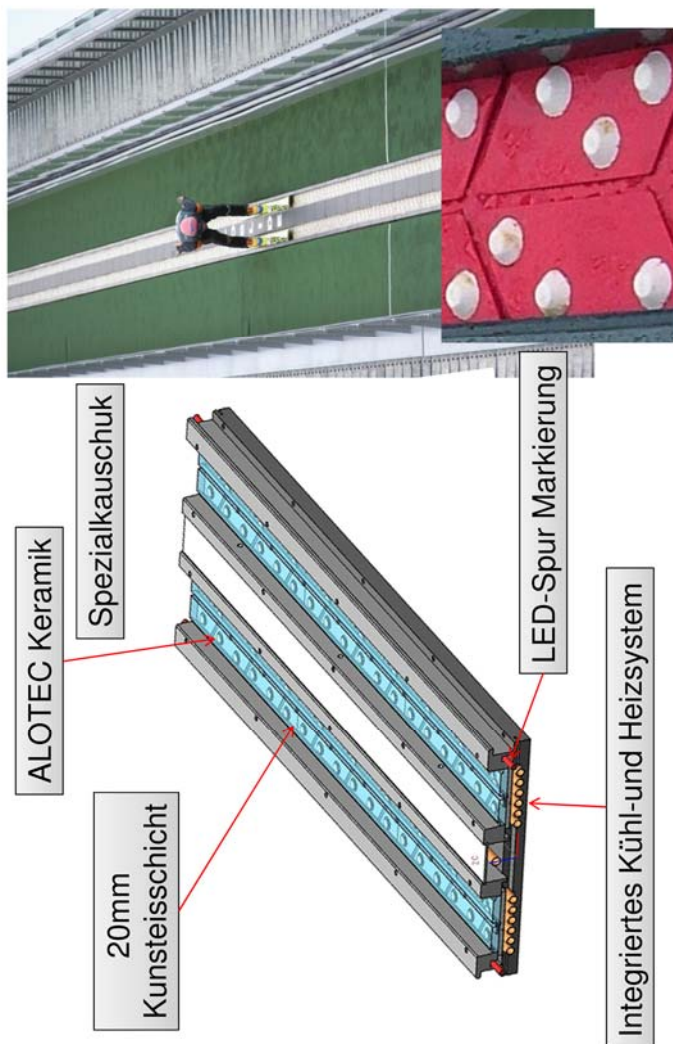
Gute Gleiteigenschaften

Reduzierter Kraftstoffverbrauch

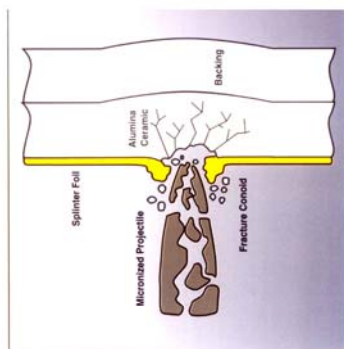
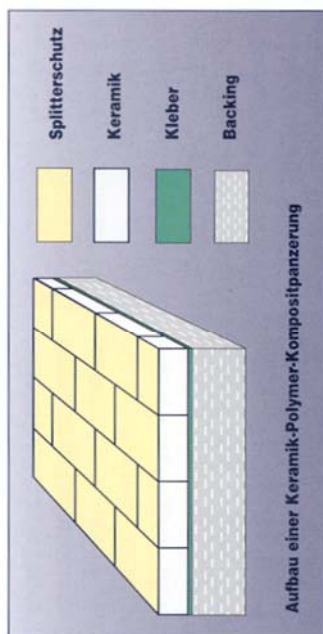
Abfahrmarkierungen



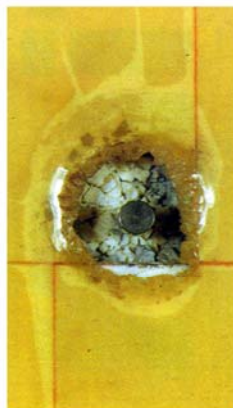
Sonderanwendungen ALOSLIDE ICE



Ballistischer Fahrzeugschutz



Aufbau einer Keramik-Polymer
Verbundpanzerung



Penetrationsmechanismus
beim Auftreffen eines Projektils

Ballistischer Fahrzeugschutz



Schutz von Polizei Fahrzeugtüren



VIP / Zivile Fahrzeuge

Ballistischer Fahrzeugschutz



Quelle: KMW

Dingo



Quelle: Textron

ASV

Ballistischer Personenschutz



Keramische Einschübe für kugelsichere Schutzwesten

3.4 Gemeinsam Stärken entwickeln - Folie 22