

7.2 Wirtschaftlichkeit von Systemlösungen im Verschleißschutz

- Dr. Hans Hoppert
ETEC Technische Keramik GmbH
Lohmar

Die Folien finden Sie ab Seite 557.

Die Wirtschaftlichkeit von Produktionsanlagen wird durch folgende Faktoren bestimmt:

- Leistung, Durchsatz, Standzeit
- Investitionen
- Betriebskosten
- Wartungs- und Reparaturkosten
- Betriebsausfallkosten

In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Maschinen und Anlagen sind Instandhaltungskosten und vor allem Betriebsausfallkosten sehr entscheidende, häufig die wichtigsten Parameter. Verschleiß und Korrosion sind die wichtigsten Einflussgrößen. Um die Produktionskosten niedrig zu halten, kann Keramik einen wesentlichen Beitrag leisten. Vorausgesetzt, die keramischen Bauteile werden keramikgerecht eingesetzt.

Laboruntersuchungen können helfen, das Verschleiß- bzw. Korrosionsverhalten von Werkstoffen zu charakterisieren. Viel wichtiger sind allerdings Betriebserfahrungen. Als Labortest zur Bestimmung der Verschleißfestigkeit bringt der Strahltest nach DIN 50332 recht brauchbare Ergebnisse beim Vergleich unterschiedlicher Werkstoffe.

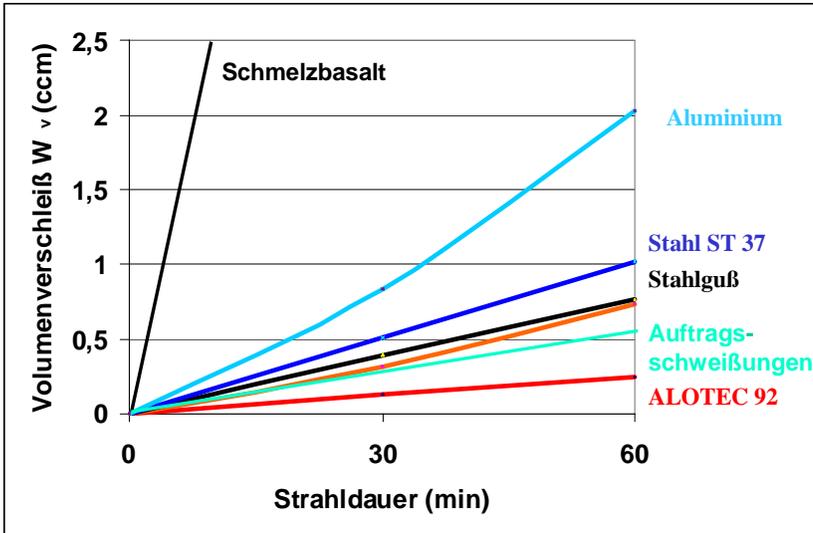


Bild 1: Vergleich der Verschleißfestigkeit von Aluminiumoxid – Keramik zu metallischen und silicatkeramischen Werkstoffen

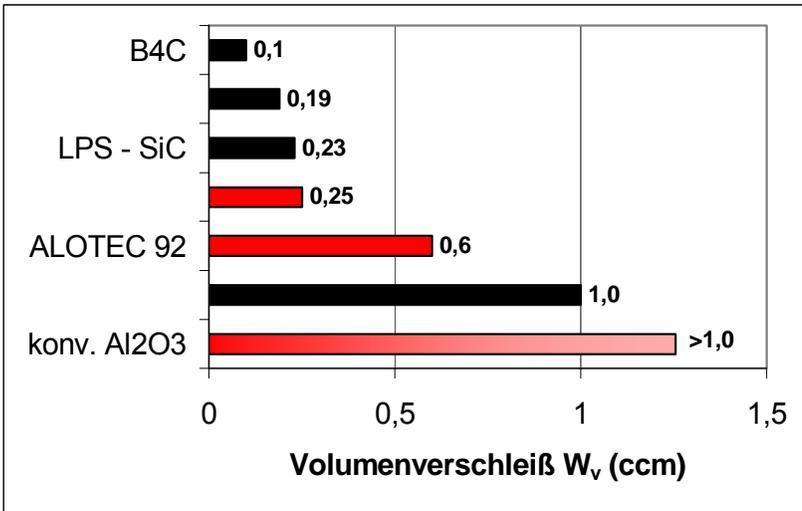


Bild 2: Rangfolge der wichtigsten keramischen Werkstoffe hinsichtlich Verschleißfestigkeit

Keramische Werkstoffe gelten im Allgemeinen als korrosionsbeständig. Es gibt allerdings deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Werkstoffgruppen – aber auch zwischen den einzelnen Werkstoffarten. So wird eine normale Aluminiumoxid – Keramik mit 92 oder 96% Al_2O_3 -Gehalt immer weniger korrosionsbeständig sein als eine 99,7 Keramik. Ein speziell auf Korrosionsfestigkeit entwickelter 92%iger bzw. 96%iger Werkstoff kann aber die gleichen Korrosionseigenschaften als reinere Werkstoffe besitzen bzw. sogar übertreffen.

Bei Korrosionstests reicht häufig die Bestimmung der Gewichtsänderung Δm allein nicht aus. Gute Ergebnisse werden durch die Messung der mechanischen (3- oder 4- Punkt Biegung) bzw. der Verschleiß – Festigkeit erreicht. Der häufig empfohlene Penetrations-test – Messung der Eindringtiefe einer gefärbten Flüssigkeit – versagt häufig bei mikrokristallinen Werkstoffen mit engen Korngrenzen.

Am aufschlussreichsten sind natürlich Werte, die aus Feldversuchen gewonnen wurden. Dafür einige Beispiele:



Bild 3: Rohrbögen

Die Befüllung der Hochsilos mit einer Dachhöhe von 42 m erfolgt pneumatisch über senkrechte Leitungen. Gefördert werden diverse Sande, Perlit, Zemente und Kalkhydrat.

Die senkrechten Leitungen wurden mit Schmelzbasalt ausgekleidet und erfüllen nach 12 Jahren noch alle Anforderungen. Dagegen mussten die 180° Bögen im Abstand von ein bis drei Jahren – je nach Abrasivität des Fördergutes – ausgetauscht werden. Besonders verschleißgefährdet ist der Bogen 5 mit Quarzsand als Fördergut.

1997 erhielt ETEC den Auftrag, alle 10 Leitungen mit ALOTEC – Bögen auszukleiden. Lediglich der Bogen in der Quarzsandleitung musste nach vier Jahren und einem Durchsatz von 40.000 Tonnen ausgetauscht werden. Bei allen anderen Bögen sind bis heute keine Ausfälle zu verzeichnen. Daraus ist abzuleiten, dass die Aluminiumoxid – Keramik mindestens die vierfache Standzeit besitzt als Schmelzbasalt, während der Preisunterschied nur bei 30 – 40% liegt.



Bild 4: Unterlaufdüsen in Hydrozyklonen

Beim Klassieren von Pigmenten kamen bis heute Düsen aus Polyurethan zum Einsatz. Ihr Innendurchmesser wird regelmäßig überprüft. Bei Überschreitung eines festgelegten Maßes werden die Düsen ausgetauscht, da der Klassierungsgrad nicht mehr dem Sollwert entspricht. Nach der Prüfzeit von einem Jahr an zwei Versuchsdüsen wurden alle Unterlaufdüsen der Firma durch ALOTEC – Düsen ersetzt. Die 2001 gelieferten Versuchsdüsen sind noch heute im Einsatz und erreichten bis heute eine achtfach höhere Standzeit als die aus Polyurethan. Nach unbestätigten Informationen soll der Preis der Keramikdüsen kaum höher liegen als bei Polyurethan. Ein typisches Beispiel wie Leistung nicht belohnt wird.

Der Vorteil der Keramik liegt hier nicht nur in der erhöhten Leistung, dazu kommen reduzierte Kontrollen und reduzierte Kosten für Ersatzteilbeschaffung, seltener Austausch verbunden mit niedrigen Produktionsausfallkosten.



Bild 5: Sprühdüsen

In einem Chemiewerk wird eine heiße und saure, stark abrasive Lösung in einen Konvektionstrockner gesprüht. Metalldüsen brachten unbefriedigende Standzeiten und dadurch hohe Stillstandszeiten. Voruntersuchungen mit dem Betreiber zeigten, dass Keramikdüsen eine wirtschaftliche Alternative sind. Zur Zeit läuft die Betriebs-erprobung in einer Produktionsanlage mit 24 Düsen. Die Standzeiten der Keramikdüsen liegen bisher schon deutlich höher als die Düsen konventioneller Bauart. Die Forderung nach leichter Austauschbarkeit wurden durch eine Stahl / Keramik – Verbundkonstruktion erfüllt: Ein typisches Beispiel für die Anwendung von Bauteilen mit Funktions-trennung.



Bild 6: Regelelemente

Weitere Beispiele für erfolgreiche Anwendungen sind Schieber und Kugelhähne. Auch hier sparen Keramikbauteile am richtigen Ort und keramikgerecht eingesetzt Produktionskosten. Die richtige Auswahl des am besten geeigneten Keramikwerkstoffes richtet sich nach dem vorliegenden Anwendungskollektiv:

- mechanische,
- thermische und
- chemische Belastungen!

Auch hier ermöglicht die Keramik mit ihrer Vielzahl von Werkstoffen, von Porzellan über Aluminiumoxid und Zirkonoxid bis zum Siliciumcarbid, Siliciumnitrid und Borcarbid, wirtschaftliche Lösungen.

Betrachtet man das Eigenschaftspotential der Keramik und den Umsatz der Konstruktionskeramik, so kommt man zu dem Schluss, dass die Möglichkeiten noch nicht ausgeschöpft sind.

Beispielsweise fehlen, bis auf wenige Ausnahmen, im Verschleißschutz von Anlagen die größeren Serien.

In der Regel werden Prototypen und Einzelstücke direkt für den Anwender gefertigt. Ist dieser zufrieden, bestellt er nach einem Jahr wieder – wieder eine Kleinstserie.

Es erscheint fast unmöglich, die Erstausrüster – die Anlagenhersteller – zum Einsatz von Keramik zu bewegen, obwohl die Vorteile klar erkennbar sind. Typische Beispiele sind z.B. Betonmischer und Mess- und Regelarmaturen.

Der Grund: das Ersatzteilgeschäft?

Ein Schieber aus Stahl ist nach zwei Monaten verschlissen bzw. korrodiert und muss ausgetauscht werden. Die Lebensdauer der Keramiklösung liegt, abhängig vom eingesetzten Werkstoff und dem Beanspruchungskollektiv, um ein vielfaches höher.

Standzeiterhöhungen um den Faktoren zwischen 5 und 10 sind normal.

Noch ein Grund?

Es erscheint auch plausibel, dass Preiskampf der Erstausrüster in Verbindung mit Investitionsbudget und Sparauflagen für die Einkaufsabteilungen dazu führen das keine Lebensdauerbetrachtungen angestellt werden. Damit wird nicht erkannt, dass besser ausgestattete Systeme mit etwas höheren Anschaffungskosten preiswerter sind.

Auch Entwicklungen werden in der Regel nicht mit Maschinenherstellern, sondern häufig mit Anwendern durchgeführt, die unzufrieden mit den erreichbaren Standzeiten der Standardprodukte sind.

Eine häufig gestellte Frage ist: Was kostet ein Bauteil aus Keramik im Vergleich zu Stahl.

Diese Frage lässt sich ohne Hintergrundwissen nicht beantworten, da immer Systemkosten unter Berücksichtigung der Lebenszeiten von Verschleißkomponenten und daraus resultierenden Wartungskosten zu vergleichen sind, um auf ein reales Ergebnis zu kommen.

Prinzipiell ist festzustellen: Stahl wird als Werkstoff in Massenproduktion hergestellt und lässt sich leicht bearbeiten. Geeignete Stahlteile sind meist Serienprodukte.

Bei Keramik erfolgt die Formgebung vor dem Brand, d.h. die Werkstoffherstellung ist nicht unabhängig von der Bauteilherstellung! Weiterhin schwindet Keramik beim Brand, der eigentlichen Werkstoffherstellung, bis zu 20%. Dadurch lassen sich kaum Bauteile mit Toleranzen kleiner $\pm 0,5\%$ herstellen. Engere Toleranzen sind, wegen der Härte der Keramik, nur durch die langsame und aufwendige Hartbearbeitung zu erzeugen.

Die Kalkulationsbasis ist darum komplett unterschiedlich.

Dem widerspricht nicht die Möglichkeit, preiswerte Keramik in Großserie herzustellen, wie es beispielsweise in Anwendungsbereichen Elektrotechnik und Elektronik tagtäglich bewiesen wird.

Die Kosten eines Produktes werden bestimmt durch:

- Materialkosten + Fertigungshilfsmittel
- Personalkosten
- Overhead Kosten
(Verwaltung, Vertrieb, F + E, QS, Wartungskosten)
- Kapitaldienst

Das schönste Beispiel über den Zusammenhang zwischen Kosten und Stückzahlen habe ich in dem Buch von M.F. Ashby „Materials Selection in Mechanical Design“ gefunden. Er beschreibt die Kostenentwicklung beim Spitzen eines Bleistiftes in Abhängigkeit von der Stückzahl:

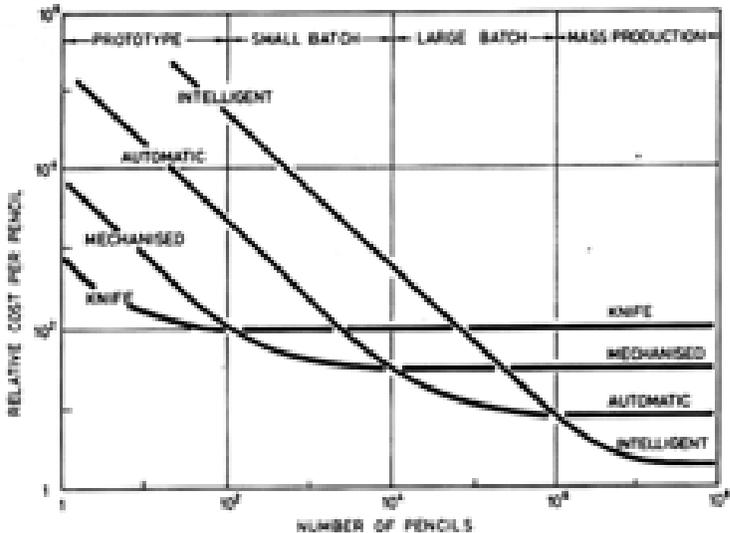


Bild 7: Stückkosten in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad

- Bis 100 Stück ist ein einfacher Bleistiftspitzer am billigsten.
- Ab 100 bis 10.000 Stück reicht eine einfache mechanisierte, elektrisch angetriebene Maschine mit Handbestückung aus.
- Ab 10.000 Stück sind die Kosten durch ein automatisiertes System niedriger. Es schließt die automatische Aufnahme und Abnahme und eventuell Verpackung mit ein.
- Ab einer Million Stück rechnet sich eine Mikroprozessor gesteuerte Anlage, die qualitätssichernde Maßnahmen mit übernimmt (z.B. Prüfen der Bleistiftspitze).

Verbindungen und Verbunde

Die Richtigkeit dieser Aussage auch für Bauteile aus Technischer Keramik zeigt das Beispiel der Wasserscheiben, die als Kombination von Dicht- und Regelscheibe aus Aluminiumoxid in Einhebelmischerkartuschen, den heute üblichen Wasserhähnen, eingesetzt werden.

Vor 25 Jahren wurden lag der Preis für das damalige Topprodukt im Luxuspreissegment.

Die überzeugende technische Lösung hat sich durchgesetzt und wegen der damit verbundenen großen Stückzahlen auch haben sich die Preise für diese Dichtscheiben um eine Größenordnung reduziert.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 8) finden sich auf den folgenden Seiten.

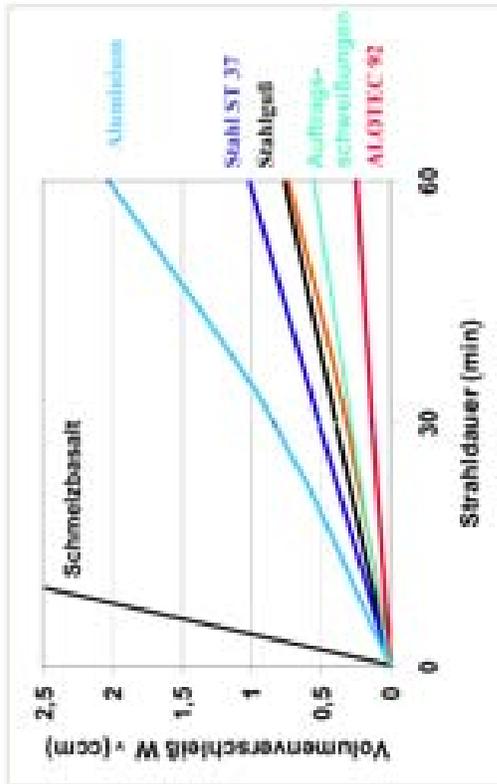
Verbindungen und Verbunde

Wirtschaftlichkeit von Systemlösungen im Verschleißschutz

Dr. Hans Hoppert
ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH
Lohmar

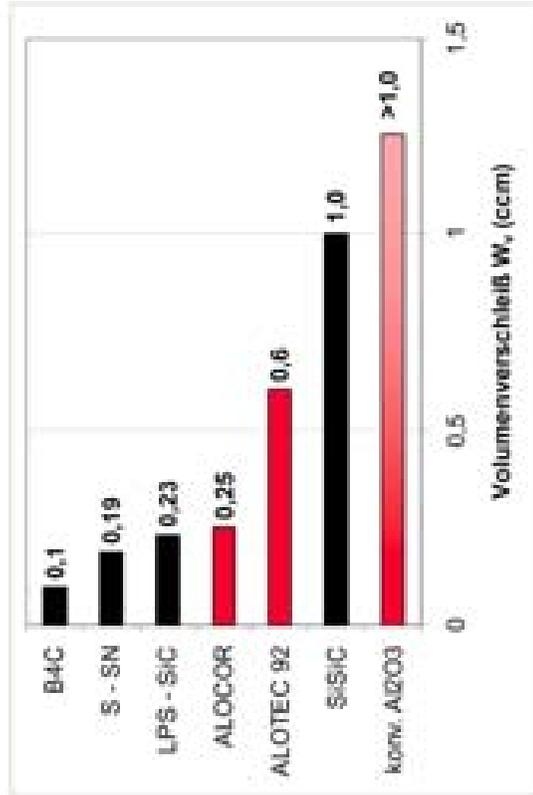


Keramik – Preis - Leistung - Wirtschaftlichkeit



Vergleich der Verschleißfestigkeit von Aluminiumoxid – Keramik zu metallischen und silikatkeramischen Werkstoffen

Keramik – Preis - Leistung - Wirtschaftlichkeit



Rangfolge der wichtigsten keramischen Werkstoffe hinsichtlich Verschleißfestigkeit



Keramik – Preis - Leistung - Wirtschaftlichkeit



Rohrbogen

Keramik – Preis - Leistung - Wirtschaftlichkeit



Unterlaufdüsen in Hydrozyklonen

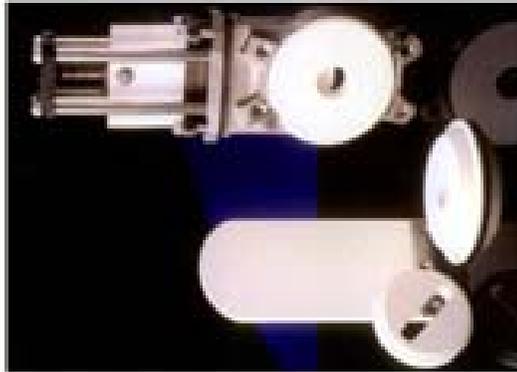


Keramik – Preis - Leistung - Wirtschaftlichkeit



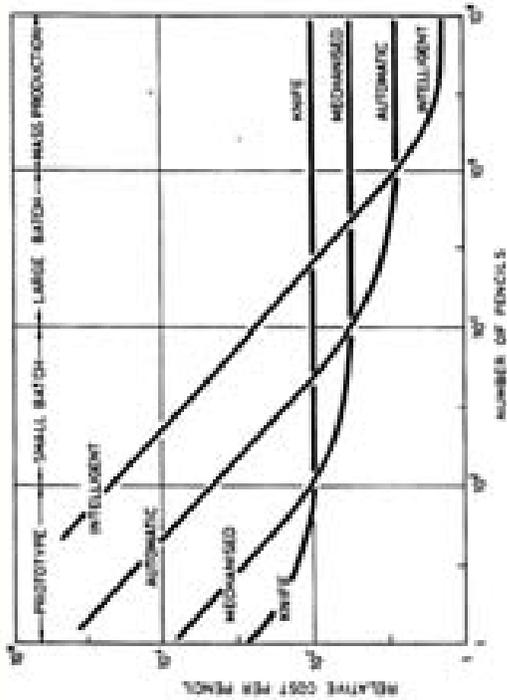
Sprühdüsen

Keramik – Preis - Leistung - Wirtschaftlichkeit



Regel Elemente

Keramik – Preis - Leistung - Wirtschaftlichkeit



Stückkosten in Abhängigkeit vom Automatisierungsgrad