

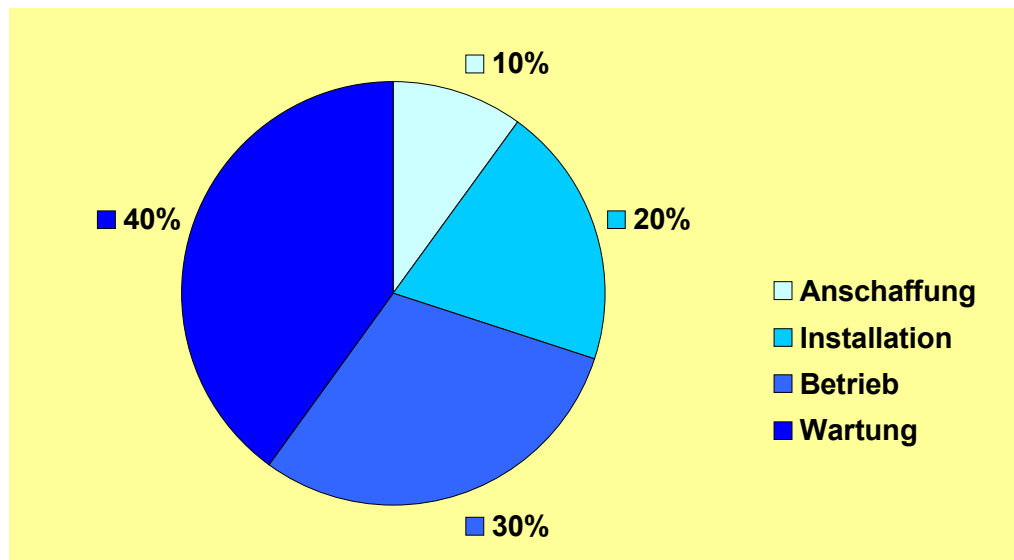
Mit SiC-Mineralguss die Lebenszykluskosten senken

Autor: Dr. Wolfgang Düchting

Düchting Pumpen Maschinenfabrik GmbH & Co KG, Wilhelm Düchting Str. 22, D - 58453 Witten
Tel. 02302 969 0, e-mail: sales@duechting.com

Lebenszykluskosten sind heute in aller Munde. Man weiß inzwischen, daß die Beschaffungskosten von Pumpen manchmal nur bis zu 10% der Lebenszykluskosten betragen. Daher ist es sehr bedeutsam, sich mit allen diesen Kosten zu beschäftigen und dabei abzuwägen, wie man diese im positiven Sinne beeinflussen kann. Daher zunächst ein Blick auf die unterschiedlichen Arten der Kosten.

LEBENSZYKLUSKOSTEN NACH 20 - JAHREN



Der Anteil des Serviceaufwandes und die Standzeiten der Verschleißteile z.B. sind im Vergleich zu den Gesamtlebenskosten ein bestimmender und relevanter Faktor. Fachleute meinen, daß in weniger als 3 Jahren die Instandhaltungskosten die Beschaffungskosten einholen.

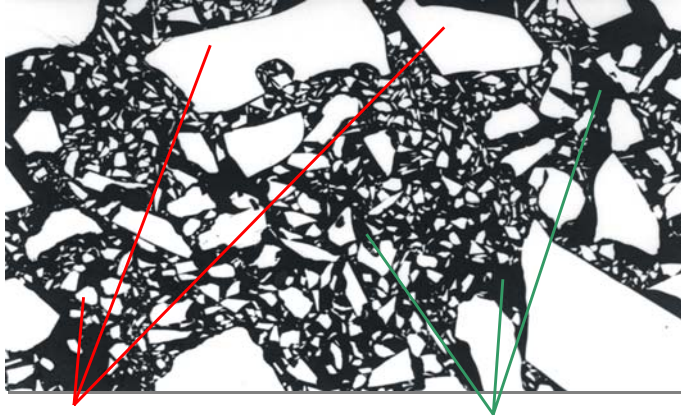
Als wir vor 10 Jahren auf der Suche waren, für unsere Strömungsmaschinen neben den konventionellen hochlegierten Stählen und thermoplastischen Kunststoffen nach einem Material Ausschau zu halten, daß noch korrosionsfester- und verschleißfester als die bis dahin bekannten Materialien war, ahnten wir nicht, daß wir damit auch einen bedeutenden Beitrag zur Reduzierung der Gesamtlebenszykluskosten beitragen würden. Bei der Suche fanden wir die Werkstoffgruppe Mineralguss, die bereits in den 80er Jahren im Werkzeugmaschinenbau Eingang gefunden hatte.

Der sogenannte Polymerbeton gemäß DIN 16945 ist nicht ein homogenes Material, sondern besteht aus unterschiedlichen Komponenten, die nicht in Mischkristallstruktur oder molekularen Ketten vorliegen, sondern als heterogenes Material mit Harz als Bindungsmittel verbunden. Quarzmehl und anderes granulares Material dienen als Füllstoffe. Da die Einzelkomponenten einen unterschiedlichen Schmelzpunkt haben, ist es nicht möglich, dieses Material in homogener Form vorliegen zu haben.

Im Allgemeinen können wir als Hersteller von Fluidmaschinen ein solches Material in heterogener Form einsetzen, jedoch muß der Mineralguss hinsichtlich Füllstoffe und Bindemittel den Anforderungen an die zu fördernden Medien angepaßt werden. Z. B. sollte das Bindemittel eine höhere Temperaturbeständigkeit besitzen als der thermoplastische Kunststoff und die Füllstoffe eine höhere Verschleißbeständigkeit als normaler oder hochlegierter Stahl.

Das Ergebnis war ein Mineralguss von hoher Güte, bestmöglich gefüllt mit feinkörnigem Siliziumkarbid und eingebunden in einem speziellen Epoxidharz.

MIKROGEFÜGE DES SiC-MINERALGUSS



Vergrößerung
100 fach

Siliziumkarbid > 80 %

Epoxidharz < 20%

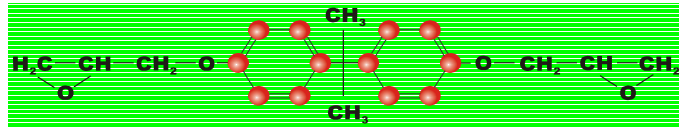
Die SiC- Körner (hell) liegen in einer bestimmten Sieblinie vom Mikro- bis MM-Bereich vor. Das Bindemittel erscheint dunkel in der Ätzung und vernetzt komplett die unterschiedlichen SiC-Kristalle.

ZUSAMMENSETZUNG DES SiC-MINERALGUSS

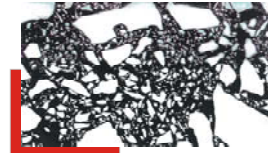
Siliziumkarbid

+

Epoxidharz



SiC-Mineralguss



Sie sehen links das kristalline Siliziumkarbid und rechts die chemische Kette des Epoxidharzes plus Härter. Diese Komponenten zusammen ergeben am Schluß unseren SiC-Mineralguss.

SCHEMATISCHE PROZESS BESCHREIBUNG

- Mischen unter Wärme und Vakuum
- Gießen in offenen Formen
- Wärmebehandlung
- Entformen
- Tempern
- Reinigen, putzen
- SiC-Mineralguss

Im folgenden wird die Produktion und der Prozessfluss anhand unserer Patentbeschreibung erklärt.

Zunächst werden die Komponenten unter Wärme und Vakuum gemischt und danach in offenen Formen vergossen. Zur gleichmäßigeren Verteilung und Durchmischung wird die Gussform in Vibration gehalten. Unmittelbar danach schließt sich eine zweistufige Wärmebehandlung an. Die erste Wärmebehandlung wird in der Form, die zweite am entformten Gießling vollzogen. Nach der ersten Wärmebehandlung ist der Gießling noch nicht durchgehärtet und kann relativ leicht entformt werden.

In der zweiten Temperstufe reagiert das Bindemittel zur vollständigen Vernetzung und der Mineralguss erreicht so seine optimale Güte hinsichtlich mechanischer und korrosionschemischer Eigenschaften. Nach der letzten Wärmebehandlung wird das Gussstück gereinigt und mechanisch endbearbeitet.

Die Endbearbeitung betrifft Zentrierungen und Passungen und wird mit Diamantwerkzeugen durchgeführt.

SCHEMATISCHE PROZESS BESCHREIBUNG

Mischen unter Wärme
und Vakuum



1

Gießen in
offenen Formen

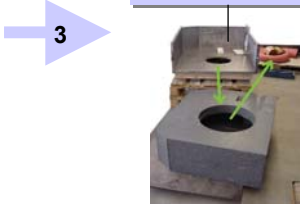


2

Wärmebehandlung



Entformen



3

Tempern

5

Reinigen

6



Der Prozess ist nach ISO 9001 zertifiziert und von Lloyds Register geprüft. Die wesentlichen Güteigenschaften des SiC-Mineralgusses wie Glasumwandlungstemperatur wird in einer Spezialprüfmaschine nach dem DSC-Verfahren geprüft. Von jeder Charge werden außerdem an Prüfständen die Biegezugfestigkeit ermittelt.

KOMPONENTEN AUS SiC-MINERALGUSS



Spiralgehäuse



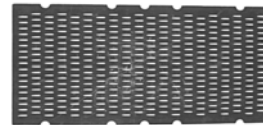
Propeller



Mischdüse



Ring



Siebplatte



offenes Laufrad



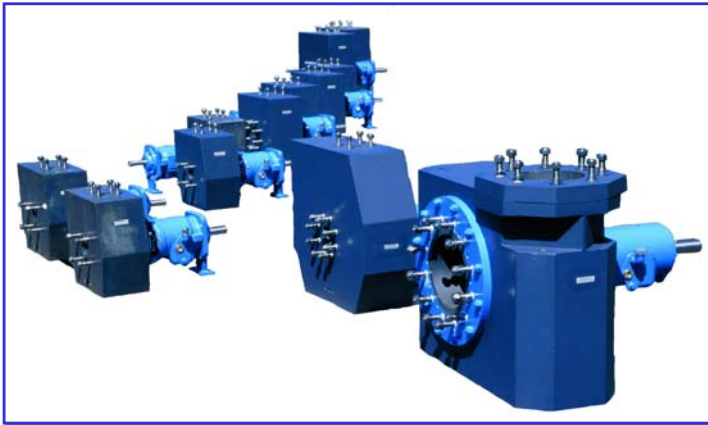
Reduzierung



Zyklon

Zu sehen ist ein typisches Spiralgehäuse aus SiC-Mineralguss mit angeflanschem Einlaufstück aus Stahl. Dabei ist die äußere Form des Spiralgehäuses aus formtechnischen Gründen eckig. Des weiteren abgebildet sind ein offenes Laufrad einer Kanalradkreiselpumpe, ein Schleißring, ein Reduzierstück, ein Rührwerkspropeller, eine Unterlaufdüse, eine Siebplatte und ein Zyklon.

PUMPEN AUS SiC-MINERALGUSS



Typ: ROWA-MC

Zu erkennen sind die Stahleingießschrauben zur Verbindung mit den Rohrleitungen sowie der angeflanschte Lagerarm aus Grauguß.

Die Baureihe ist nach den DIN-24256-Außenabmessungen aufgebaut.

Gußgewichte bis zu 4,5 t sind erreichbar.

Noch größere Pumpengewichte sind in der sog. Liner-Version gestaltbar.

PUMPEN AUS SiC-MINERALGUSS



Typ: ROWA-MCL

Die Liner-Auskleidung ist in einer separaten Form in SiC-Mineralguss hergestellt und in den Außenkörper aus Stahlguß mittels Formbinder eingebracht.

Derartige Pumpen laufen schon längstens seit zwei Jahren erfolgreich in mehreren Kraftwerken.

SiC-Mineralguss, ein Supermaterial, hat eine Fülle von Vorteilen gegenüber herkömmlichen Werkstoffen.

Es muß natürlich materialgerecht konstruiert und eingebaut werden. Wie das geschehen soll, kann aus den Materialeigenschaftsdaten abgeleitet werden.

VERGLEICH VON MATERIALEIGENSCHAFTEN

Kennwerte	Einheit	SiC-Mineralguss	Grauguss GG 20	Ni-Hard 4	Polyethylen PE (UHMW)
Materialdichte	kg/dm ³	2,5	7,15	7,7	0,94
Zugfestigkeit	N/mm ²	18	245	550	200
Biegezugfestigkeit	N/mm ²	45	420	685	/
Druckfestigkeit	N/mm ²	252,7	950	2200	/
E- Modul	N/mm ²	3,06 *10 ⁴	11 *10 ⁴	19,6 *10 ⁴	0,72 *10 ⁴
Thermischer Ausdehnungskoeffizient	K ⁻¹	16 *10 ⁶	13 *10 ⁶	14,8 *10 ⁶	200 *10 ⁶
Wärmeleitfähigkeit	W/(Km)	1,6	46-54	33,5	0,42
Härte	HB	92 (Shore D)	235	550	63 (Shore D)

Die Härte ist erwartungsgemäß aufgrund des hohen SiC-Anteils sehr hoch und nur mit dem Diamantwerkzeug bearbeitbar. Die reine Zugfestigkeit ist jedoch sehr niedrig aufgrund der heterogenen Zusammensetzung des Materials, ungefähr 1/10 des Normalstahls. Betrachtet man jedoch die Biegefestigkeit fällt der Vergleich mit 1/4 des Wertes von Stahl schon besser aus.

Der Konstrukteur hat diese Werte zu berücksichtigen, z.B. bei der Dimensionierung der Druck übertragenden Teile wie Druckgehäuse oder solche Teile in laminiertem Ausführung vorzusehen und kraftübertragende Teile wie das Pumpenlaufrad mit eingegossenen Stahlmitnehmern zu versehen.

In einem Wort gesagt, der Mineralguss muß mit Stahl zusammen als Verbundwerkstoff gesehen werden.

Andere technische Eigenschaften wie Wärmeausdehnung sind ähnlich denen von Grauguss und Stahl, was sehr gut ist. Thermoplastische Kunststoffe haben einen weit höheren Ausdehnungskoeffizienten, nicht gut.

Die Wärmeleitfähigkeit ist erstaunlich niedrig, d.h. der Mineralguss benimmt sich wie ein Isolator.

Eine weitere vorteilhafte Eigenschaft ist die hohe Schalldämmung beim Mineralguss, eine Eigenschaft, die in dieser Tabelle nicht mit Werten hinterlegt ist. Das ist der Grund, warum die Pumpen aus SiC-Mineralguss so erstaunlich leise laufen.

Ein echter Umweltvorteil.

Wenn alles bestens in der Gestaltung und Verarbeitung der Komponenten getan ist, dann ergeben sich als Resultat Werkstücke mit hohem Abrasionswiderstand. Das verdeutlicht das nachfolgende Bild.

VERSCHLEISSVERGLEICH SCHLEISSWÄNDE

SiC-Mineralguss

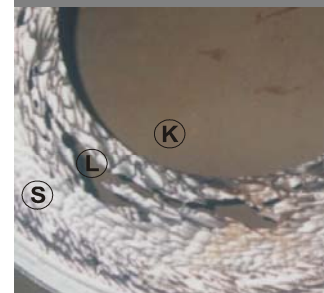
1.4464

kein Verschleiß



16.100
Betriebsstunden

starker Verschleiß



- nur Abtragung des Harzes
- rauhe, ebene Oberfläche
- kein Kantenverschleiß

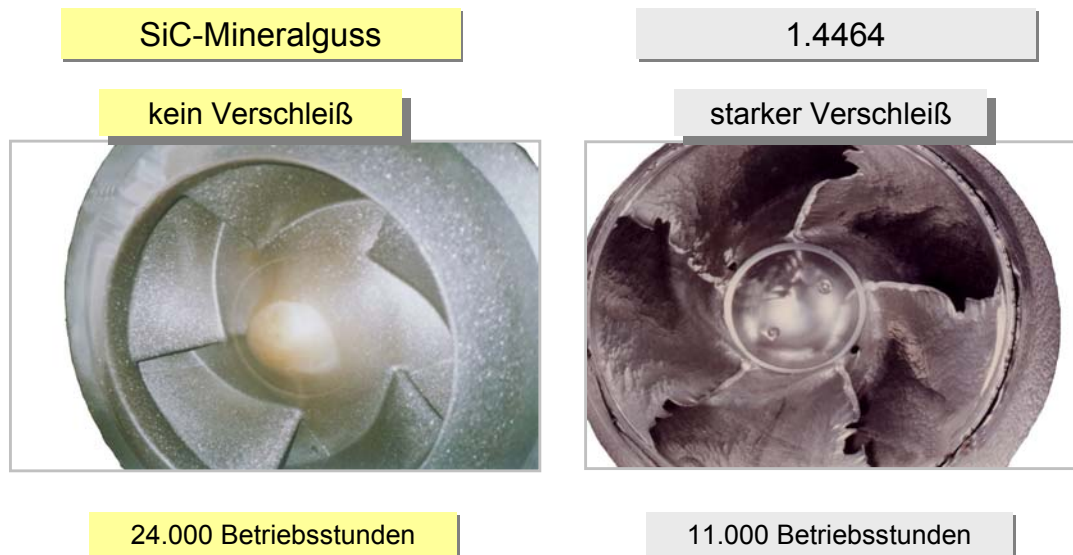
- S - Auswaschung
- K - Kantenverschleiß
- L - Lochfraß

Der SiC-Mineralguss weist selbst nach 16.000 Betriebsstunden so gut wie keinen Verschleiß auf, lediglich etwas Abrasion im Binderbereich, was zu rauherer Oberfläche führt.

Der karbidreiche Duplexstahl 1.4464 zeigt jedoch bereits starke Angriffsformen und das Teil muß ausgewechselt werden.

Der Vergleich dieser beiden Werkstoffe als Laufradbauteil fällt mindestens ebenso günstig aus für den SiC-Mineralguss.

VERSCHLEISSVERGLEICH LAUFRÄDER



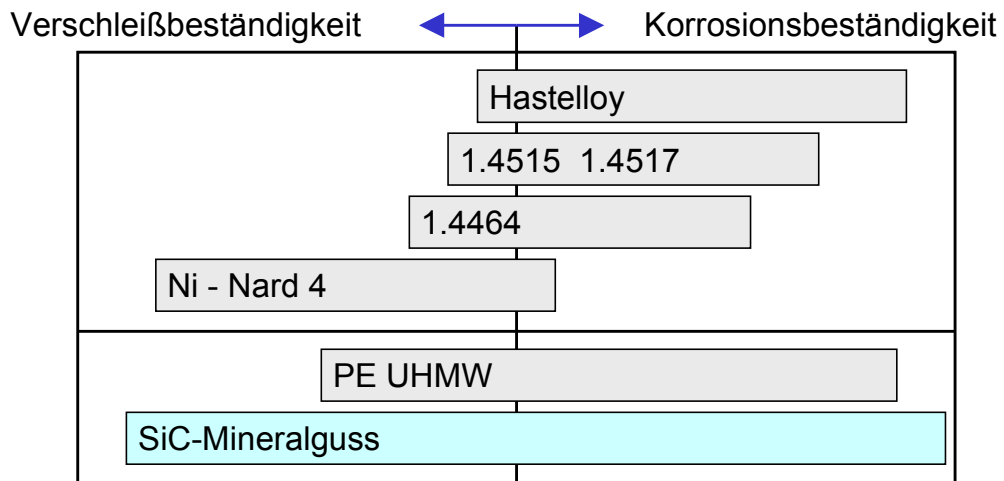
Das Laufrad aus SiC-Mineralguss sieht selbst nach 24.000 Betriebsstunden noch recht neuwertig aus. Allein der Vergleich aus der Betrachtung der unterschiedlichen Standzeiten der Verschleißteile lässt weit mehr als eine Halbierung der LMC-Kosten, d.h. Kosten für Wartung und Instandhaltung, erwarten, die wiederum mit 40 % zum größten Lebenszykluskostenanteil zählen.

In vielen Anwendungsfällen des Fluid- Transportes haben wir es mit Abrasions- und Korrosionsbelastung zu tun. Daher nützt es wenig oder gar nicht, wenn das beste abrasionswiderstandsfähige Material nicht gegen Korrosion beständig ist.

Dies ist gewöhnlich der Fall, wenn hochlegierte Stähle eingesetzt werden: Je härter das Material, um so anfälliger gegen Korrosionsangriff und umgekehrt.

Für den nicht-metallischen SiC-Mineralguss gelten diese physikalischen Gegebenheiten aus dem Metall und Stahlbereich nicht.

ÜBERSICHT VERSCHLEISS- UND KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT



Der Korrosionswiderstand ist für den SiC-Mineralguss in vielen zu fördernden Medien besser als irgendein noch so hoch legierter Stahl oder Legierung. Lediglich für einige Alkalien gibt es Ausnahmen.

Hingegen ist die Korrosionsbeständigkeit des hochgefüllten SiC-Mineralgusses in anorganischen Säuren hervorragend.

Hierbei ist die Beständigkeit auf Seiten SiC-Mineralguss höher als bei manch einem Superstahl oder Legierungen wie Hastelloy.

Lediglich für Säuren mit einem hohen Oxidationspotential und bei starken Basen kann der Vergleich für Sonderstähle- und Legierungen besser ausfallen.

Zurückkommend auf die Lebenszykluskosten kann man zusammenfassen, daß der hier beschriebene keramische Werkstoff viele Vorteile hat, natürlich immer dann, wenn Fluide mit hohem Abrasions- und/oder Korrosionsangriff gefördert werden.

Unterstellt, daß der Duplex-Edelstahl mehr oder weniger den gleichen Preis wie der SiC-Mineralguss hat und somit der gleiche Betrag für Beschaffung gegeben ist, reduziert sich die Summe LMC von 40 absolut auf etwa 10 absolut.

Für eine bestimmte Lebenszeit einer Pumpe ergibt sich in diesem Fall ein Kostenvorteil von 30%. Der Vorteil bezogen auf die Einkaufskosten der Maschine sind damit dreifach erreicht.

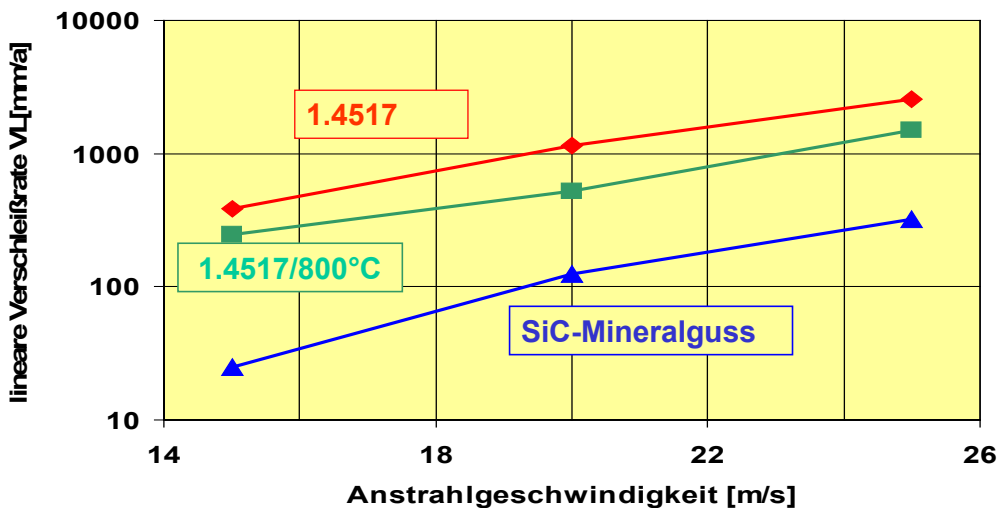
Vergleichsergebnisse mit gesintertem keramischem Material ergeben ähnliche Standzeitverlängerungen.

Hierbei sind allerdings auch die höheren Beschaffungskosten für die Reinkeramik zu betrachten, die wiederum in die Gesamtlebenszykluskosten in Form von Erstbeschaffungs- und Ersatzteilpreisen und somit additiv auch in die LMC-inv. Kosten plus LMC eingehen.

SiC-Mineralguss ist nicht nur ein mehrkomponentiger Verbundwerkstoff, welcher in allen Fällen mindestens gleich gut oder besser ist als die herkömmlich bekannten Werkstoffe.

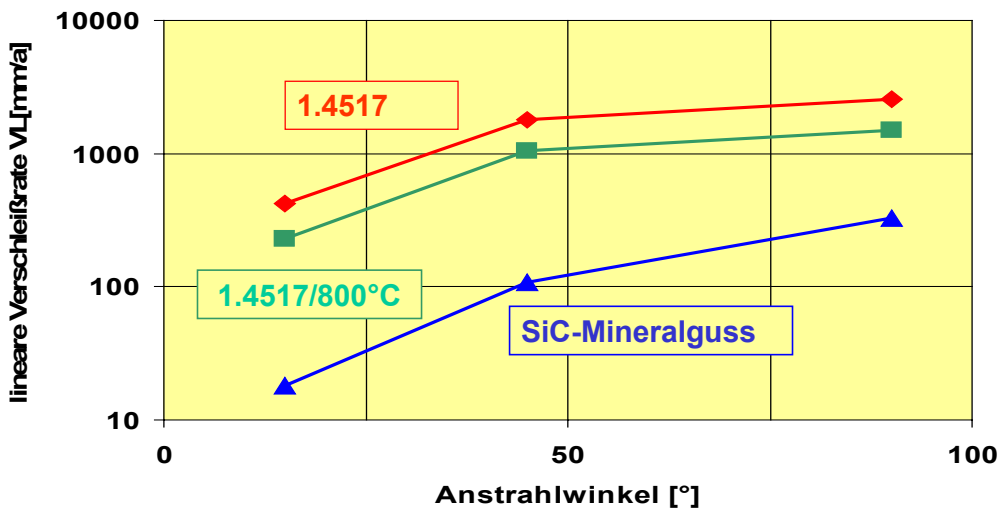
Bei kombinierter Beanspruchung jedoch bietet es einen wesentlichen Beitrag, die Lebenszykluskosten verglichen zu konventionellen Materialien zu senken.

VERGLEICH LINEARE VERSCHLEISSRATE



Medium: Wasser-Quarzsand-Suspension Konzentration: 30g/l Korngröße: ~23µm

VERGLEICH LINEARE VERSCHLEISSRATE



Medium: Wasser-Quarzsand-Suspension Konzentration: 30g/l Korngröße: ~23µm