

4. Keramik im Maschinenbau

4.1 Keramik in der Umformtechnik

- Marian Ullrich
H.C. Starck Ceramics GmbH & Co. KG
Selb

Die Folien finden Sie ab Seite 243.

Die Vorteile technischer Keramik werden inzwischen auch in bisher wenig relevanten Anwendungsgebieten der Metallverarbeitung erkannt und vereinzelt bereits umgesetzt.

Grundsätzlich lassen sich für diesen Einsatz mehrere Ausgangspunkte eruieren, die letztlich einen einzigen Anspruch verfolgen.

Es geht um die Reduktion oder Beseitigung vorhandener Probleme und damit um die Optimierung bestehender Systeme bzw. die Substitution dieser Systeme!

Selbst schier unlösbare Produktionsanforderungen können heute durch die Zusammenarbeit von Technikern, Konstrukteuren und Werkstofffachleuten gezielt analysiert und als wirtschaftliche Alternativlösung konzipiert werden.

Die Kombination der Vorteile hochleistungstechnischer Keramik, mit einer den technologischen Begebenheiten angepassten Konstruktion, führt in fast allen Fällen zu einem deutlich verbesserten Wirtschaftlichkeitsbild.

Oft kommen hier die Gegenargumente der Kaufleute, die den hohen Herstellpreis keramischer Komponenten als Prämisse für Einsatz oder Nichteinsatz definieren.

Mit Argumenten wie verlängerte Lebenszyklen, verminderter Wartungsaufwand, geringere Ausfallraten, höhere Leistungsfähigkeit u. dgl. kann hier das Preis/Leistungsverhältnis in einem anderen Kontext betrachtet werden.

Hochleistungskeramik ist so konzipiert, dass bei Minimierung von Zugspannungen und der Vermeidung von Spannungsspitzen Fehlfunktionen komplett ausgeschlossen werden können. Dadurch werden die Vorteile ihrer hohen mechanischen und physikalischen Festigkeit entfaltet und konventionelle Komponenten übertroffen. Die hohe Effizienz und die verlängerte Lebensdauer sind weiterhin zu nennen.

Kontraproduktiv gestaltet sich allerdings ein nach wie vor bestehendes Informationsdefizit beim potentiellen Anwender/ Kunden.

Hier ist es der keramischen Industrie noch nicht gelungen, die Vorteile breitgefächert zu diskutieren und den Trend der Meinungsbildung bekannter Missverständnisse (Keramik ist teuer, Keramik ist spröde, nur einfache Geometrien sind herstellbar usw.) umfassend zu relativieren.

Wenn es in zunehmendem Maß gelingt, Konstrukteure, Techniker und Entscheidungsträger der in Frage kommenden Verbraucher überzeugend von den Vorteilen keramischer Bauteile umzustimmen, werden unsere Produkte den Markt in zunehmender Quantität erobern!

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 35) finden sich auf den folgenden Seiten.

Keramik in der Umformtechnik



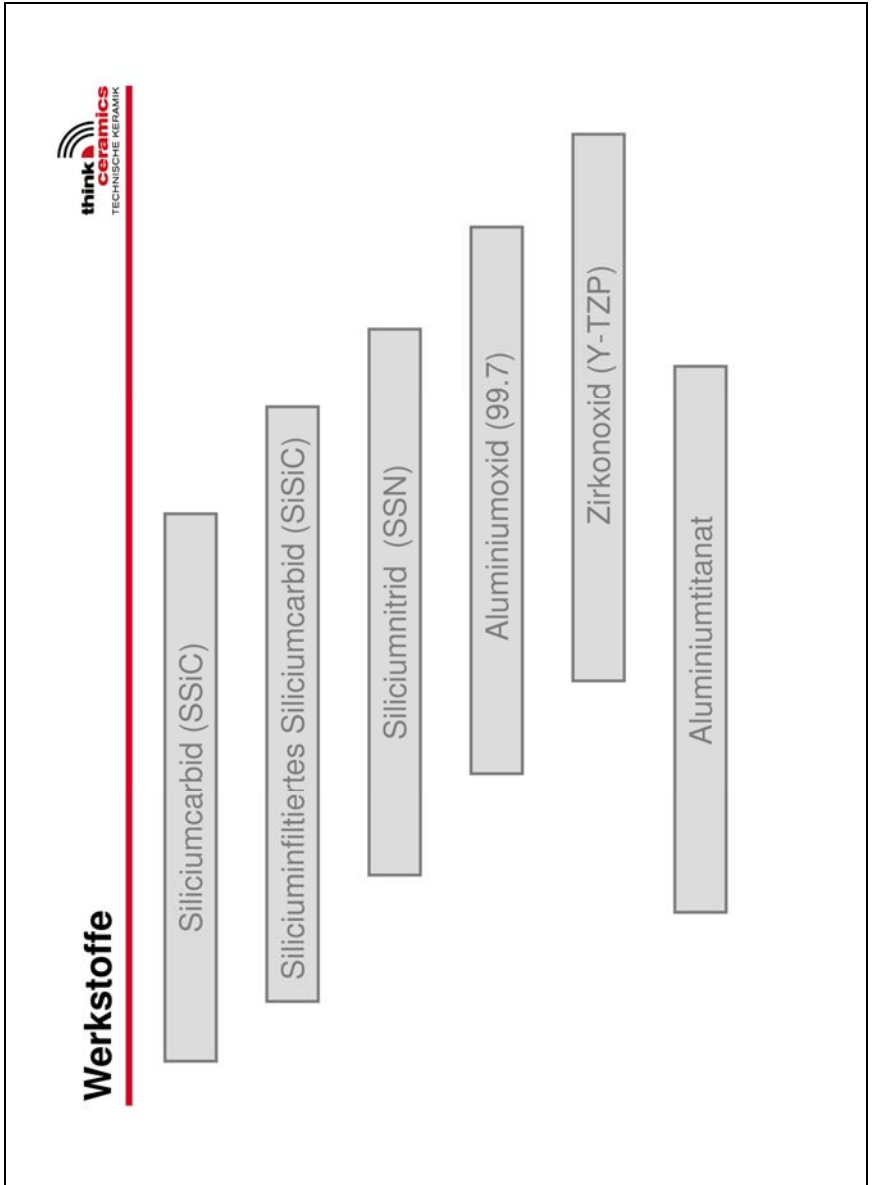
Marian Ullrich
H.C. Starck Ceramics GmbH & Co. KG
Selb

Keramik in der Umformtechnik



Gliederung

- Einführung des Werkstoffes Siliziumnitrid
- Ergebnisse aus Forschungsprojekten zum Thema Walzen mit Siliziumnitrid
- Ergebnisse aus der Praxis
- Zusammenfassung



4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 3

Siliziumnitrid-Walzen



Treiberrollen



Kocks Walzring



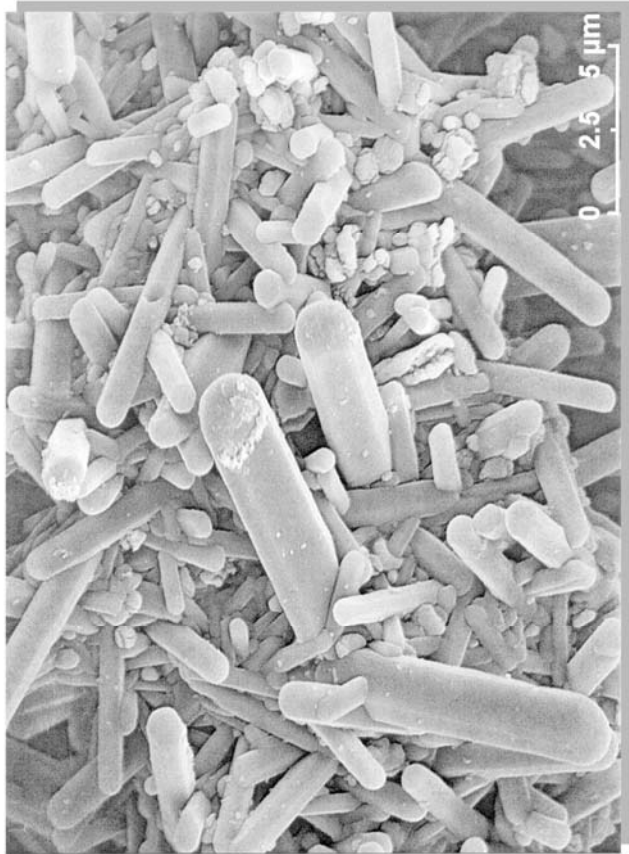
Draht Walzrolle

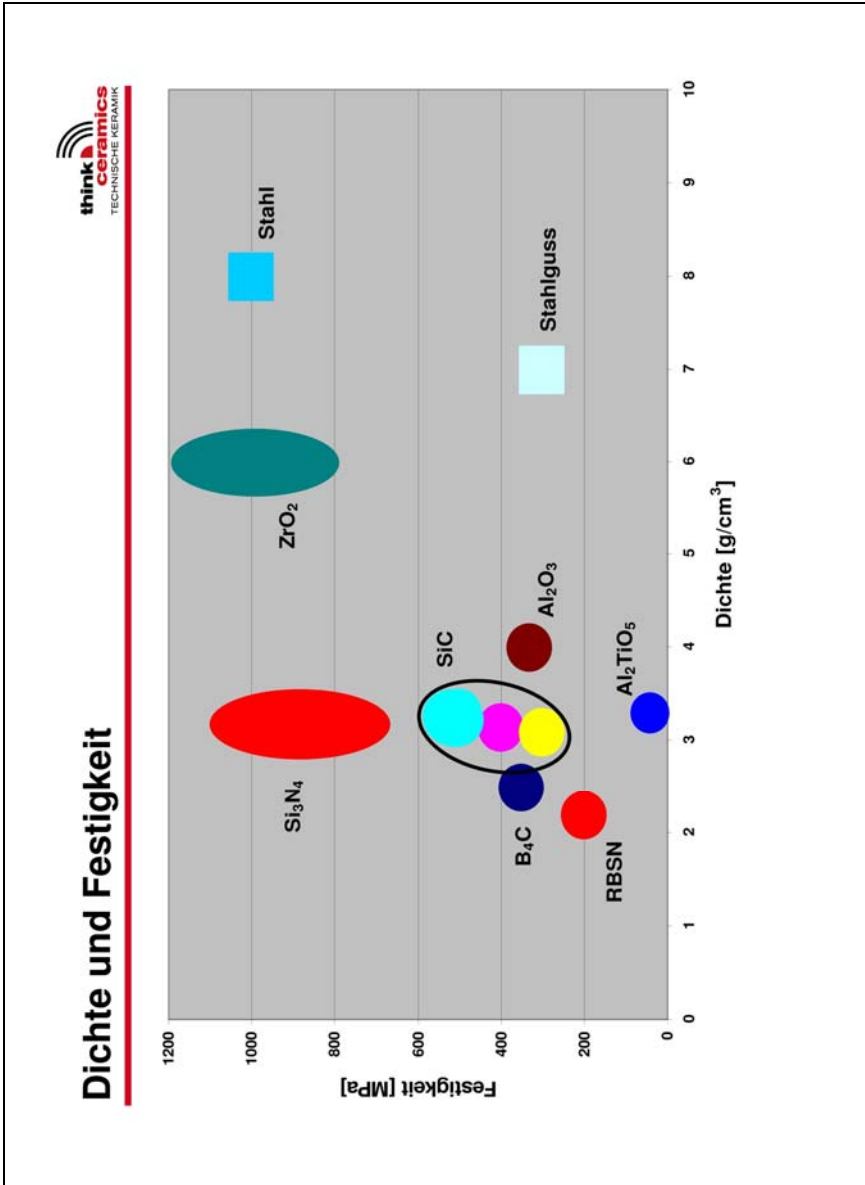


Folienwalzen

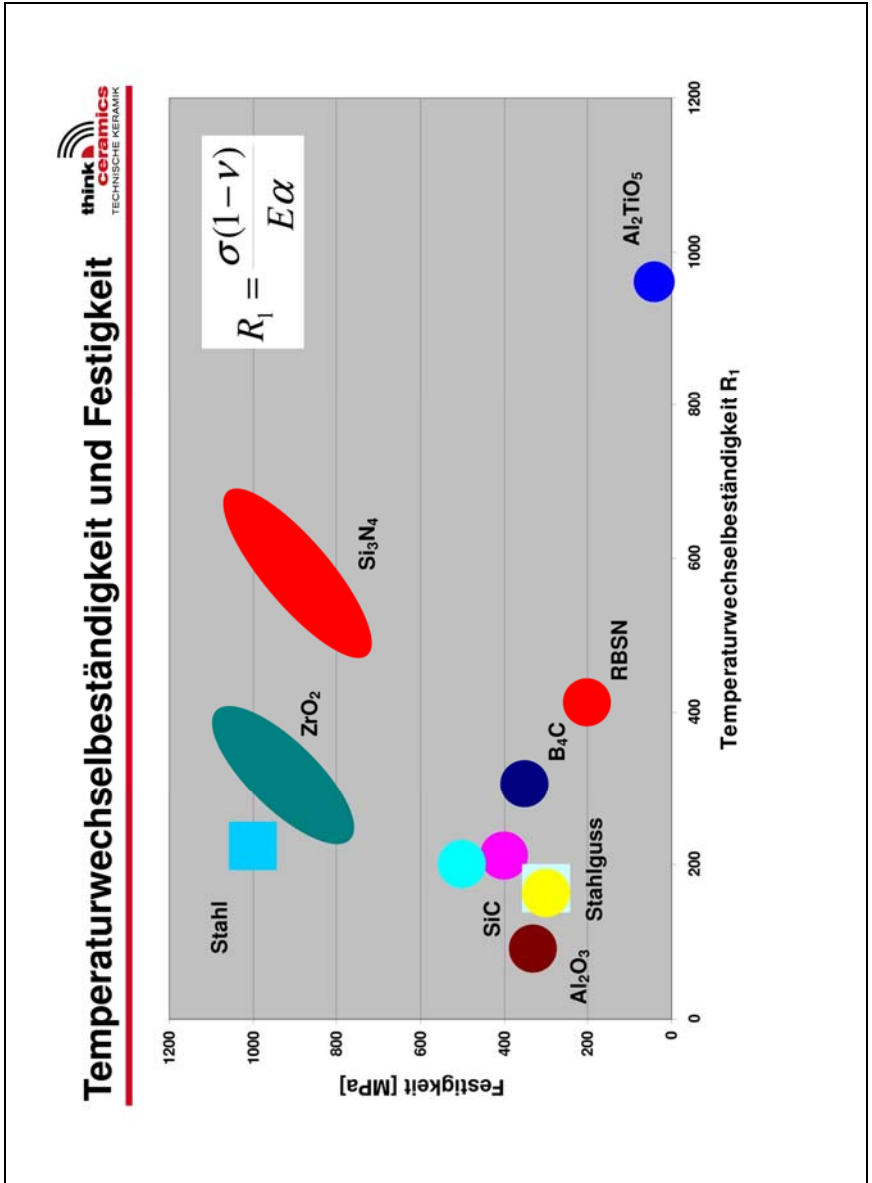
4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 4

Siliziumnitrid Gefüge



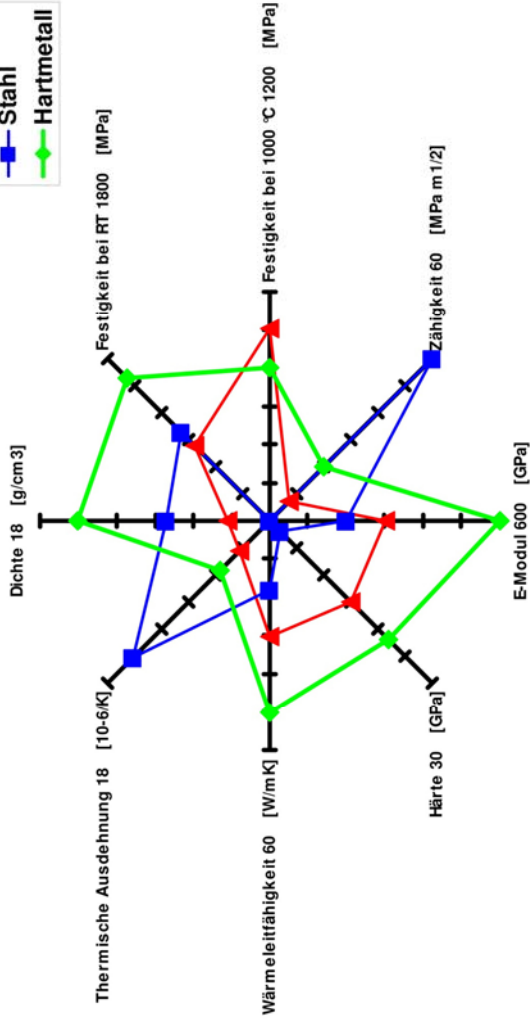
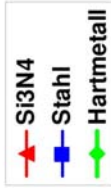


4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 6



4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 7

Eigenschaften im Vergleich



4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 8

Siliziumnitrid in Vergleich zu Stahl

Eigenschaften	Si ₃ N ₄ (100 bar)	Stahl (35CrAlNi7)
Dichte [g/cm ³]	3,23	7,6
Festigkeit RT [MPa]	850	900
Festigkeit 1200 °C [MPa]	500	Keine
E-Modul [GPa]	300	210
Ausdehnungskoeffizient [1/K]	3,4 * 10 ⁻⁶	13 * 10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	25	100
Bruchzähigkeit [MPam ^{1/2}]	6,5	80
Härte HV10 [GPa]	15,2	9,5
Korrosionsbeständigkeit	Hoch	Niedrig
Verschleißfaktor auf Stahl [mm ³ /Nm]	2*10 ⁻⁶	1*10 ⁻⁵
Kosten	Hoch	Niedrig

Positive Faktoren bezüglich Walzanwendungen

Limitierende Faktoren bezüglich Walzanwendungen

Siliziumnitrid: Verschleiß im Vergleich zu Stahl



Test Bedingungen:

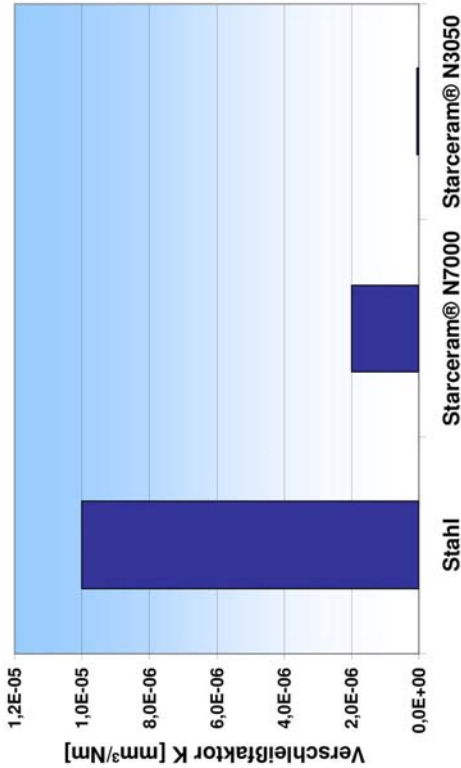
Tribologietest: Pin on Disc

Pin: Keramik / Stahl

Disc: Stahl 1.2379, HRC60

Kraft: 200 N

Schmiermittel: Wasser



V = Masseverlust / Dichte [mm³]

F = Kraft [N]

s = Verschleißweg [m]

$$K = \frac{V}{F \cdot s}$$

Siliziumnitrid in Vergleich zu Hartmetall

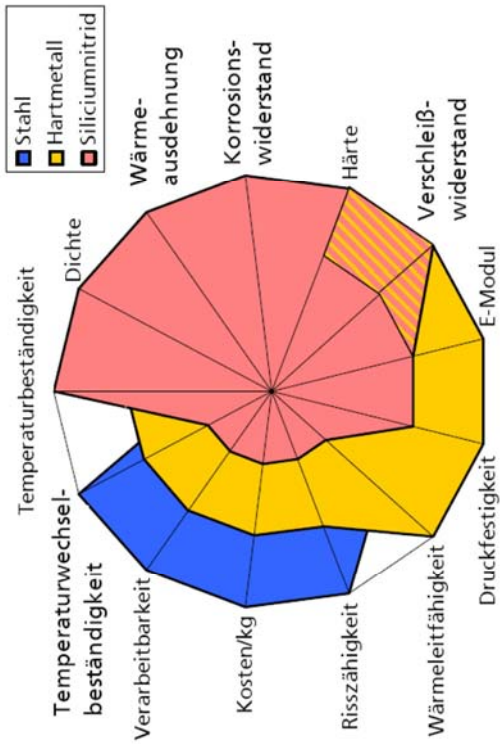
Eigenschaften	Si ₃ N ₄ (100 bar)	Hartmetall (WC)
Dichte [g/cm ³]	3,23	15
Festigkeit RT [MPa]	850	1600
Festigkeit 1200 °C [MPa]	500	800
E-Modul [GPa]	300	600
Querkontraktionszahl	0,25	0,2 - 0,3
Ausdehnungskoeffizient [1/K]	3,4 * 10 ⁻⁶	6 * 10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	25	50
Bruchzähigkeit [MPam ^{1/2}]	6,5	20
Härte HV10 [GPa]	15,2	22
Temperaturwechselbeständigkeit R1	590	355
Kosten	Hoch	Hoch

$$R1 = \frac{\sigma(1-\mu)}{E \cdot \alpha}$$

Positive Faktoren bezüglich Walzanwendungen

Limitierende Faktoren bezüglich Walzanwendungen

Vor- und Nachteile im Vgl. zu Stahl und Hartmetall



Außen: Vorteile

Innen: Nachteile

BMBF geförderte Forschungsprojekte

2001-2004

Keramische Werkzeuge aus Siliziumnitrid für die Herstellung von Drähten, Rohren und Bändern

Förderkennzeichen: 03N5038

2006-2009

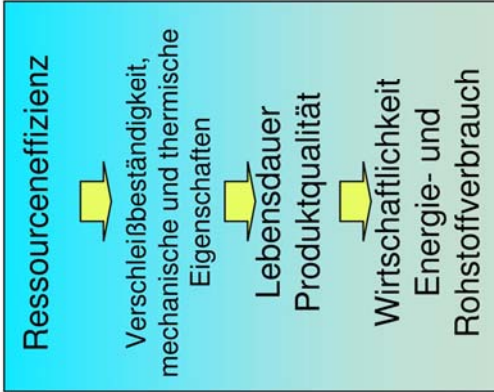
Neue keramische Werkstoffe für Form- und Profilwalzen und andere Komponenten der Walztechnik

Förderkennzeichen: 03X3503

- Keramikersteller
- Keramikbearbeiter
- Forschungsinstitute
- Anwender



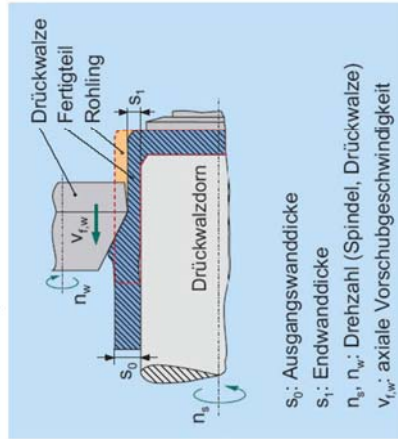
BMBF geförderte Forschungsprojekte: Ziele



Walzanwendungen

Drückwalzen aus Siliciumnitrid

Prinzip des Drückwalzens



Oberfläche: $Ra=0,175 \mu\text{m}$
 Wanddicke: $0,175 \text{ mm}$
 Geradheit: $0,1 \text{ mm/m}$
 Toleranz: H7

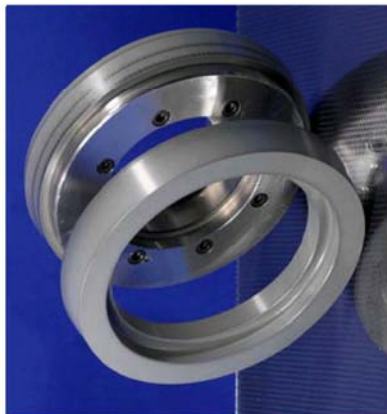
- Wärmespannungsrisse infolge Thermoschock → Begrenzung der Lebensdauer
- Tribochemische Reaktion → Verminderung der Oberflächenqualität

Walzanwendungen



Drückwalzen aus Siliciumnitrid

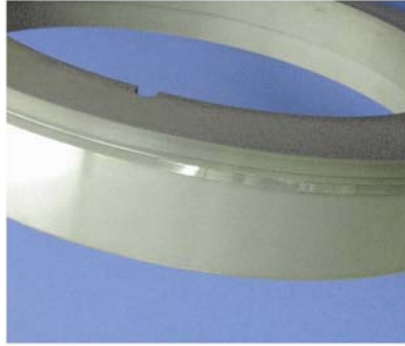
Keramikringe für Drückwalzen
(\varnothing 265 mm)



- keramikgerechte Konstruktion des SN-Rings mit einer Kombination aus Kraft- und Formschluss
- hervorragende Thermoschockbeständigkeit des SN's führt zu einer Erhöhung der Lebensdauer bei gleichzeitiger Reduktion der Taktzeit um 30%
- sehr gute Oberflächenqualität

Standzeitverlängerung: 1,5-2 gegenüber Hartmetall

Si₃N₄-Drückwalzen nach Einsatz



Walzanwendungen

Drückwalzen

Rohrförmige Bauteile
oder Töpfe
Umformgrad ca. 80 %

- Glättung der Oberflächen
- Verschleiß
- Kein Materialauftrag
- Keine Risse

Lebensdauer
5 bis 20-fache Standzeit
→ Jahre!



Walzanwendungen

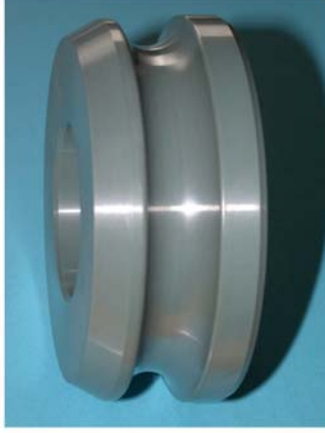
**erstes Nachschleifen
nach 6 Jahren!!**

4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 18

Walzanwendungen

Siliciumnitridwalzen in Rohrschweißanlagen

Einsatz von Keramik ohne Änderung der Konstruktion



Betriebsbedingungen Schweißbrolle

SN-Rolle Neuzustand

- Tribochemische Reaktion mit Kühlmedium → Verminderung der Oberflächenqualität
- Funkenüberschlag am Induktor → Rohrnaht wird nicht dicht geschweißt

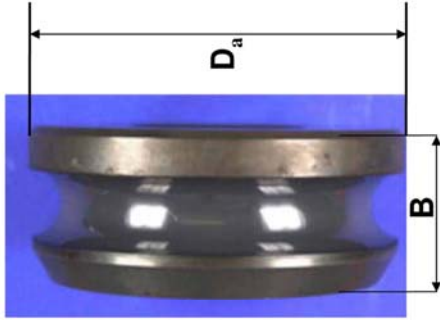
Walzanwendungen



Betriebsbeanspruchte SN-Rolle
Laufzeitverlängerung ca. 2,5-fach



Korrosion, Adhäsion
↕
Verschleiß



$D_a = 100 \text{ mm}$
 $B = 40 \text{ mm}$

Vorteile:

- geringere bis keine tribochemische Reaktion mit Kühlmedium
- Funkenüberschlag konnte gänzlich vermieden werden
- Standzeitverlängerung um Faktor 3 gegenüber Hartmetall

Walzanwendungen



Treiberrollen

Partner: Mittal Steel

Einsatz: Treibereinheit für Stahldrähte

Ersatz: Stahl durch Si_3N_4

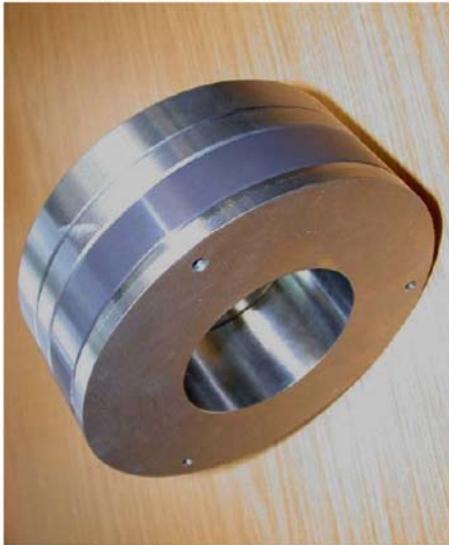
Bauteildimension: $\text{Ø} = 180 \text{ mm}$

Kräfte: Mechanisch

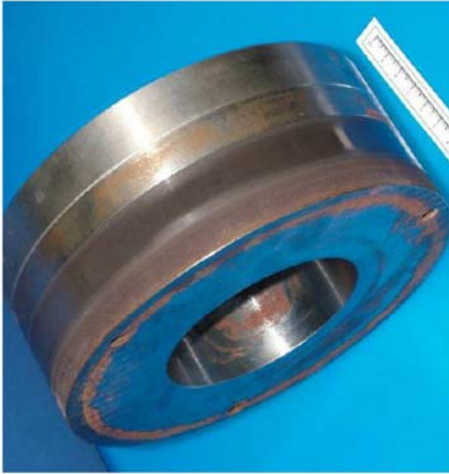
Ergebnis: **achtfache Standzeit im Vergleich zu Stahl**



Walzanwendungen



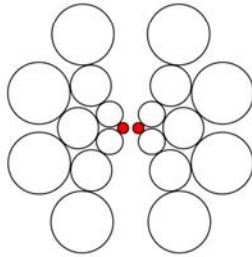
a) vor dem Einsatz



b) nach 4-wöchiger Erprobung

Walzanwendungen

Folienwalzen



Partner: MK Metallfolien

Rollenstand: 20 Rollen Sendzimir Stand

$\varnothing_{\text{Rod}} = 25 \text{ mm}$ Länge = 470 mm

Kräfte: 850 KN

Kühlmittel: Keines

Problem: Rauigkeit der Folienoberfläche



Rauigkeit [µm]	Keramik Rolle	Stahl Rolle
R_{max}	1,21	2,8
R_z	1,04	2,1
R_b	0,13	0,31

Walzanwendungen

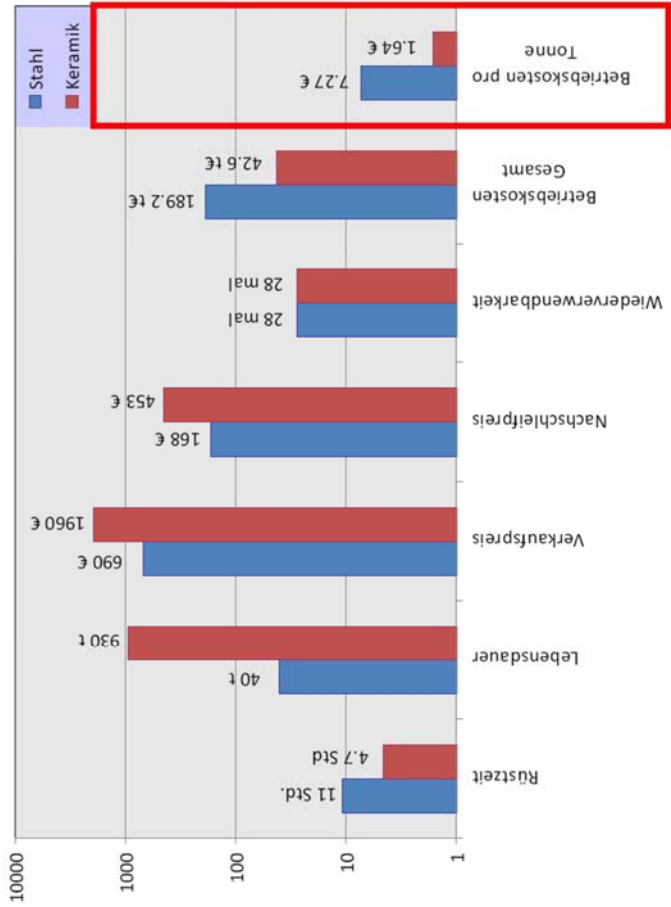


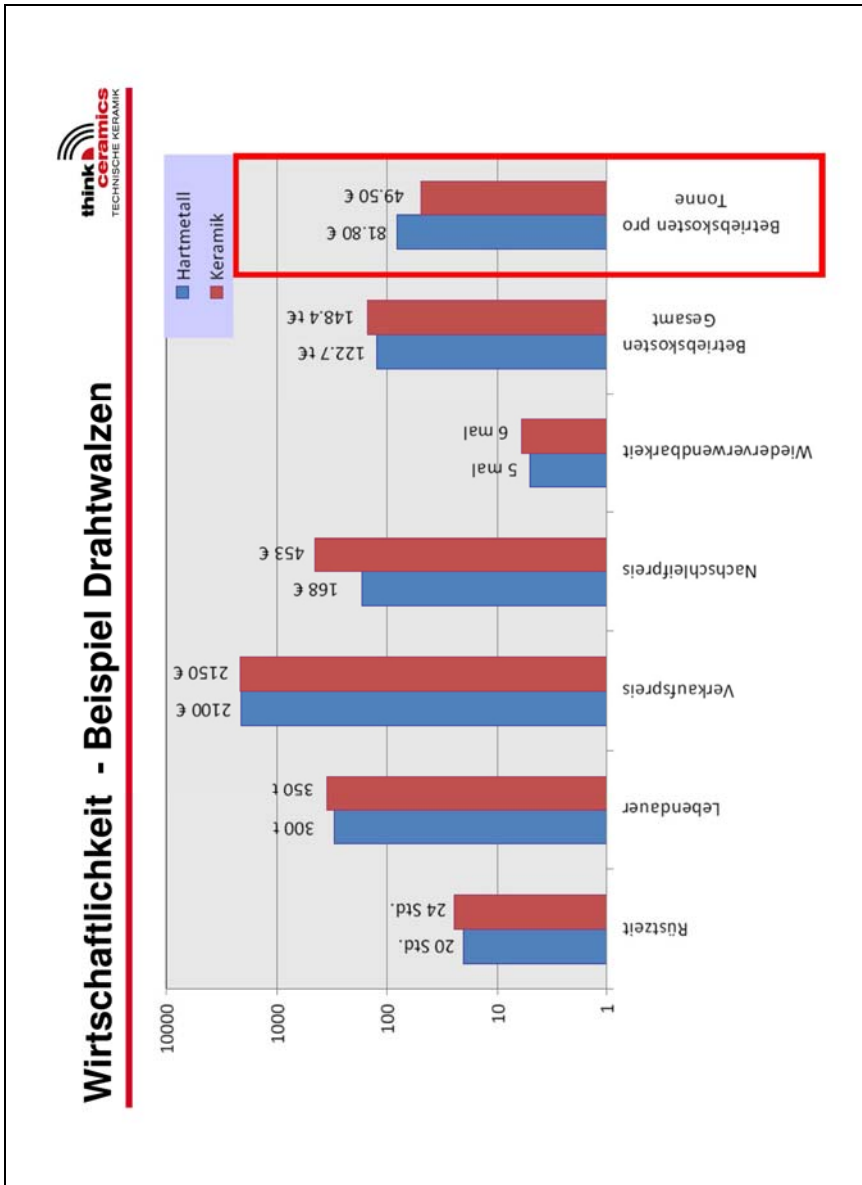
Walzustand von PM Walzen nach einem Stich im 20-Walzen-Sendzimirgerüst



Oberflächen der keramischen Walzen nach 4 Walzstichen

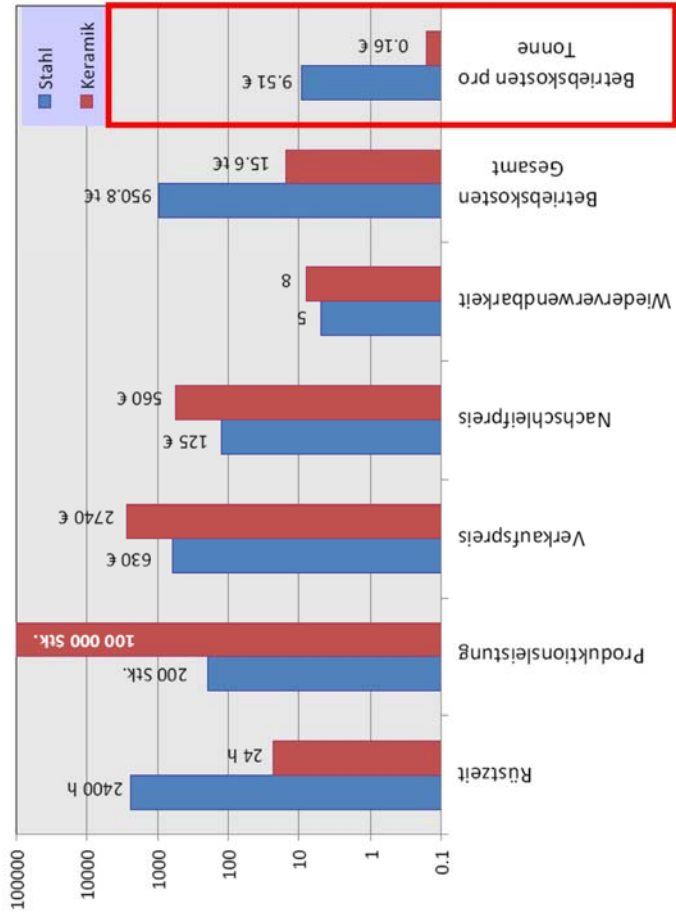
Wirtschaftlichkeit - Beispiel Treiberrollen





4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 26

Wirtschaftlichkeit - Beispiel Druckwalzen



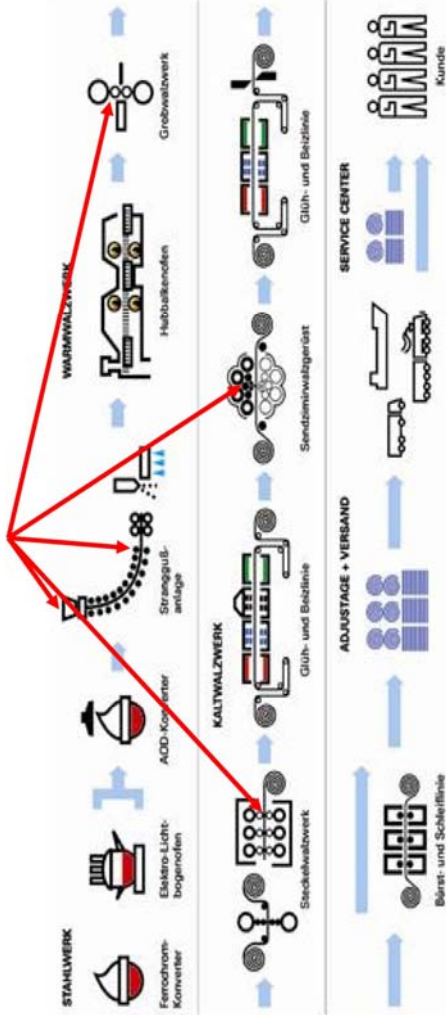
4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 27

Ergebnisse aus der Praxis



Stahlerstellung; Flachprodukte
- Produktionsprozesses schematisch -

technische Einsatzmöglichkeiten für Keramik



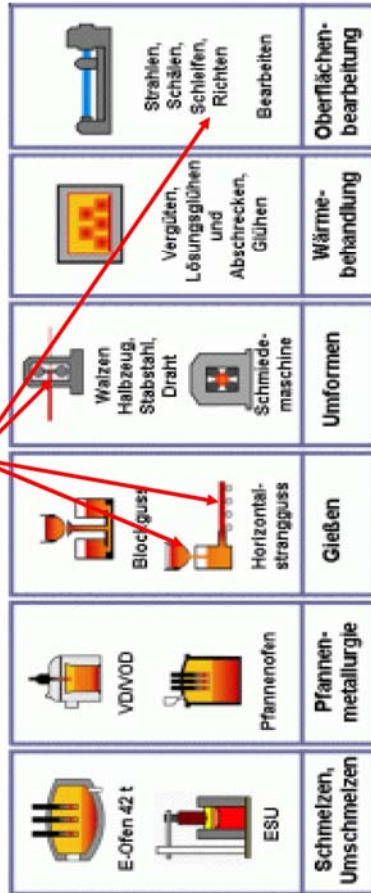
4.1 Keramik in der Umformtechnik - Folie 28

Ergebnisse aus der Praxis

Stahlerstellung: Langprodukte/Draht
gewalzt

- Produktionsprozesses schematisch -

technische Einsatzmöglichkeiten für Keramik

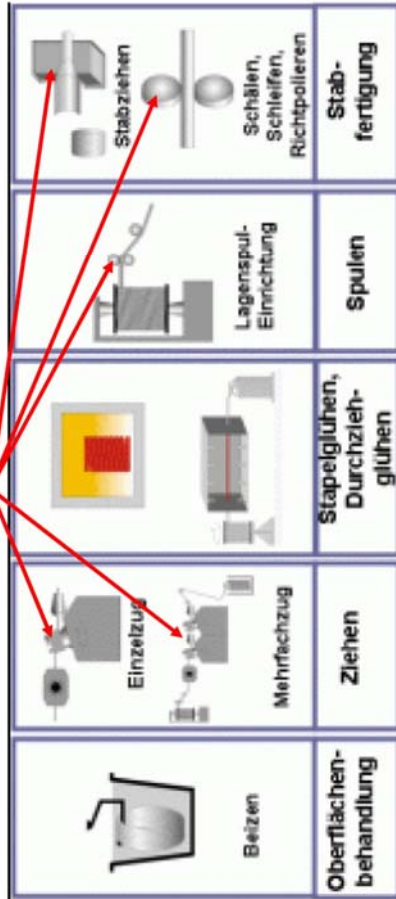


Ergebnisse aus der Praxis



Stahlherstellung: Draht gezoogen
 - Produktionsprozesses schematisch -

technische Einsatzmöglichkeiten für Keramik



Ergebnisse aus der Praxis

Keramische Kaltwalzen in einem Sendzimirgerüst



Die Erprobung einer Keramikwalze für die Herstellung von Edelstahlfolien: Die **HCST-Keramikwalze** wurde in einem Walzgerüst der Firma MK Metallfolien bei hohen Walzkräften (> 1350 kN) betrieben, ohne dass Schäden an der Keramikwalze oder am Walzgerüst entstanden.
Standzeit: 19 Stiche



Walzen auf **Siliciumnitrid-Basis von HCST** sind bis zu zehnmal verschleiß- und korrosionsbeständiger als Werkzeuge aus Stahl. Mit dieser Argumentation gelang es, die erste vollkommene Nutzung zu verwirklichen.

Ergebnisse aus der Praxis



Versuchsaufbau keramischer Kaltwalzen in einem Fröhling-Walzgerüst



Testaufbau zum Walzen eines
Kupferbandes auf Folienstärke 15 μm
Bandgeschwindigkeit: 110 m/Min.
Walzkraft: 110 t
Zielstellung: Begutachtung der Walzen
nach 3500 m Banddurchlauf

Während der Walzung

Ergebnisse aus der Praxis



Optische Beurteilung der Walzen nach der Produktion von 3500 m Kupferfolie



Die Walzen zeigen keinerlei optische Verschleißreduktionen nach der Herstellung von 3500 m Kupferfolie der Stärke 15 μm .

Ergebnisse aus der Praxis



Anwendungsbeispiele keramischer Walzen



SSN-Walzen im Gerüst nach einer Versuchswalzung der Güte 70MnVS4 nach 1000 t bei einer Walztemperatur > 900 °C



Vergleich: konventionelle Stahlwalze
Walzung der adäquaten Menge und Charge als Referenz

Letztes Ergebnis:
erfolgreiche Walzung von 7000 t → 7 fache Standzeit, ohne Verschleißerscheinungen

Zusammenfassung

- An verschiedenen Beispielen konnte gezeigt werden, dass keramische Werkstoffe beim Walzen im Vergleich zu Stahlwerkstoffen höhere Standzeiten und bessere Produktgüten erbringen können.
- Keramik-Walzen konnten erfolgreich bei der Produktion von Kupferfolien, hitzebeständige Edelstahlfolien, hochfeste Ti/Ni-Legierungen eingesetzt werden.
- Besonders beim Folienwalzen konnten gegenüber Stahlwalzen deutliche Standzeitverlängerungen und deutlich verbesserte Oberflächenqualitäten erzielt werden.
- Ähnliche Erfahrungen liegen auch beim Hochtemperaturwalzen vor

 **Walzen aus dem Werkstoff Siliziumnitrid stellen eine Alternative mit Verbesserungspotential gegenüber Stahl und Hartmetall dar**