

7) Hier nagt nicht der Zahn der Zeit

A) Verbindungstechnik bei Verschleißschutzanwendungen

- Jürgen Spätling,
TeCe Technical Ceramics GmbH & Co. KG,
Selb

Die Folien finden Sie ab Seite 290.

Gliederung

- Einleitung
- Füge- und Verbindungsarten
- Vorteile durch Kleben
- Klebstoffarten
- Beispiel einer Klebeverbindung an einer Exzentrerschnecke

Einleitung

Der Verbindungs- und Fügetechnik von Keramik mit anderen Werkstoffen kommt eine wichtige Stellung beim Einsatz von Keramik zu. In vielen Fällen wird die Keramik nicht monolithisch sondern im Verbund eingesetzt.

Der Verbund muß so ausgelegt sein, daß die positiven Eigenschaften wie z.B. Härte, Festigkeit, Formstabilität und Verschleißfestigkeit der Keramik auch vollständig zum Tragen kommen, ohne daß die negativen Eigenschaften der Keramik wie z.B. Sprödigkeit, geringe Zugfestigkeiten versagenskritisch werden. Aus diesem Grund können die zu ersetzenden, meist metallischen Komponenten, nicht direkt in Keramik ausgeführt werden, sondern müssen keramik- und verbindungsgerecht ausgelegt werden.

Füge- und Verbindungsarten

Keramik lässt sich im allgemeinen mit sich selbst und anderen Werkstoffen lösbar und unlösbar miteinander verbinden.

Fügeverfahren	Materialverbindungen Keramik mit			Lösbarkeit	keramische Werkstoffe
	Keramik	Metall	Kunststoff		
Kitten / Zementieren	+	+		nein	alle
Kleben	+	+	+	nein	alle
Löten nach Metallisierung		+		teilweise	alle
Verbindungsaktivlöten		+		nein	alle
Verbindungs-löten mit Glasloten	+			nein	alle
Schrauben	+	+	+	ja	alle
Stecken		+	+	ja	alle
Klemmen		+		ja	alle
Schnappverbindungen		+	+	ja	alle
Garnieren / Laminieren	+			nein	alle
Eingießen / Umspritzen		+	+	nein	eingeschränkt
Crimpen / Bördeln		+		nein	alle
Pressen/ Schrumpfen		+		teilweise	alle
Ein vulkanisieren		+		nein	alle

Tabelle 1: Fügeverfahren für keramische Bauteile: + = realisierbar;

Auf das Verfahren des Klebens wird im folgenden genauer eingegangen.

Vorteile durch Kleben

Kleben hat in Bezug auf andere herkömmliche Verbindungsmethoden einige Vorteile. Grundsätzlich können durch diese Verbindungstechnik sämtliche Werkstoffe mit –und untereinander verklebt werden. Durch Kleben wird eine stoffschlüssige Verbindung mit flächiger Kraffteinleitung erzielt, die keine ausgeprägten Spannungsspitzen hervorruft, wie sie z.B. bei Schraubenverbindungen vorkommen.

Beim Kleben treten weiterhin keine oder nur geringe thermische Belastungen auf, die einen negativen Einfluß auf die Eigenschaften der Füge-teile ausüben. So bleiben die Werkstoffeigenschaften der Füge-teile, gerade bei der Forderung nach verschiedenen zu fügenden Materialien, erhalten. Weiterhin sind Klebeverbindungen gas - und flüssigkeitsdicht und besitzen gute Dämpfungseigenschaften.

Ein wesentlicher Nachteil von Klebeverbindungen ist die begrenzte thermische Belastbarkeit.

Klebstoffarten

Zu den Klebstoffen für anspruchsvollere Verklebungen (High-Tech-Klebstoffe oder Strukturklebstoffe) gehören im wesentlichen folgende:

- anaerobe Klebstoffe
- Acrylatklebstoffe
- Cyanacrylat-Klebstoffe
- Epoxidharz-Klebstoffe
- Polyurethan- Klebstoffe
- Phenolharz-Klebstoffe
- Polyesterharz-Klebstoffe

Für die Auswahl der Klebstoffe ist eine genaue Definition des Anforderungsprofils der Verklebung wichtig. Es müssen die Bauteilbeanspruchungen, wie mechanische und thermische Belastungen und evt. eine mediale Beeinflussung, bekannt sein.

Zusätzlich sind die Materialkennwerte der Fügeile sowie die Oberflächenbeschaffenheit, Abmessungen der Klebeflächen und Temperatur für die resultierenden Verbindungseigenschaften und die Wahl des richtigen Klebstoffes von Bedeutung.

Beispiel einer Klebeverbindung an einer Exzentrerschnecke

In Exzentrerschneckenpumpen unterliegen die metallischen Rotoren bei besonders aggressiven Fördermedien einem hohen mechanischen Verschleiß. Rotoren aus SiC-Keramik besitzen durch die deutlich höhere Härte im Vergleich zu Metallrotoren eine bis zu 20-fache höhere Standzeit.

Die Krafteinleitung in den Rotor erfolgt über ein Bolzengelenk. Da die Keramik sehr empfindlich auf Schlagbeanspruchung und Zugspannung reagiert, ist eine vollständige Fertigung des Rotors aus Keramik nicht sinnvoll. Der Einsatz von Keramikrotoren erforderte daher eine geeignete Verbindungstechnik, um den Vorteil der Keramik nutzen zu können.

Als möglich Fügechnik bietet sich in diesem Falle das Kleben an.

Bei der Auslegung der Verbindung ist bei einer Exzentrerschnecke auf Folgendes zu achten:

- Werkstoff des metallischen Kopfes
- Art und Größe der auftretenden Kräfte
- max. Einsatztemperaturen
- Umgebungsmedium

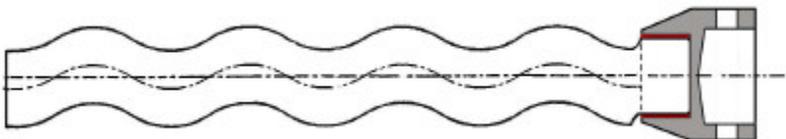


Bild 1: Excenterschnecke

Die Art des Werkstoffes der Excenterschnecke (SiC) und des Kopfes (meist Edelstahl oder gehärteter Werkzeugstahl) bestimmt die Art der Oberflächenvorbereitung (z.B. Entfetten und Sandstrahlen) und gegebenenfalls die Oberflächenbehandlung. Einige Materialien haben passive Oberflächen, die mit Haftvermittlern behandelt werden müssen um eine ausreichende Adhäsion zwischen Klebstoff und Fügeteil zu gewährleisten.

Art und Größe der auftretenden Belastungen während des Betriebes bestimmt die Auslegung der Klebeflächen und Wahl des Klebstoffes. Bei Excenterschnecken treten hauptsächlich Torsionsbelastungen auf, so daß eine stirnflächige Verklebung nicht sinnvoll ist. Die Kraftereinleitung erfolgt daher über den Umfang eines zentrischen Kopfes.

Die maximalen Kräfte bestimmen die Größe der Klebeflächen. Das übertragbare theoretische Torsionsdrehmoment (Nm) berechnet sich nach folgender Formel:

$$M_t = \tau_t \frac{\rho D^2 L}{2 \cdot 1000}$$

wobei τ_t die Klebfestigkeit des Klebstoffes, D den Fügedurchmesser und L die Klebelänge darstellen.

Die Belastung der Verbindung sollte jedoch nur 10% -30% (abhängig vom verwendeten Klebstoff) der theoretischen Festigkeit erreichen.

Sehr wichtig für die Wahl des Klebstoffes ist die Einsatztemperatur. Die maximalen Einsatztemperaturen von Klebstoffen auf organischer Basis liegen bei bis zu 400°C. Bei zu großen Temperaturen erweicht bzw. zersetzt sich die Klebeschicht, und es kommt schnell zum Versagen der Verbindung.

Für die Langzeitbeständigkeit der Klebung ist der mediale Einfluß von Bedeutung. So setzt z.B. eindiffundierende Feuchtigkeit bei einigen Klebstoffen die Festigkeit stark herab.

Neben der richtigen Auslegung der Klebeverbindung ist natürlich auch auf eine keramikgerechte Konstruktion zu achten.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 7) finden sich auf den folgenden Seiten.

think
ceramics

Hier nagt nicht der Zahn der Zeit

Verbindungstechnik bei
Verschleißschutzanwendungen

Jürgen Spätling
TeCe Technical Ceramics GmbH & Co.KG
Selb



Folie 1

Gliederung

think
ceramics

- Einleitung
- Füge- und Verbindungsarten
- Vorteile Kleben
- Klebstoffarten
- Beispiel einer Klebeverbindung an einer Exzenterschnecke



Fügeverfahren				think ceramics	
Fügeverfahren	Materialverbindungen Keramik mit			Lösbarkeit	keramische Werkstoffe
	Keramik	Metall	Kunststoff		
Kleben	+	+	+	nein	alle
Löten nach Metallisierung		+		teilweise	alle
Schrauben	+	+	+	ja	alle
Pressen/Schrumpfen		+		teilweise	alle



Folie 3

Vorteile des Klebens

think
ceramics

Vergleich zu konventionelleren Fügeverfahren

- Gleichmäßige Spannungsverhältnisse und Kraftübertragungen
- Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe
- Keine Verletzung der Fügewerkstoffe
⇒ Erhalt der Werkstoffeigenschaften
- Anwendungsspezifische Klebstoffauswahl

Nachteil: Klebstoffe sind nur begrenzt thermisch belastbar



Klebstoffarten

think
ceramics

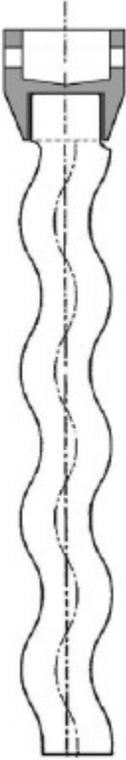
- anaerobe Klebstoffe
- Acrylatklebstoffe
- Cyanacrylat-Klebstoffe
- Epoxidharz-Klebstoffe
- Polyurethan- Klebstoffe



Folie 5

Klebeverbindung einer Exzenterschnecke

think
ceramics



Werkstoff: SiC

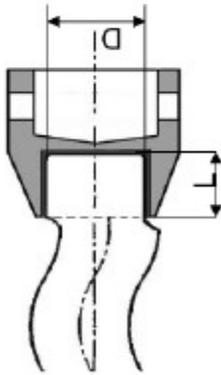


Informationszentrum
Technische Keramik

Festigkeitsberechnung einer Klebeverbindung

think
ceramics

Beispiel: Exzentrerschnecke



Torsionsscherfestigkeit (Nm):

$$M_t = \tau_t \frac{\pi D^2 L}{2 \cdot 1000}$$

Beispiel: L=15 mm; D= 20 mm $\tau_t=20$ N/mm²
theoretische Torsionsscherfestigkeit: 280 Nm