

3.8. Verbund-Systeme

Die Kombination von verschiedenen Werkstoffen ist heute aus der modernen Zahnmedizin nicht mehr wegzudenken, besteht doch so die Möglichkeit für nahezu jeden Anwendungsfall ein in seinen physikalischen Eigenschaften optimiertes, d.h. den natürlichen Bedingungen angepaßtes, Therapiemittel herstellen zu können.

Beispiele dafür sind :

- ⇒ Kunststoffverblendungen von Zahnersatz
- ⇒ Keramikverblendungen von Zahnersatz
- ⇒ Einführung der Klebtechnologie in die Zahnmedizin → Maryland Brückentechnik
Befestigung von Keramikinlays
an Schmelz bzw. Dentin
- ⇒ Compositfüllungsmaterialien
- ⇒ Glasionomerezemente, Kompomere

Dies erfordert aber auch eine systematische und gezielte Analyse, Charakterisierung, Bewertung und Prüfung von Werkstoffkombinationen.

Neben den Eigenschaften der einzelnen Werkstoffphasen spielt die Qualität und Funktionalität der Verbundgrenzfläche eine entscheidende Rolle. Hier treffen zwei in ihren physikalischen Eigenschaften sehr unterschiedliche Werkstoffe direkt aufeinander. In der folgende Tabelle sind die Eigenschaften, deren Unterschiede sehr wesentlich die Verbundeigenschaften beeinflussen, zusammengestellt:

Tab.: VBS - 1

Eigenschaft
E-Modul
Zugfestigkeit
Wärmeleitfähigkeit
Quellung
Struktur
Chemische Zusammensetzung
Wärmeausdehnung

Charakteristisches Merkmal für Verbundsysteme ist die Qualität der Verbundgrenzfläche. Deren Beurteilung kann im einfachsten Fall durch Prüfung der Verbundstabilität erfolgen. Diese läßt sich im Zug-, Zug-Scher- oder Druck- Scher-, Torsions- oder Schäl-Versuch ermitteln.

Es bieten sich jedoch auch andere Methoden, wie die spektroskopischen oder zerstörungsfreien Prüfverfahren (NDT = non destructive test) an.

Für die Stabilität von geklebten Brücken wurden von Holste und Renk eine Zugfestigkeit von 7 MPa gefordert. Diese Forderung leiteten sie ab, aus den mittleren Kaukräften, die zwischen 150 – 200N (Frontzahn), 200 – 400N (Seitenzahn) und 400 – 800N (Molare) liegen sowie der Zugfestigkeit von Kunststoffverblendungen auf einer mit Perlen vergrößerten Metalloberfläche. Nach ISO-Norm wird im Druck-Scher-Test eine Mindestverbundfestigkeit von 5 MPa gefordert.

Die Lösung für belastbare Verbundsysteme liegt in der geschickten Auswahl der Materialien sowie der geschickten Wahl der Konstruktion zur Reduzierung der lastbedingten Spannungen an der Verbundgrenzfläche.

Der Metall-Kunststoff-Verbund

In diesem Fall treffen zwei in ihren physikalischen Eigenschaften sehr unterschiedliche Werkstoffe aufeinander, wie der Vergleich in Tab.VBS -2 verdeutlicht.

Tab.VBS - 2:

Eigenschaft	Metall	Kunststoff
E-Modul		>>
Zugfestigkeit		>
Wärmeleitfähigkeit		>
Quellung		<<
Wärmeausdehnung (WAK)		<<

Dadurch sind Spannungen in der Grenzfläche zwangsläufig nicht zu vermeiden und somit Sorgfalt bei der Herstellung walten zu lassen.

Für ein optimales Ergebnis sind die Auswahl des Gerüstmaterials für die Technologie der Verbundherstellung, insbesondere im Hinblick auf die Oberflächenkonditionierung, die Gerüstgestaltung sowie die Qualität und Verarbeitbarkeit des Haftvermittlers und Deckkunststoffes entscheidend.

Systeme, die die Metall-Kunststoff-Verbindung nutzen:

Tab.VBS - 3: *Metalloberflächenmodifizierung*

Verfahren	Methode	Wechselwirkung
Silicoater (Kulzer)	flammenpyrolytische Beschichtung der Metalloberfläche	SiO _x -C-Schicht
Silicoater MD (Kulzer)	thermische Oxidation der Oberfläche	CrO ₃ -Schicht
OVS (Detnsply)	galvanische Zinnoxidbeschichtung	SnO ₂ -Schicht
Rocatec (ESPE)	bestrahlen mit silanbeschichtetem Strahlgut	SiO _x -C-Schicht

Tab. VBS - 4: *Haftvermittlermodifizierung*

Verfahren	Haftvermittler	Wechselwirkung
4-META (Sun Medical Jap.)	speziell modifiziertes Haftvermittlermonomer 4-META und Initiator TBB	Carboxyl-Gruppen, Chelatbildung zu Metalloxiden
Spektra-Link (Ivoclar)	Carboxylgruppen enthaltendes Monomer	Carboxyl-Gruppen, Chelatbildung zu Metalloxiden
Sebond MKV(Schütz Dental)	seitenkettenfluoriertes MMA	erhöhte Hydrophobizität
ART-Glas (Kulzer)	mehrbasische Carbonsäure und Diisocyanate, Acrylnitril	Carbonsäureanhydride in Diisocyanatgruppen
ZETA (VITA)	Carboxylgruppen modifiziertes PMMA	Komplexbildung mit d-Elementen

Methoden der Prüfung des Metall-Kunststoff-Verbundes sind:

- Zug-Festigkeit von geklebten Metall-Metall-Prüfkörpern ==> Stirnabreißversuch
- Druck-Scher-Festigkeit von geklebten Metall-Metall-Prüfkörpern
Metall-Kunststoff-Prüfkörpern → verschiedene Geometrien

Der Metall-Keramik-Verbund

Auch hier treffen zwei unterschiedliche Werkstoffe aufeinander, allerdings sind die

Eigenschaft/Kennzahl	Metall	Keramik
E – Modul		≥
Biegefestigkeit	verformbar	> spröder
Wärmeausdehnung		≥
Wärmeleitfähigkeit		>

Voraussetzung für den Metall-Keramik-Verbund ist die Abstimmung der Wärmeausdehnungskoeffizienten von Keramik und Legierung. Die Brenntemperaturen der Keramik müssen mindestens 50°C unter der Schmelztemperatur der Legierung liegen.

Faktoren, die die Eigenschaften des Metall-Keramik-Verbundes beeinflussen:

- ⇒ Vergießbarkeit der Legierung
- ⇒ Biegefestigkeit der Legierung während des Keramikbrandes
- ⇒ Metall-Keramik-Bindung --> Struktur und Aufbau der Grenzfläche
- ⇒ Eigenschaften der Einzelkomponenten
- ⇒ Gestaltung der Rekonstruktion

Methoden zur Prüfung von Metall-Keramik-Verbundsystemen

Nach der Art der einwirkenden Kräfte werden folgende Methoden unterschieden:

1. Zugfestigkeitstest
2. Biegefestigkeitstest
3. Zug- und Druck-Scherfestigkeitstest

Zugfestigkeitstest:

Da Keramik sehr empfindlich auf Zugbeanspruchung reagiert, ist eine derartige Prüfung des Metall-Keramik-Verbundes für die Bewertung dessen Stabilität ungeeignet.

Biegefestigkeit:

Norm-Vorlagen für die Prüfung des dentalen Metall-Keramik-Verbundes, DIN 13927 und ISO 9693, enthalten eine Vorschrift zur qualitativen Bewertung des Verbundes, 90° Biegetest, sowie eine diesem System angepaßte Variante des 3-Punkt-Biegetestes, nach Schwickerath. Letzterer ist auch theoretisch fundiert (Lenz, Schwarz) und fordert für eine in der Zahnheilkunde anwendbaren Metall-Keramik-Verbund eine Mindestbiegefestigkeit von 25 MPa. Dieser Test bietet eine sehr breitgefächerte Vergleichbarkeit verschiedenener Einflußparameter auf die Verbundstabilität.

Druck-Scherfestigkeit:

Eine derartige Prüfanordnung wurde von Schmitz und Schulmeyer vorgeschlagen. Mit diesem Prüfverfahren können ebenfalls verschiedene, die Qualität des Metall-Keramik-Verbundes beeinflussenden Parameter, vergleichend untersucht werden.

Der erfolgreiche Umgang mit Verbundsystemen ist an Kenntnisse der Werkstoffwissenschaften sowie der Modernen Analytik gebunden.