

Int Poster J Dent Oral Med 2005, Vol 7 No 02, Poster 269

# Technische und klinische Aspekte zum Einsatz von TiAl6Nb7-Legierungen

**Sprache:** Deutsch

**Autoren:**

Dr. Burkhard Wolf,  
 Dr. Ulrike Lenz, Universitätsklinikum Carl-Gustav-Carus, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik,  
 Prof. Klaus Päßler, Fa. Girschbach Dental GmbH, Pforzheim,  
 Prof. em. Edwin Lenz, FSU Jena,  
 Prof. Michael Walter, Universitätsklinikum Carl-Gustav-Carus, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

**Datum/Veranstaltung/Ort:**

13.-16. Mai 2004  
 53. Jahrestagung der DGZPW  
 Kiel

**Einleitung**

Die mechanischen Eigenschaften des Reintitan (cp-Titan) weisen eine geringe 0,2% Dehngrenze, geringen E - Modul und eine geringe Dauerfestigkeit auf und zeigen sich daher als kritisch für den Einsatz in der Modellgussprothetik (Abb. 1, 2). Titanlegierungen dagegen zeigen ein günstiges elastisches Verhalten bei gleichzeitig hoher Festigkeit und sollten daher auf ihre klinische Einsatzmöglichkeit hin untersucht werden (Abb. 2, 3).



Material	Elastizitätsmodul [G Pa]	0,2% Dehngrenze [M Pa]
Cp Ti grd.1	100	170 - 310
Cp Ti grd.4	100 - 120	480 - 650
Ti Al6 V4	110 - 140	800 - 1100
Ti Al6 Nb7	110 - 130	800 - 920



Abb. 1 gegossene abnehmbare Teilprothese aus cp-Titan (Grad 1)

Abb. 2 Vergleich mechanischer Kenndaten von cp-Titan und Titanlegierungen

Abb. 3 gegossene abnehmbare Teilprothese aus einer TiAl6Nb7-Legierung

**Problemstellung**

Klärung der Fragestellung: Sind Titan-Aluminium-Niob-Legierungen für den klinischen Einsatz geeignet?

**Material und Methoden**

Zur Einschätzung der klinischen Eignung wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. Formfüllungsvermögen

Ausfließindex (AI) nach Meyer (Abb. 4) im Vergleich der Legierungen TiAl5Fe2,5, TiAl6V4 und TiAl6Nb7 vergossen in den Gießanlagen TiCast und SymbioCast (Fa. Girschbach) unter standardisierten Bedingungen

**Berechnungspunkte:**

1 x A = 1  
 4 x B = 4  
 8 x C = 8  
 4 x D = 4  
 8 x E = 8  
 -----  
 25

**Ausfließindex (AI):**  
 Berechnungspunkte x 4 = AI [%]

Abb. 4 Ausfließindex (AI) nach Meyer

2. Elastisches Verhalten (Abb. 5 a, b)

statischer Biegeversuch an gegossenen Klammerprofilen (Profil "Ringklammer") im Vergleich TiAl6Nb7-Legierung, cp-Titan und CoCr-Legierung mit Aufnahme der Werte: einwirkende Kraft (P) zu erzielter Durchbiegung (f) entsprechend der Klammerlänge (L) bei maximaler elastischer Verformung

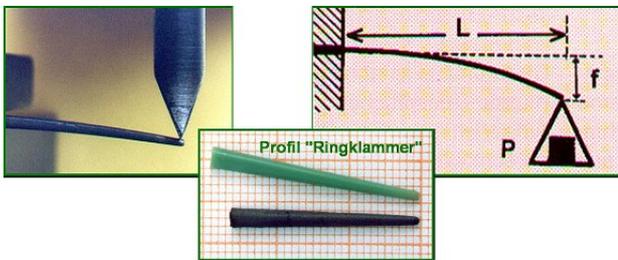


Abb. 5a: Versuchsanordnung statischer Biegeversuch mit Aufnahme der Parameter  $L$  = Länge,  $f$  = erzielte Durchbiegung und  $P$  = einwirkende Kraft  
 Abb. 5b: konfektioniertes Wachsprofil "Ringklammer"

### 3. Schweißbarkeit

metallographische Untersuchung (Abb. 6, 7) der Laserfuge von Laserschweißungen zwischen cp-Titan und TiAl6Nb7-Legierung geschweißt unter standardisierten Bedingungen



Abb. 6: Laserfugungen von Titan, makroskopische Aufnahme

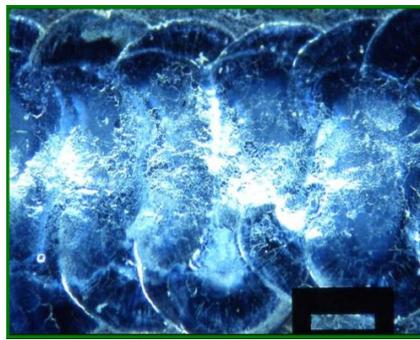


Abb. 7: Laserfugung von Titan, mikroskopische Aufnahme

Zudem soll das Ergebnis einer 4. Klinischen Beobachtung dargestellt werden.

## Ergebnisse

### 1. Formfüllungsvermögen

Ausfließindex (AI) nach Meyer

Vergleich der 3 Titanlegierungen (Abb. 8):

- 100% Formfüllung für Legierungen TiAl6V4 und TiAl6Nb7
- TiAl6V4- und TiAl6Nb7-Legierung keine signifikanten Unterschiede im Formfüllungsvermögen
- TiAl5Fe2,5-Legierung deutlich schlechtere Ergebnisse

Vergleich der beiden Gießapparaturen (Abb. 9):

es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gussergebnissen der Gießanlagen SymbioCast und TiCast festgestellt werden



Abb. 8: Formfüllungsvermögen von TiAl5Fe2,5, TiAl6V4, TiAl6Nb7 Legierungen

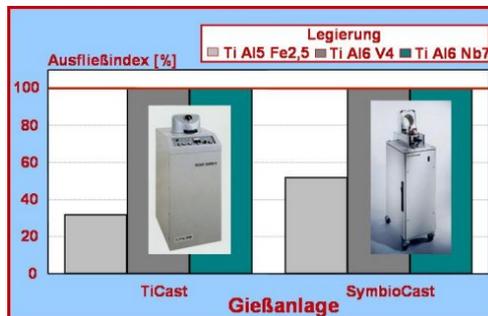


Abb. 9: Vergleich der beiden Gießanlagen TiCast und SymbioCast (Fa. Girrbach)

### 2. elastisches Verhalten

**- Durchbiegung der Klammerprofile bei stufenweise steigender Belastung (L=13mm) (Abb. 10):**

Proportionalitätsgrenze

- = max. elastische Beanspruchbarkeit
- = max. Federweg des Klammerarms

- cp-Titan = geringster Widerstand und größte Durchbiegung

- TiAl6Nb7-Legierung = ähnlich cp-Titan, etwas niedrigere Werte

- CoCr-Legierung = größte Steifigkeit

- Titanwerkstoffe zeigen bei gleichem Querschnitt (=Durchbiegung) eine geringer aufzuwendende Kraft als CoCr-Legierung im Verhältnis:

CoCr-Leg. TiAl6Nb7-Leg. cp-Ti  
1 : 0,96 : 0,86

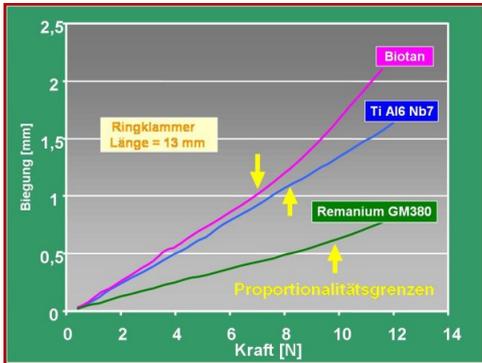


Abb. 10: elastisches Verhalten von TiAl6Nb7-Legierung, cp-Titan, CoCr-Legierung im statischen Biegeversuch bei stufenweiser Belastung und korrelierender Durchbiegung mit Darstellung der Proportionalitätsgrenze

**- elastisches Verhalten in Abhängigkeit von der Klammerlänge (Abb. 11):**

stufenweise Be- und Entlastung bis zur Proportionalitätsgrenze

cp-Titan und TiAl6Nb7-Legierung können bei konstanter Klammerlänge höhere Unterschnitttiefen elastisch überwinden. Zur elastischen Überwindung eines 0,8mm tiefen Unterschnitts sind z.B. folgende Klammerlängen erforderlich:

TiAl6Nb7-Leg. = 11 mm

cp-Ti = 13 mm

CoCr-Leg. = 17 mm

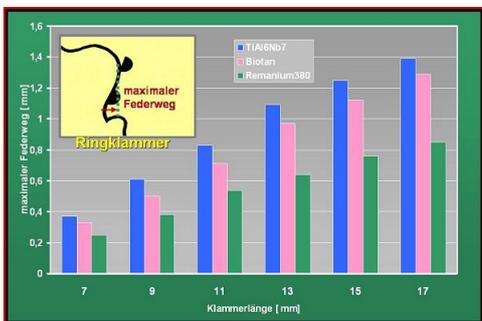


Abb. 11: elastisches Verhalten von TiAl6Nb7-Legierung, cp-Titan, CoCr-Legierung in Abhängigkeit von der Klammerlänge bei stufenweiser Be- und Entlastung bis zur Proportionalitätsgrenze und Aufnahme des maximalen Federweges

**3. Schweißbarkeit**

**- metallographische Untersuchung der Laserfügung cp-Titan und TiAl6Nb7-Legierung**

Abb. 12:

- Fehlerfreie Verschmelzung der beiden Titanwerkstoffe
- Homogene, feinkristalline Struktur der erstarrten Schmelze
- Aufhärtung im Bereich der Verschmelzung bei Titan auf das 2,3 fache und bei der Titanlegierung auf das 1,7 fache des Grundmaterials

Abb. 13:

- Feinkristalline Wärmeeinflusszonen im Schweißbereich: etwa 150 - 250 µm breit
- Aufhärtung < 20 %

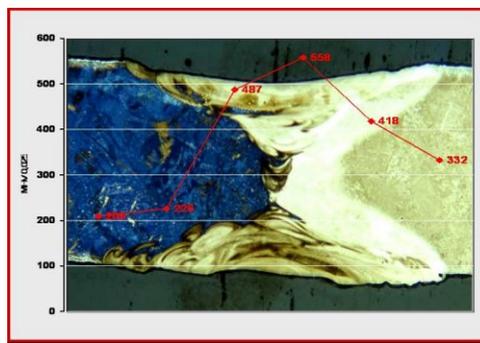
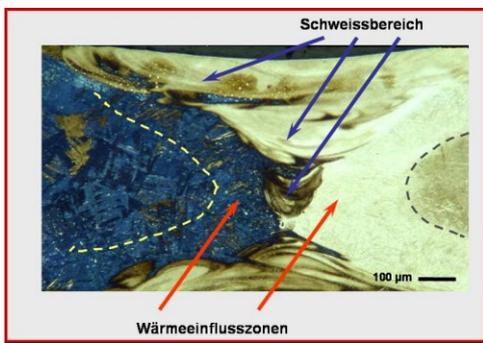


Abb. 12: Metallographische Schliff einer Laserschweißung aus cp-Titan und TiAl6Nb7-Legierung (Farbätzung nach Weck)

Abb. 13: Metallographische Schliff einer Laserschweißung aus cp-Titan und TiAl6Nb7-Legierung mit Darstellung der Mikrohärtigkeit nach Vickers (Farbätzung nach Weck)

#### 4. Beispiel einer klinischen Beobachtung (Abb14 a-f):

##### Klinische Ausgangssituation:

UK: Pat. trägt 10 Jahre alte Modellgussprothese, wünscht Neuversorgung, Allergiesymptomatik, Kronenversorgung 45 indiziert  
OK: Cover denture

##### Festsitzende Versorgung:

Verblendkrone mit oraler Fräsung aus Reintitan Grad 1, verblendet mit Triceram (Fa. Dentaurum)

##### Abnehmbare Versorgung:

Einstückgussprothese mit Klammerversankerung an 34, 44, 45 und 47, hergestellt aus einer TiAl6Nb7-Legierung (Girotan L; Fa. Girschbach)



Abb. 14 a UK: Klinische Ausgangssituation



Abb. 14 b Einstückgussprothese aus einer TiAl6Nb7-Legierung und Krone (cp-Titan) mit oraler Fräsung



Abb. 14 c Detailsicht: großer und kleiner Verbinder mit gegossenen Klammern



Abb. 14 d eingegliederte Versorgung: Verblendkrone mit oraler Fräsung an 45, Einstückgussprothese zum Ersatz von 37-35 und 46



Abb. 14 e Detailsicht Ringklammer 34



Abb. 14 f Detailsicht großer und kleiner Verbinder regio 44-46

#### Schlußfolgerungen

1. Titanlegierungen sind mit den verwendeten Gussapparaturen (Hochleistungsgießanlage für Reintitan) problemlos vergießbar
2. Gussklammern aus TiAl6Nb7 erzeugen im Vergleich zu CoCr-Legierungen etwas geringere Klammerkräfte und können deutlich höhere Federwege elastisch aufnehmen
3. Fügungen im Laserschweißverfahren sind zwischen Reintitan und TiAl6Nb7-Legierung problemlos und ermöglichen den Einsatz in der Kombinationsprothetik
4. im klinischen Einsatz bewähren sich Titanlegierungen, v.a. für die Herstellung mechanisch hoch beanspruchter herausnehmbarer Prothesengerüste

**FAZIT: TiAl6Nb7-Legierungen können für den klinischen Einsatz empfohlen werden**

Ausblick:

- Untersuchung der Dauerfestigkeit von Klammerelementen und Laserfugungen
- Untersuchung der Langzeitbewährung des Legierung-Keramik-Verbundes
- klinische Langzeiterfahrungen

Dieses Poster wurde übermittelt von Dr. Ulrike Lenz.

**Korrespondenz-Adresse:**

Dr. Ulrike Lenz.

Universitätsklinikum Carl-Gustav-Carus

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Fetscherstr. 74

01307 Dresden

**Poster Faksimile:**

## Technische und klinische Aspekte zum Einsatz von TiAl6Nb7-Legierungen

Wolf, B. (1), Lenz, U. (1), Päßler, K. (2), Lenz, E., Walter, M. (1)  
 (1) Universitätsklinikum Carl-Gustav-Carus, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, (2) Fa. Griebach Dental GmbH, Pforzheim

**REINITAN (cp Titan)**

geringe 0,2% Dehngrenze, geringer E-Modul, geringe Dauerfestigkeit  
 => kritisch für Einsatz in Modellgussprothetik

Material	Elastizitätsmodul [E (Pa)]	0,2% Dehngrenze [0,2% (Pa)]
Cp-Ti gr4.3	100	170 - 210
Cp-Ti gr4.4	100 - 120	480 - 650
Ti Al6 Nb7	110 - 140	800 - 1100
Ti Al6 Nb7	110 - 130	800 - 920

**Titanlegierungen:**  
 günstiges elastisches Verhalten bei hoher Festigkeit  
 => Untersuchung auf klinische Einsatzmöglichkeit

---

**PROBLEMSTELLUNG: Sind Titan-Aluminium-Niob-Legierungen für den klinischen Einsatz geeignet?**

**MATERIAL UND METHODE**  
 Zur Einschätzung der klinischen Eignung wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

**1. Formfüllungsvermögen**

=> **Ausfüllindex (AI) nach Meyer**  
 im Vergleich TiAl6Nb7, TiAl6Nb7 vergossen in den Gießanlagen TiCast und SymbioCast (Fa. Griebach) unter standardisierten Bedingungen

zusätzlich das Beispiel einer **4. klinischen Beobachtung** dargestellt werden

**2. elastisches Verhalten**

=> **statischer Biegeversuch an gegossenen Klammernprofilen** (Photo "Ringklammer") im Vergleich TiAl6Nb7, cp-Titan, CoCr-Legierung mit Aufnahme der Werte: einwirkende Kraft (P) zu erzielter Durchbiegung (f) artbrechender der Klammerlänge (L) bei maximaler elastischer Verformung

**3. Schweißbarkeit**

=> **metallgraphische Untersuchung** der Laserfuge von Laserschweißungen cpTitan => TiAl6Nb7 geschweißt unter standardisierten Bedingungen

---

**ERGEBNISSE**

**1. Formfüllungsvermögen**

**Ausfüllindex nach Meyer (AI):**

- Vergleich der 3 Titanlegierungen
- > 100% Formfüllung für TiAl6Nb7 und TiAl6Nb7
- > TiAl6Nb7 und TiAl6Nb7 keine signifikanten Unterschiede im Formfüllungsvermögen
- > TiAl6Nb7.5 deutlich schlechtere Ergebnisse
- Vergleich der beiden Gießapparaturen
- > es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gussgeräten der Gießanlagen SymbioCast und TiCast festgestellt werden

**2. elastisches Verhalten**

- > Durchbiegung bei stufenweise steigender Belastung (L=13mm)  
 Proportionalitätsgrenze = max. elastische Beanspruchbarkeit  
 = max. Federweg des Klammerarms
- > cpTitan = geringster Widerstand und größte Durchbiegung
- > TiAl6Nb7 = ähnlich cpTi, etwas niedrigere Werte
- > CoCr-Leg. = größte Steifigkeit
- > Titanwerkstoffe = bei gleichem Unterschnitt (=Durchbiegung) = geringere aufzuwendende Kraft als CoCr-Leg
- im Verhältnis: CoCr-Leg: TiAl6Nb7: cpTi = 1: 0,96: 0,86
- > **elastisches Verhalten in Abhängigkeit von der Klammerlänge**  
 stufenweise Be- und Entlastung bis Proportionalitätsgrenze
- > cpTitan und TiAl6Nb7 können bei konstanter Klammerlänge höhere Unterschnitttiefen elastisch überwinden
- z.B. zur elastischen Überwindung eines 0,8mm tiefen Unterschnitts sind folgende Klammerlängen erforderlich:  
 TiAl6Nb7 = 11 mm  
 cpTi = 13 mm  
 CoCr-Leg. = 17 mm

**3. Schweißbarkeit**

- > **metallgraphische Untersuchung der Laserfuge cpTitan => TiAl6Nb7**
- > fehlerfreie Verschmelzung der beiden Titanwerkstoffe
- > homogene feinkristalline Struktur der erstarrten Schmelze
- > Aufhäufung im Bereich der Verschmelzung bei Titan auf das 2,3-fache bei der Titanlegierung auf das 1,7-fache des Grundmaterials
- > feinkristalline Wärmeinflusszonen im Schweißbereich
- etwa 150 - 250 µm breit
- Aufhäufung < 20 %

**4. Beispiel einer klinischen Beobachtung**

**Klinische Ausgangssituation:**  
 UK: Pat. wünscht Neuversorgung  
 10 Jahre alte Modellgussprothese, Allergiesymptomatik  
 Kronenversorgung 45 indiziert, OK: Cover denture

**Festsitzende Versorgung:**  
 Verbleibende Krone mit oraler Fräsure aus Reintitan-Grad 1, verbindet mit Triceram (Fa. Dentaurum)

**Abnehmbare Versorgung:**  
 Einstückgussprothese mit Klammerverankerung an 34, 44, 45 und 47, hergestellt aus TiAl6Nb7 (Grotlan L, Fa. Griebach)

---

**SCHLUSSFOLGERUNG**

1. Titanlegierungen sind mit den verwendeten Gussapparaturen (Hochleistungsgießanlage für Reintitan) problemlos gießbar
2. Gussklammern aus TiAl6Nb7 erzeugen im Vergleich zu CoCr-Legierungen etwas geringere Klammerkräfte und können deutlich höhere Federwege elastisch aufnehmen
3. Fugungen im Laserschweißverfahren sind zwischen Reintitan und TiAl6Nb7 problemlos und ermöglichen den Einsatz in der Kombinationsprothetik
4. im klinischen Einsatz bewähren sich Titanlegierungen, v.a. für die Herstellung mechanisch hoch beanspruchter herausnehmbarer Prothesengerüste

**FAZIT: TiAl6Nb7-Legierungen können für den klinischen Einsatz empfohlen werden**

Ausblick: - Untersuchung der Dauerfestigkeit von Klammerelementen und Laserfugungen  
 - Untersuchung der Langzeitbewährung des Legierung-Keramik-Verbundes  
 - klinische Langzeiterfahrungen