

Technologie nicht nur für Spezialisten

Aus praktischer Sicht wird von Prothetik-Werkstoffen nicht nur gefordert, dass sie eine weite Spanne von Anwendungen abdecken, hoch korrosionsfest sind und keine toxischen Elemente freisetzen, sondern sie sollen auch im zahntechnischen Labor einfach und sicher zu verarbeiten sein. In Verbindung mit einer modernen Gieß- und Verarbeitungstechnik erweist sich Reintitan als Multitalent unter den zahntechnischen Werkstoffen.

▶ Dr. J. Lindigkeit, Dr. M. Reise

Titan ist ein Werkstoff, der wegen hoher Festigkeit, geringem Gewicht und hoher Korrosionsbeständigkeit als ideales Material nicht nur für technische Anwendungen, sondern auch in der Medizin geschätzt wird. Insbesondere die Zahnmedizin profitiert von der exzellenten Biokompatibilität und von den multiindikativen Möglichkeiten des Werkstoffs Titan. Auch die zahntechnische Verarbeitung von Titan ist heute keine Technologie mehr, die nur von Spezialisten beherrscht wird, sondern hat sich dank großer Fortschritte in Guss- und Verblendtechnik sowie neuer Hilfsmaterialien etabliert.

Indikationen von Reintitan

Die mechanischen Eigenschaften von gegossenem Reintitan Grad 1 und Grad 4 gewährleisten ausreichende Festigkeit, um den physiologischen Kräften in der Mundhöhle zu widerstehen (Abb. 1). Folgt man der standardisierten Klassifikation von Dentalmaterialien für festsitzende Restaurationen, so

ist gegossenes Reintitan ein Werkstoff der Festigkeitsklasse 4. Dies bedeutet, dass ein solcher Werkstoff für Anwendungen geeignet ist, die sehr hohen Belastungen widerstehen müssen, wie beispielsweise verblendete Einzelkronen, weitspannige Brücken oder Brücken mit geringen Querschnitten, Stege, Attachments, implantatgetragene Suprastrukturen, Klammern und Modellgussgerüste.^{1,2,3}

Damit deckt die Indikation von Titan die gesamte Palette des festsitzenden, herausnehmbaren und kombinierten Zahnersatzes ab. „Titan ist als Restaurationswerkstoff für die meisten klinischen Indikationen geeignet.“⁴ „Die inzwischen mit dem rematitan®-System gewonnenen Erfahrungen beweisen, dass mit Reintitan die gesamte prothetische und implantologische Gusspalette abgedeckt werden kann.“⁵ Ein direkter Vergleich der Indikationsbreite von EM-Legierungen, CoCr und Titan geht nach Lenz⁶ deutlich zu Gunsten von Titan aus (Abb. 2).

Auch die DGZMK (Deutsche Gesellschaft zur Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde) nennt in ihren Empfehlungen zur Legierungsauswahl neben hochgoldhaltigen Legierungen und CoCr-Legierungen explizit Titan als Reinform.⁷ Titanlegierungen werden in den Empfehlungen nicht genannt. Für die Indikation Prothetik fehlt es ihnen auch im Gegensatz zu Reintitan nicht nur an Sinnhaftigkeit, sondern auch an klinischen Langzeiterfahrungen. Im Folgen-

Werkstoff-Typ	Reintitan Grad 1	Reintitan Grad 4	Ti-Legierung
Bezeichnung	Tritan Dentaaurum	rematitan® M Dentaaurum	Ti6Al7Nb
Zusammensetzung	>99,6 % Titan (Fe, O, H, N, C <<1)	>99,5 % Titan (Fe, O, H, N, C <<1)	90 % Titan 6 % Aluminium 7% Niob (Fe, O, H, N, C <<1, Ta <1),
E-Modul	110.000 MPa	120.000 MPa	105.000 MPa
0,2 %-Dehngrenze	460 MPa	600 MPa	> 900 MPa
Härte	200 HV 10	210 HV 10	340 HV 10

Abb. 1: Mechanische Eigenschaften von gegossenem Reintitan (Ti-Legierung zum Vergleich).

den soll auf einige relevante Aspekte der zahntechnischen Verarbeitung von Titan im Dentallabor eingegangen werden.

Schmelzen und Gießen

Mit 1.668 °C hat Titan unter den dentalen Gussmetallen den höchsten Schmelzpunkt. Titan ist ebenfalls für seine sehr hohe Reaktivität mit den herkömmlichen Gusstieglern bekannt, sodass diese nicht verwendet werden können. Eine geeignete Gießapparatur für Titan muss dies berücksichtigen.

Die Anlehnung an die Haupteigenschaften und -prinzipien der industriellen Titangusstechnik ist der bestgeeignete Weg, um ein zuverlässiges Titangießsystem für das zahntechnische Labor zur Verfügung zu stellen. Dies führt zu einem dentalen Gießsystem, das mittels Vakuum und Argonschutzgas arbeitet, um den Einfluss des Luftsauerstoffs auf die Titanschmelze zu vermeiden und die Eigenschaften des Titans zu erhalten (Abb. 3). Die Verwendung von Kupfertiegeln schließt die Reaktion der Titanschmelze mit dem Tiegelmaterial aus. Im technischen Sprachgebrauch ist diese Schmelztechnologie als „scull melting“ bekannt.

Der Prozessablauf beim Titan-Schmelzen und -Gießen startet mit dem Reinigen der Schmelz- sowie der Gusskammer, um eventuell eingeschlossene Luft zu entfernen. Das Schmelzen des Titans erfolgt mit einem Lichtbogen unter Argon-Schutzgas. Der Lichtbogen wird dabei über eine Wolframcarbidelektrode gezündet. Der Gießprozess selbst ist ein Druckgussverfahren, das den hohen Druck des Argons in der Schmelzkammer und den Vakuum-Unterdruck in der Gießkammer ausnutzt. So ist eine vollständige Füllung der Form mit der Schmelze möglich. Aktuelle Gießanlagen erlauben heute nicht nur das Schmelzen und Gießen von Reintitan, sondern sind als Universalgießanlagen uneingeschränkt auch für Edelmetall- und edelmetallfreie Legierungen (z.B. CoCr) einsetzbar (Abb. autocast universal® 230V) (Abb. 4). Das Gießen von

Indikation	Titan	Co-Basis	Au-Basis
Füllungen, Teilkronen	+	-	++
Vollkronen	++	+	++
Verblendkronen	++	++	++
Brücken	++	++	++
Adhäsiv-Brücken	+	++	-
Gussprothesen mit Klammern	++	++	-
Geschiebe-, Steg-Prothesen	++	++	+
Teleskop-Prothesen	++	++	+
Implantat-Suprakonstruktionen	++	+	+
Endodontische Stifte	++	+	++

Abb. 2: Indikationen und Eignungsbewertung von Prothetikwerkstoffen nach Lenz.⁶

Titanlegierungen erweist sich allerdings auf Grund der schlechten Fließfähigkeit der Schmelze als nicht empfehlenswert. Eigene Versuche zur Vergießbarkeit einer Titanlegierung (Ti6Al7Nb) haben ein deutlich schlechteres Formfüllungs- und Ausfließverhalten der Titanlegierung im Vergleich zu Reintitan gezeigt. Die Sinnhaftigkeit der Eignung dieser Titanlegierung für die Gusstechnik muss deshalb verneint werden. Die erwähnte Legierung ist jedoch an sich keine Gusslegierung, sondern wurde als Schmiedelegerung für die Orthopädie entwickelt. Eine Alternative für höhere Festigkeitsanforderungen bietet sich zudem auch im Reintitanbereich durch Verwendung von Reintitan Grad 4 (z.B. rematitan® M) mit einer Dehngrenze von 600 MPa.

Einbettmassen

Üblicherweise im Dentallabor eingesetzte Einbettmassen, wie beispielsweise gips- oder phosphatgebundene Quarzeinbettmassen, können wegen der hohen Reaktivität des flüssigen Titans mit diesen Formstoffen nicht für den Titanguss verwendet werden. Es müssen vielmehr spezielle, auf den Titanguss abgestimmte Einbettmassen zur Anwendung gelangen.

Derartige Einbettmassen stehen heute in hoher Qualität zur Verfügung. Sie decken den ganzen Indikationsbereich von Titan ab (Abb. 5).

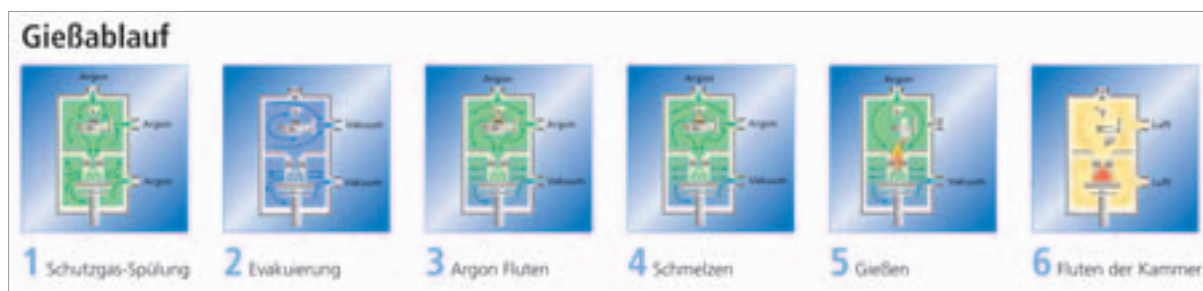


Abb. 3: Schmelz- und Gießprozess einer dentalen Titan-Gießanlage (schematisch)



Abb. 4: Universalgießanlage autocast universal® 230 für alle Dentallegierungen und Titan, Dentaorium.

Die Bildung der so genannten alpha-case, einer als extrem spröde und hart bekannten Randschicht auf der Oberfläche von Titangüssen, kann durch Verwendung dieser speziellen Einbettmassen nahezu vollständig vermieden werden (Abb. 6).

Bei der Spezialeinbettmasse rematitan® plus wird die Expansion für das Gießen von Kronen und Brücken über die Konzentration der Anmischflüssigkeit gesteuert. Für Modellgussarbeiten wird eine weitere Anmischflüssigkeit zur Erzielung präzise passender Gussteile verwendet. Bei der Titaneinbettmasse rematitan® ultra ist eine Kontrolle der Expansion durch Verdünnung auf Grund der unterschiedlichen, SiO₂-freien Zusammensetzung nicht möglich. Hier erfolgt die Expansionssteuerung durch Verändern der Haltezeit bei maximaler Vorwärmtemperatur und Variation dieser Temperatur selbst innerhalb bestimmter Grenzen.

Die Gießtemperatur ist für beide Einbettmassen nicht mit der maximalen Vorwärmtemperatur identisch, sondern die Muffel wird zum Guss im Vorwärmeofen bis auf eine Temperatur von 430 °C abgekühlt. Diese Temperatur ist ausreichend, um ein vollständiges

Ausfließen der Form sicherzustellen und gewährleistet zudem eine optimale Oberflächenqualität. Die Beachtung dieser Vorgehensweise führt zu exakt passenden Gussobjekten, auch bei großspannigen Brücken. Auch auf die Speedvorwärntechnik, wie sie von den phosphatgebundenen Einbettmassen her bekannt ist, muss in der Titantechnik nicht mehr verzichtet werden. Mit einer speedfähigen Einbettmasse wie Trinell sind deshalb heute auch bei Titan vergleichbare Zeiteinsparungen möglich (Abb. 7).

Der moderne Titanguss ist genau. Neue Studien haben gezeigt, dass es keine Unterschiede bezüglich der Passgenauigkeit zwischen Titanguss und dem Guss von Hochgoldlegierungen gibt.⁸

Ausarbeiten und Polieren

Beim Einsatz geeigneter Instrumente kann Titan einfach und schnell ausgearbeitet und poliert werden. Titan ist kein sehr hartes Metall, wie oft behauptet wird. Seine Vickershärte liegt nur bei etwa 200 und ist damit edelmetallspezifisch. Eine Titanlegierung wie zum Beispiel Ti6Al7Nb zeigt demgegenüber mit 340 HV 10 eine direkt mit den CoCr-Modellgusslegierungen vergleichbare Härte. Die unterschiedlichen Bearbeitungseigenschaften, die sich hieraus ergeben, sind allgemein bekannt und sollen hier nicht wiederholt werden.

Eine Reihe ausgewählter Instrumente, wie Trennscheiben, Fräser, Gummipolierer und Wolframcarbidfräser sind für eine effektive Verarbeitung des Reintitans mit positiven Ergebnissen getestet worden. Nicht unerwähnt bleiben soll ein spezielles Ausarbeitungs-Kit für Titan, das die Firma Dentaorium anbietet. Hierin enthalten sind beispielsweise Wolframcarbidfräser, die speziell für den Einsatz bei der Titanverarbeitung entwickelt wurden. Sie haben eine besondere kreuzförmige Verzahnung und werden bei niedrigen Umdrehungen bis zu 10.000 U_pM und geringem Anpressdruck verwendet. So wird der niedrigen Härte und der niedrigen Wärmeleitfähigkeit von Titan Rechnung getragen (Abb. 8).

Einbettmasse	Vorwärmen		Einsatzbereiche						
	Konventionell	Speed	Inlays	Kronen	Brücken	Verbindungselemente	Implantat-Suprastrukturen	Modellguss	Sekundärteile
rematitan® plus	+++	-	++	++	++	++	++	+++	+++
rematitan® ultra	+++	-	+++	+++	+++	+++	+++	-	+++
Trinell	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-	+++

Abb. 5: Indikationen von Dentaorium-Titaneinbettmassen.

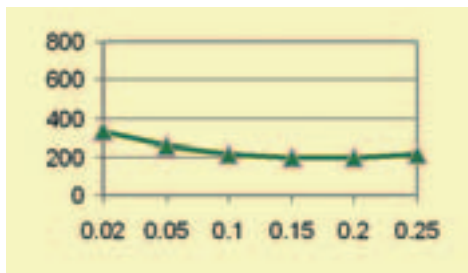


Abb. 6: Titan-Einbettmasse Trinell, Härteverlauf HV10 im Randbereich (mm).

Laserschweißen

Im Gegensatz zum Löten und Plasma-Schweißen ist es nur durch Laserschweißen möglich, wirklich biokompatible Verbindungen herzustellen. Beim Laserschweißen werden darüber hinaus nur sehr kleine Bereiche durch Hitzeeinwirkung beeinflusst, sodass die Gefahr von Deformationen weitgehend vermieden wird. Neben der hohen Biokompatibilität und der nahezu nicht vorhandenen Deformationsgefahr, gewährleistet das Laserschweißen in der Zahntechnik ein effizientes Arbeiten, beträchtliche Zeitersparnis, höchste Festigkeit sowie vermindertes Auftreten von Spannungen. Ebenso ist es möglich, nahe an Kunststoff oder Keramik zu arbeiten, ohne diese Materialien zu schädigen. Verbindungen, Erweiterungen und Reparaturen können leicht ausgeführt werden. Neue kompakte Laserschweißgeräte (Abb. 9) sind auch preislich attraktiv. Gegenüber WIG-Schweißgeräten, die als Laserschweißalternative angepriesen werden, bringen sie das Potenzial zur Lösung wirklich aller anfallenden Fügearbeiten mit sich. Ähnlich wie beim Gießprozess muss auch beim Laser-

schweißen von Titan der Zutritt von Luft-sauerstoff vermieden werden. Da aber nur sehr kleine Bereiche durch den Laserstrahl aufgeschmolzen werden, genügt es, wenn das Argonschutzgas mit einer Düse lokal der Schweißstelle zugeführt wird. Eine optimale Justierung der Argondüse ist dadurch möglich, dass Schweißpunkte auf einer Titantestscheibe auf eine Verfärbung geprüft werden (Abb. 10).

Auch ohne Gießen ist es möglich, eine Stegkonstruktion mit passivem Sitz nur mittels Laserschweißen aus vorgefertigten Titan-teilen herzustellen.⁹

Vor dem Laserschweißen müssen die zu fügenden Teile so präpariert werden, dass sie stumpf aneinander stoßen. Eine Reflexion des Laserstrahles wird durch Sandstrahlen der Titanoberfläche vermieden. Die Teile werden zunächst mit zwei Laserschweißpunkten fixiert. Die Laserschweißnaht wird durch Überlappen der Schweißpunkte zu etwa 70 % aufgebaut. So wird eine gleichmäßige Schweißung erzeugt. Darüber hinaus ist es möglich, Material mittels Titanlaserschweißdraht aufzutragen.

Die keramische Verblendung

Der Werkstoff Reintitan stellt im Konzert der Dentallegierungen einen besonderen Fall dar. Die thermische Ausdehnung ist deutlich niedriger ($9,6 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$ RT-500 °C) als die anderer edelmetallfreier oder edelmetallhaltiger Dentallegierungen und unter dem Einfluss von hohen Temperaturen verändert sich die Struktur. Hinzu kommt, dass oberhalb von 800°C die latent vorhandene Oxidationsneigung des Titans überproportional stark zunimmt. Diesen besonderen

Literatur

- [1] DIN EN ISO 16744, Zahnheilkunde-Nichtedelmetall-Werkstoffe für festsitzenden Zahnersatz (ISO 16744:2003), DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 05/2004.
- [2] ISO 1562, Dental-Goldgusslegierungen, ISO, Genf, 05/2004.
- [3] ISO CD 22766, Entwurf, ISO TC 106, SC 2, Dentistry.
- [4] Walter, M., Titanium in Restorative Dentistry, 4th International Symposium on Titanium in Dentistry, September 2-4, 1998, Geneva, Switzerland.
- [5] Päßler K., Die Weiterentwicklung des rematitan-Systems, Quintessenz Zahntechnik 21, S. 649-661 (1995).
- [6] Lenz, E., Titan als prothetischer Werkstoff, ZMK 6, 1999, S. 350.
- [7] Metalle im Mund, Patienteninformation der DGZMK, DGZMK.de, September 1999, S. 11-12.
- [8] W. WAGENER, K.W. BOENING, M.H. Walter, In vivo fitting accuracy of titanium and high gold crowns, IADR/AADR/CADR 80th General Session; San Diego, CA, March 2002.
- [9] Lindigkeit, J., Zur Anwendung von Titan für implantatgetragene Suprastrukturen, Verarbeitung im zahntechnischen Labor (2), DZW Zahn-technik 11/2002, S. 18-23.
- [10] Kappert H.F., ZWR, 2001: 134-139.
- [11] Bader R.-D., Aschl I., Rammelberg P., Pospiech P., IADR Abstract 1021, Washington, 2000.
- [12] Scarscia A., Quaranta M., Testarella D., Di Carlo D. IADR Abstract 425, Rom, 2002.

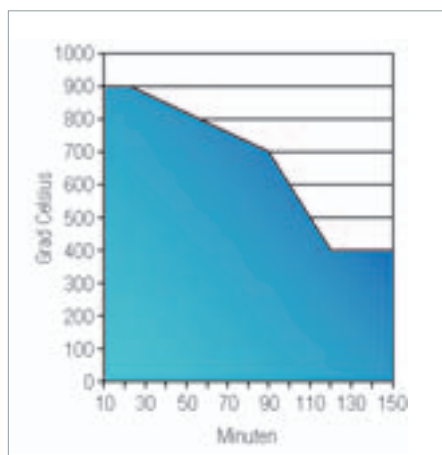
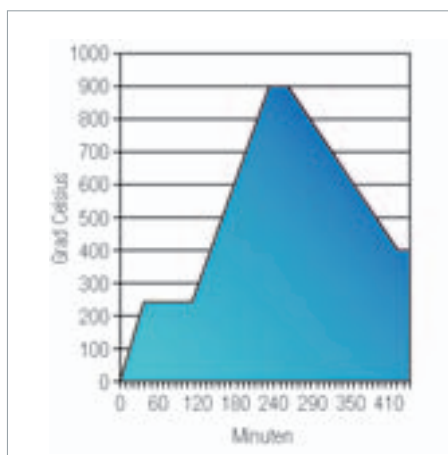


Abb. 7: Vergleich Zeitaufwand bis zum Gießen, Titaneinbettmasse Trinell, konventionelle und Speed-Vorwärmung (Zeitbedarf in Minuten).



Abb. 8: Titan-Ausarbeitungsset, Dentaaurum.



Abb. 9: Labor-Laserschweißgerät Desktop Compact, Dentaaurum.

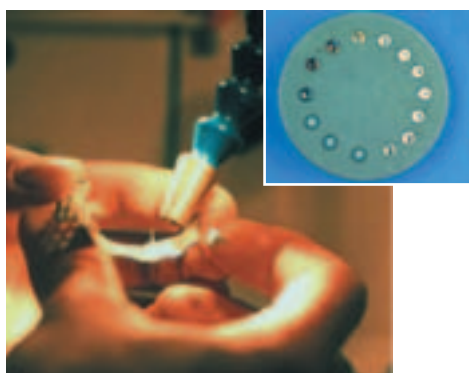


Abb. 10: Justierung der Schutzgasdüse, optische Kontrolle.

Umständen muss eine Spezialkeramik zur Verblendung von Titan Rechnung tragen:

- Angepasste thermische Dehnung (Triceram®: $9,3 - 8,6 \cdot 10^{-6} \cdot K^{-1}$ RT-400 °C)
- Brenntemperaturen unterhalb 800 °C
- Spezialbonder zur Verhinderung übermäßiger Oxidation.

Diesen besonderen Anforderungen wird die Spezialkeramik Triceram® von der Dentaaurum-Tochter Esprident in besonderer Weise gerecht. In enger Zusammenarbeit der Titanspezialisten von Dentaaurum mit den Keramikspezialisten der Dentaaurum-Tochter wurde die niedrigschmelzende synthetische Glaskeramik entwickelt. Die konsequente Umsetzung werkstoffkundlicher Erkenntnisse und spezielle Produktionsmethoden garantieren gleichbleibende stabile Werkstoffeigenschaften.

kontakt:

Dentaaurum

J. P. Winkelstroeter KG
 Turnstr. 31
 75228 Ispringen
 Germany
 Tel.: 0 72 31/8 03-5 12
 Fax: 0 72 31/8 03-1 95
 E-Mail: birgit.lehnis@dentaaurum.de
 www.dentaaurum.com

Eigenschaft	Normvorgabe (EN ISO 6872, EN ISO 9693)	Triceram®
Biegefestigkeit	Mind. 50 MPa	115 MPa (Dentin, Schneide)
Chemische Löslichkeit	Max. 100 µm/cm ²	25 µm/cm ²
Haftverbund	Mind. 25 MPa	>40 MPa

Abb. 11: Normanforderungen und Eigenschaften von Triceram®, Esprident.

Die Werkstoffeigenschaften von Triceram® stehen nicht im Geringsten hinter bewährten Metallkeramikmassen zurück. Die Keramikmasse erfüllt nicht nur die gleichen Standards (EN ISO 6872 und EN ISO 9693), sondern übertrifft zahlreiche geforderte Grenzwerte deutlich (Abb. 11). Die Prüfung der Werkstückeigenschaften an mit Triceram® keramisch verblendeten Titankronen zeigt deutlich die Leistungsfähigkeit dieser Art Prothetik.¹⁰ Biologische Prüfungen (ISO 10993-5) zeigen, dass Triceram® der ideale Partner für Gerüste aus biokompatiblen Titan ist.

Die Gerüstgestaltung für keramisch verblendeten Zahnersatz aus Reintitan folgt den gleichen Regeln wie bei edelmetallhaltigen Legierungen:

- 0,3 mm Gerüstwandstärke
- anatomisch verkleinerte Gerüstform
- keine scharfen Übergänge
- gleichmäßiger Platz für die Verblendung
- max. 2 mm Keramiksichtdicke.



Abb. 12: Blasenfreie Grenzfläche Titan-Triceram® mit Pastenbonder.

Vor der keramischen Verblendung muss das Gerüst gegebenenfalls mit einem kreuz-verzahnten Hartmetallfräser vollständig von der harten α -case befreit werden und anschließend mit Aluminiumoxid (125–250 μm) bei einem Druck von 2–3 bar abgestrahlt werden.

Zunächst wird ein Spezialbonder aufgetragen und gebrannt, um das Gerüst für die keramischen Brände vorzubereiten. Dieser Bonder versiegelt das Gerüst gegen weiteren Sauerstoffzutritt, sodass keine dicken und schwachen Oxidschichten entstehen können und benetzt die bei dem Abstrahlen geschaffenen Retentionen vollständig. Der Bonderauftrag sollte gleichmäßig in geringer Schichtstärke erfolgen. Um dunkle Ränder im Zervikalbereich zu vermeiden, ist der Triceram® Bonder weißlich eingefärbt. Die Benutzung von Pulver- oder Pastenbonder hängt von individuellen Präferenzen des Zahntechnikers ab. Der Pastenbonder sichert den gleichen ausgezeichneten Haftverbund wie der langjährig bewährte Pulverbonder.^{11, 12} Die Grenzfläche Titan-Keramik ist beim Triceram® Pastenbonder völlig blasenfrei (Abb. 12). Die Verblendung wird nun durch den Auftrag von Opaker, Dentin- und Schneidemassen und mit unterschiedlichen Modifiziermassen vervollständigt. Das Keramik-Set umfasst alle dazu notwendigen Massen. Die Brenntemperatur liegt für alle Massen unter der kritischen Temperatur für die ($\alpha \rightarrow \beta$)-Strukturumwandlung und unterhalb der Temperatur, bei der die Sauerstoffaufnahme des Titan stark ansteigt.

Die zahntechnische Verarbeitung der Triceram® Spezialkeramik ist eigentlich problemlos, erfordert aber bei wenigen Verarbeitungsschritten besondere Umsicht: während der Ausarbeitung mit rotierenden Werkzeugen und der Reinigung der Verblendung (z.B. durch Dampfstrahler) sollte man lokale Überhitzungen vermeiden. Die geringe Wärmeleitfähigkeit des Titans lässt eine Wärmeabfuhr wie bei Edelmetallen nicht zu und durch die lokale Überhitzung kann es zu Sprüngen in der Keramik kommen.

Titan – das Beste für prothetische Arbeiten

Aus zahnärztlicher und wissenschaftlicher Sicht ist Titan für prothetische Arbeiten das am besten geeignete Material. Es ist aber die Aufgabe des zahntechnischen Labors, diese Arbeiten technisch umzusetzen. Eine gut angepasste und sichere Titangusstechnik und die Verwendung der Laserschweißtechnik ermöglichen es dem Zahntechniker, diese Aufgabe zu erfüllen und präzise kostengünstige Restaurationen aus Titan herzustellen, die durch die keramische Verblendung mit einer hochwertigen Spezialkeramik auch hohen ästhetischen Ansprüchen genügen. ◀



**Brillante Ideen.
Trendbestimmende
Innovationen.**

Von den Erfindern der internen Implantatverbindung.

Zimmer Dental, der weltweite Marktführer und Pionier der internen Implantatverbindung mit Friction-Fit Technologie.

- Endlich passgenaue Arbeiten. Keine Mikroverdrehung beim Umsetzen des Abutments vom Modell in den Mund durch die 0° Rotation des Friction-Fit
- Freiheiten in der Gestaltung des Emergence Profile durch die Auswahl der unterschiedlichen Abutment-Profile
- Bakteriendichte Aufbauverbindung – dadurch keine Gingivarezessionen.



Sind Sie an einer kostenlosen CD-ROM unseres Prothetik-Handbuches interessiert? Rufen Sie uns an!
Kostenlose Hotline: 06400 233 22 31



Zimmer Dental GmbH
Merkhäuser Straße 112
D-79100 Freiburg
www.zimmerdental.de