

ZTM Andreas Hoffmann berichtet über das Schweißen zahntechnischer Arbeiten in Laserqualität:

Der „Phaser“ setzt neue Impulse in der Fügetechnik

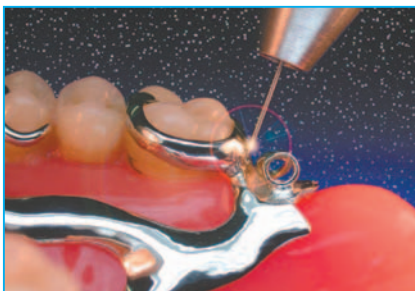
Der Wunsch nach sauberen und sicheren Fügetechniken im zahntechnischen Bereich ist mit dem Einsatz des Lasers erfüllt worden. Nun gibt es eine weitere Entwicklung: das Micro-Lichtbogen-Impulsschweißgerät *primotec phaser mx 1*, das einem breiten Anwenderkreis den Einstieg in das zahntechnische Schweißen ermöglichen soll.

Die bekannten Nachteile der Lötverfahren müssen nicht mehr akzeptiert werden müssen. Eine der großen Errungenschaften der Zahntechnik in den vergangenen Jahren ist die Schweißtechnologie. Bei den heute geforderten hohen Standards ist der Verzicht auf Lötungen eine zu begrüßende Entwicklung in der Zahntechnik. Das Interesse der Patienten an der Zusammensetzung der verwendeten Materialien und ihrer

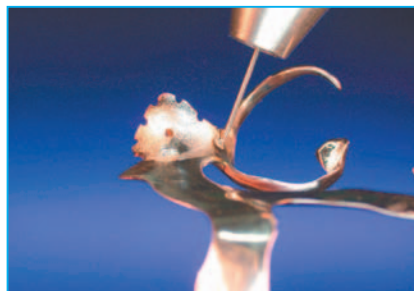
Wirkungen auf den menschlichen Organismus wird immer größer. Zunehmend werden wir dem Wunsch nach besseren und damit hochwertigeren, biokompatiblen Lösungen entsprechen müssen. Hochwertigere Zahntechnik darf hier nicht mit komplizierter Zahntechnik verwechselt werden; gemeint ist vielmehr der Einsatz von modernstem medizinisch-wissenschaftlichen Know-how und einer mit neuester Tech-

nologie und technischen Lösungen verbundenen Zahntechnik, bei der Bewährtes und Erprobtes als Grundlage in die Tätigkeit mit einbezogen wird.

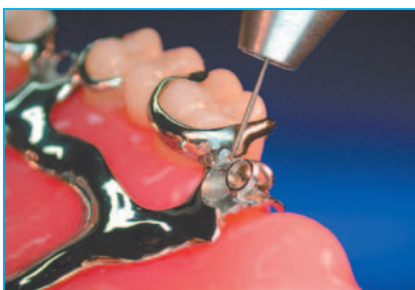
Die Richtlinien des Medizinproduktegesetzes mit einer dementsprechenden Dokumentation unserer Arbeitsverfahren verlangen unserer Leistung noch mehr ab. Deshalb ist der Einsatz modernster Techniken als Ansporn zu sehen, diese zeitnah in den betrieblichen Ablauf zu integrieren und nicht erst zu handeln, wenn man dazu verpflichtet ist. In einer Zeit, in der zunehmend der Wettbewerb die zahntechnischen Leistungen prägt, können nur Qualität und die Herstellung biologisch unbedenklicher Versorgungen ihren Preis und ihre Marktberechtigung sicherstellen.



Bei einem schaukelnden Modellguss wurde die Klammer an Zahn 26 vollständig vom Modellguss abgetrennt, um den Schaukler zu beseitigen. Die Fixierung erfolgt durch einen Schweißpunkt mit dem phaser. Nach Kontrolle der korrekten Passung auf dem Modell kann dieser Modellguss vom Modell abgehoben werden.



Die Schnittstelle wird Punkt in Punkt mit einer phaser-Naht zusammenschweißt und somit der Modellguss im aufsteigenden Bereich der Klammer wieder gefügt.



Eine kontinuierliche Schweißbraupe entsteht. Diese fügt die beiden Metallteile wieder zusammen.



Wird der Spalt auf dem Modell in der getrennten Situation zu groß, so wird unter Zugabe von artgleichem Material dieser Spalt beim Schweißen aufgefüllt. So kann auch modellierend Material aufgebaut werden.

Allen in der Zahntechnik angewendeten Fügetechniken geht eine gemeinsame Anforderung voraus: Eine ausreichend stabile Verbindungstechnologie muss in der Lage sein, die auf sie wirkenden Kräfte schadlos zu überstehen. Andernfalls sollte sie nicht in diesen Belastungszonen liegen.

Mitentscheidend für eine stabile metallische Fügung ist die Art der Metalle oder Legierungen. Für den zahnmedizinischen und zahntechnischen Sektor werden allein in Deutschland mehr als 1.500 Legierungen mit den unterschiedlichsten Indikationen und Zusammensetzungen angeboten. Dentallegierungen werden nach ihrem Basismetall, dem höchsten Gewichts- oder Masseprozent des Elements in der Legierung, eingeteilt. Als Hauptgruppen werden Edelmetall- von edelmetallfreien Legierungen unterschieden.

Zu den edelmetallfreien Legierungen zählen die Legierungen auf Eisenbasis, wie Eisenkohlenstoff-Legierungen (Edelstahl), Eisenchrom-Legierungen (Edelstahl), außerdem die Nickelbasis-Legierungen, die Kobaltbasis-Legierungen, Titan und Titan-Legierungen.

Die Edelmetall-Legierungen werden eingeteilt nach:

Silberbasis-Legierungen in

- Silber-Zinn-Legierungen
- Silber-Palladium-Legierungen
- Silber-Palladium-Indium-Legierungen

Palladiumbasis-Legierungen in

- Palladium-Silber-Legierungen
- Palladium-Kupfer-Legierungen

Gold-Legierungen in

- Gold-Legierungen mit reduziertem Goldanteil
- Gold-Legierungen mit hohem Goldanteil
- Feingold (für die Galvanotechnik)

Bei der Herstellung von Edelmetall-Legierungen werden bis zu zehn unterschiedliche Metalle je Legierung verwendet. Als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Edelmetall-Legierungen dienen Gold, Palladium, Silber und andere, sowie seltener auch unedle Metalle wie Indium, Zink, Zinn oder Kupfer.

Als Voraussetzung für die Legierbarkeit von Metallen gilt:

- die Metalle sollten physikalisch ähnlich sein und gleiche Atomgitter bilden,
- so sollten die Atomradien nicht viel (12 bis 15 Prozent) voneinander abweichen,
- die chemische Affinität der Metalle zueinander darf nicht zu groß sein, damit sich keine intermetallischen Phasen bilden.
- Im Periodensystem sollten die Metalle in direkter Nähe zu den Edelmetallen stehen.

Die wichtigsten Metalle in der Zahntechnik sind:

- **Gold.** Der Schmelzpunkt liegt bei 1.063 Grad Celsius, das spezifische Gewicht bei 19,3 g/cm³. Die goldgelbe Farbe ist typisch für dieses Metall. Es schützt als Edelmetall vor Korrosion und erhöht die Dichte. Gold trägt zur Dehnbarkeit und leichteren Verarbeitung in Legierungen bei.
- **Silber.** Die Schmelztemperatur liegt bei 961,93 Grad Celsius, das spezifische Gewicht bei 10,5 g/cm³. Die Farbe ist hellweiß, daher wird es auch zur Farbbestimmung in Legierungen verwendet. Es ist nicht mundbeständig. Silber erhöht den Wärmeausdehnungsquotienten und senkt die Liquidustemperatur. In der Legierung werden die Härte und das Fließverhalten verbessert.
- **Palladium** ist ein Metall der Platingruppe. Es hat eine Schmelztemperatur von 1.550 Grad Celsius, das spezifische Gewicht beträgt 11,9 g/cm³. Die Farbe ist silberweiß. Palladium ist nicht so widerstandsfähig wie Gold und Platin, es oxidiert bei Temperaturen über 400 Grad Celsius oxidblau (stahlblau). Bei 800 Grad Celsius zerfällt diese Oxidschicht, bei Temperaturen von mehr als 500 Grad Celsius ist es empfindlich gegen Schwefel und Schwefelverbindungen. Palladium wird benötigt, weil es als Legierungsbestandteil die mechanischen Eigenschaften Warmfestigkeit und Kornverfeinerung verbessert. Das im Vergleich zu Gold und Platin nur halb so große Gewicht bietet Vorteile in der Verwendung des Metalls in Legierungen.

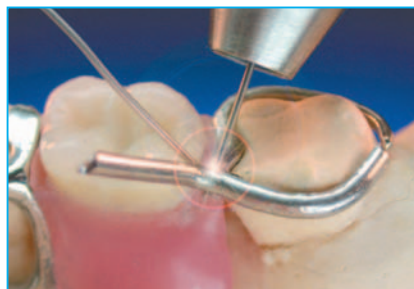
- **Gallium** zählt im Periodensystem zur Bor-Gruppe (dritte Hauptgruppe) und senkt die Liquidustemperatur deutlich ab. Das Fließvermögen wird verbessert, die Härte und Bruchdehnung erhöht. Der Schmelzpunkt liegt bei 29,8 Grad Celsius und die Dichte bei 5,91 g/cm³. Es dient in aufbrennfähigen Legierungen als Oxidbildner.
- **Indium** gehört ebenfalls zur Bor-Gruppe. Der Schmelzpunkt liegt bei 156,6 Grad Celsius, die Dichte beträgt 7,31 g/cm³. Es senkt den Schmelzpunkt und reduziert die Bruchdehnung der Legierung. Es wird ebenfalls als Oxidbildner eingesetzt, damit ein Keramikmetallverbund entsteht.
- **Ruthenium** gehört zu der Gruppe der Platinmetalle. Sein Schmelzpunkt liegt bei 2.400 Grad Celsius. Es ist ein sehr hartes, silbrig glänzendes Metall, das chemisch sehr beständig ist. In Legierungen dient es der Kornverfeinerung. Das Metall besitzt die Tendenz zur Bildung meist oktaedrischer Komplexe.

Zinn, Zink, Gallium und Indium dienen hauptsächlich zur Senkung des Schmelzpunkts von Palladium. Ohne diese Zusätze könnten herkömmliche Legierungen in einem Dentallabor nicht vergossen werden. Die Schmelztemperaturen liegen dennoch bei zirka 1.100 Grad Celsius und bilden so immer noch die nötigen Oxide für die Keramikverbundzone.

Die in der Zahntechnik üblichen Legierungen und ihre Bestandteile können hinsichtlich ihrer Wärmeleitfähigkeit geordnet werden. Legierungen mit ei- ▶



Eine abgebrochene Klammer stellt für die Schweißtechnik kein Problem dar. Im abgebrochenen Teil wird das Material zurückgeschliffen, um auf gesunde Gefüge zu kommen.



Eine gebogene Klammer aus Wiptam-Draht wird mit den ersten Kontaktpunkten verschweißt.



Unter Zugabe von artgleichem Material erfolgt das Auffüllen des Schweißspalts und damit eine modellierende Fügezone.

- ner hohen Wärmeleitfähigkeit lassen sich punktuell schwieriger aufschmelzen, da sie durch den hohen Wärmeabfluss ein hohes Schmelzpotenzial benötigen, um den Aggregatzustand von fest nach flüssig zu wechseln. Die Kombination aus jeweils vorhandener Wärmeabsorption und Reflexionsverhalten charakterisiert die jeweilige Legierung.

In der Zahntechnik können dicke und grazile Werkstücke durch konventionelles Plasmaschweißen durchaus verbunden werden. Wegen der großen Wärmeeinflusszone, die beim Plasmaschweißen Passungenauigkeiten in den Werkstücken und damit mögliche Spannungen hervorrufen kann, gewinnt die gepulste, aus Micro-Plasmablitzn steuerbare Schweißtechnik zunehmend an Bedeutung. Beim konventionellen Plasmaschweißen entsteht ein permanent stehender Plasmastrahl, der die Werkstücke dauerhaft erwärmt. Bei dem gepulsten Micro-Plasmablitz des *primotec phaser mx1* ist diese Wärmeeinflusszone nur bis zu maximal 30 Millisekunden vorhanden und ähnelt somit einem Laser.

Plasma-Technologie schmilzt jedes Metall

Führt man einem Stück Materie kontinuierlich Energie zu, so erhöht sich seine Temperatur und geht in der Regel über den flüssigen in den gasförmigen Zustand über. Setzt man die Energiezufuhr fort, so wächst die Bewegungsenergie der elementaren Bausteine mit der Temperatur bis zu einem Punkt an, bei dem die Molekül- und Atomhülle aufgebrochen wird. So entstehen negativ geladene Elektroden und positiv geladene Ionen. Dieses Gemisch aus neutralen, po-



Nach dem Abheben vom Modell ist es möglich, die Fügezone auch im Inneren der Klammer komplett zu verschweißen. Auch unter Zugabe von neuem Material erfolgt eine perfekte Passung.

sitiv und negativ geladenen Partikeln bezeichnet man als Plasma, dass auf Grund seiner hohen Temperatur elektrische Leitfähigkeit besitzt.

Plasmen lassen sich durch elektrische und magnetische Felder leicht beeinflussen und sind dadurch hervorragend steuerbar. Wegen ihres hohen Energiegehalts ermöglichen sie Arbeitsprozesse, die in anderen Materialien so nicht ablaufen könnten. Diese Eigenschaften machen das Plasma zu einem besonders leistungsstarken und überaus flexiblen Werkzeug für viele Techniken. So kennen wir das Plasmaschneiden von Blechen mit Materialstärken von 0,5 mm bis 16 cm Dicke, das Plasmaschweißen (Fügen) mit Materialwandstärken von 0,05 bis 20 mm Stärke, das Plasmabeschichten, plasmaunterstützte Hartstoffbearbeitung sowie das Plasmaätzen.

In einem Plasmabrenner wird zunächst zwischen der negativen Elektrode und der das Plasmagas zuführenden Düse eine Gleichspannung angelegt, die auch zwischen der Elektrode und dem elektrisch leitenden Werkstück anliegt. Mit



Der Überschuss wird mit einer Trennscheibe abgetrennt und die Klammer in ihre endgültige Form geschliffen.

der Erzeugung von Hochspannungsimpulsen parallel zur Gleichspannung zwischen Elektrode und Düse entsteht im Innern des Plasmabrenners ein Plasmastrahl niedriger Energie, der so genannte Hilfslichtbogen. Das Plasmagas wird dissoziiert (Moleküle werden in Atome zerlegt) und ionisiert (Elektronen verlassen die Elektrodenhülle). Es tritt als heller Lichtkegel aus der Düse aus und macht die Strecke zwischen Elektroden und Werkstück elektrisch leitfähig. Je nach verwendetem Plasmagas und zugeführter Energie werden im Plasmastrahl Temperaturen von 20.000 bis 50.000 Kelvin erreicht. Mit der thermischen Energie des Lichtbogens wird jedes bekannte Metall sofort aufgeschmolzen und teilweise verdampft.

Nebenwirkungen ausgeschlossen

Beim Herstellen und Reparieren von Kronen, Brücken oder herausnehmbarem Zahnersatz müssen kleinste Einzelteile unterschiedlichster Beschaffenheit fest miteinander verbunden werden. Werden Legierungen verschweißt, gibt es das Lot-Problem nicht. Die in der Zahntechnik verwendeten Schweißge-



Eine Geschiebestruktur wird in einen Modellguss integriert und durch das Schweißen mit dem phaser mx1 endgültig befestigt.

räte (*phaser mx1* und Laser) lassen sich individuell zum Schweißen metallischer Werkstücke einsetzen. Der Zahn-techniker arbeitet beim gepulsten Microimpulsschweißen mit dem *primotec phaser mx1* unter einem hochwertigen Stereozoommikroskop bei 3- bis 20facher Vergrößerung, die die genaue Position der Wolframelektrode zeigt. Das zu schweißende Werkstück kann so punktgenau zur Elektrode geführt werden.

Bei der Herstellung von Gerüsten für Teilprothesen kommen so genannte Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierungen zum Einsatz, die sich durch eine hohe Korrosionsfestigkeit und Stabilität auszeichnen. Gerade bei diesen Materialgruppen ist die Schweißtechnik von großer Bedeutung und dem aufwendigeren Löten mit Kobalt-Chrom- und Goldbasisloten vorzuziehen.

Allergien wirksam vorbeugen

Bei der Zahnregulierung bringt der Einsatz des gepulsten Microplasmaschweißens Vorteile für den Patienten. Gerade bei festsitzenden Apparaturen, wie sie in der Kieferorthopädie in Form von Metallbrackets und Drähten im Mund über einen langen Zeitraum getragen werden, spielen Verbindungstechnologien eine große Rolle. Sie müssen nicht nur über den gesamten Behandlungszeitraum hinweg hohen Belastungen standhalten, sondern sind im Mund dauerhaft unterschiedlichsten chemischen Angriffen ausgesetzt.

Bis vor einigen Jahren mussten Drähte aus Chrom-Kobalt und nickelhaltigen Legierungen in der Kieferorthopädie mit entsprechenden Weißgold- oder Goldloten verbunden werden. Neben den chemischen wurden auch elektrolytische Prozesse ausgelöst. Minderwertige Lotbestandteile lösten sich auf und gelangten in den Organismus. Gerade beim Einsatz kieferorthopädischer Apparaturen, die nach der Behandlung wieder entfernt werden, sind allergische Reaktionen nicht unbedingt sofort erkennbar. Doch die im Körper gespeicher-



Leichte Spaltbereiche können unter Zugabe von artgleichem Material aufgefüllt und beim Schweißen gleichzeitig von der Drahtspitze mit abgetragen werden. Die letzten Schweißpunkte fixiert eine durchgehende Schweißbraupe.

ten Informationen können zu einer Sensibilisierung führen, die sich bei einer späteren zahnmedizinischen Versorgung negativ bemerkbar machen könnte.

Neue Verbindungsmöglichkeit für Titan

Der Verarbeitung von hochwertigen Monometallen, wie beispielsweise des biokompatiblen Titans, waren in der Zahntechnik ohne den Einsatz der investitionsintensiven Lasertechnologie oder dem groben, konventionellen Plasmaschweißen deutliche Grenzen gesetzt. Titan lässt sich nicht löten, sondern ausschließlich durch Schweißen verbinden. Die Materialgruppen des Titans und seiner in der Zahnmedizin verwendeten Legierungen eignen sich bestens für das gepulste Microplasmaschweißen mit dem *primotec phaser mx1*. Heute sind viele auf dem Markt befindliche Brackets aus Titan. Die Möglichkeit, nickelfreie Drahtelemente zu verwenden und untereinander zu kombinieren, sind ein Garant für eine optimale Körperverträglichkeit.

**ZTM Andreas Hoffmann,
Gieboldehausen**