

QUINTESSENZ ZAHNTECHNIK



SONDERDRUCK

Werkstoffkundliche
Betrachtung eines
neuen keramischen
Reparaturmaterials

**Diandra Zscherlich, Elke Mitzner,
Wolf-Dieter Müller**



3

35. Jahrgang
März 2009



Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war die wissenschaftliche Bewertung der Leistungsfähigkeit des keramischen Reparaturmaterials Densio® Fee. Das Reparaturmaterial soll nicht nur einen oberflächlichen vollständigen Verschluss der Sprünge bewirken, sondern eine durchgehende Heilung und die Verbesserung der mechanischen Kennwerte der Keramik. Hierzu wurden werkstoffkundliche Parameter wie Oberflächenhärte, Biegefestigkeit und kritische Risszähigkeit herangezogen.

Indizes

Verblendkeramik,
Feldspatkeramik, Biegefestigkeit,
kritische Risszähigkeit,
Keramikreparatur, Densio® Fee

Werkstoffkundliche Betrachtung eines neuen keramischen Reparaturmaterials

Diandra Zscherlich, Elke Mitzner, Wolf-Dieter Müller

Keramische Massen werden sowohl aus ästhetischen als auch aus funktionellen Gründen zur Verblendung von metallischen Gerüststrukturen eingesetzt. Auf Grund der großen Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften ist die Herstellung eines solchen Verbundes nach wie vor mit einzelnen Problemen behaftet und birgt Risiken in sich. Trotz des Bemühens, die Entstehung von Defekten zu vermeiden, indem die einzelnen Arbeitsschritte im zahntechnischen Labor aufeinander abgestimmt und sorgfältig ausgeführt werden, kommt es zu Sprüngen und kleinen Rissen bis hin zu Abplatzungen.¹⁰ Hierbei spielen die Zusammensetzung und Eigenschaften der Legierung, die Temperaturführung im Ofen und die Abkühlgeschwindigkeit eine entscheidende Rolle. Ursache für Defekte sind auftretende Spannungen im Verblendmaterial wie auch in der Grenzfläche zwischen Keramik und Legierung.⁹ Es ist daher darauf zu achten, dass möglichst geringe Unterschiede der Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) der verschiedenen Materialien auftreten. Zahlreiche Untersuchungen^{2,12} haben gezeigt, dass auf Grund der spezifischen

Einleitung

Materialeigenschaften der Keramik, ihr WAK etwas unterhalb des WAK der Legierung liegen sollte. Mit stärkerer Erhöhung der Differenz zwischen den WAKs sowie zwischen den Elastizitätsmoduln der Materialien ist eine Zunahme der Defektentstehung zu beobachten.⁷

Defekte können zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten. So kann es durchaus sein, dass sowohl nach den einzelnen Bränden aber auch erst nach dem definitiven Befestigen des Zahnersatzes im Mund des Patienten Risse sichtbar werden bzw. Keramikbestandteile von der Oberfläche abplatzen. Werden kleinere Risse bzw. Sprünge im Labor beobachtet, besteht die Möglichkeit der extraoralen „Reparatur“. Eine gängige Methode ist das Abschleifen und Absäuern der Keramik bis auf das Grundgerüst und die anschließende erneute Beschichtung,⁸ eine sehr zeit- und materialaufwändige Methode. Als ökonomischere Methoden können das erneute Tempern und das wiederholte Brennen mit Glaze-Masse in Betracht gezogen werden. Durch thermische Behandlung lassen sich Mikrorisse verkürzen und Risspitzen abstumpfen, wie Denry et al.³ am Beispiel von maschinenbearbeitbarer Dentalkeramik zeigen konnten. Jedoch wurde hierdurch keine Erhöhung der Biegefestigkeit erzielt. Das Phänomen der ausbleibenden Verbesserung der mechanischen Festigkeit durch Ausbildung einer Selbstglanzschicht durch Tempern nach dem Schleifen beschreiben mehrere Autoren^{4,5,6} für Feldspatkeramiken. Allerdings beobachteten Giordano et al.⁵ bei Verwendung einer Glaze-Masse auch eine Erhöhung der Biegefestigkeit.

Fraglich ist jedoch, ob es mit diesen Reparaturansätzen zu einer ausreichenden Beseitigung der Defekte kommt und eine Schwächung des Werkstückes ausgeschlossen werden kann.

Die Entwicklung des Reparaturmaterials der Firma Denseo[®], Aschaffenburg, soll nicht nur einen oberflächlichen vollständigen Verschluss der Sprünge bewirken, sondern eine durchgehende Heilung und die Verbesserung der mechanischen Kennwerte der Keramik.

Problemstellung Anliegen dieser Arbeit war es, anhand von werkstoffkundlichen Parametern, wie der Oberflächenhärte, der Biegefestigkeit und der kritischen Risszähigkeit, die Funktion, Wirkung und Leistungsfähigkeit des keramischen Reparaturmaterials Denseo[®] Fee zu untersuchen. Dazu wurden drei Verblendkeramiken unterschiedlicher Hersteller charakterisiert und die Ergebnisse mit denen nach Behandlung mit Denseo[®] Fee verglichen.

Methodik Probenpräparation und Versuchsablauf

Für die Untersuchungen wurden die Verblendkeramiken VM13 (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen), Reflex[®] (Wieland, Pforzheim) und Duceram[®] Kiss (DeguDent, Hanau) ausgewählt. Aus diesen Materialien wurden rechteckige Probekörper mit den Maßen 15 x 10 x 2 mm hergestellt. Dafür standen Formen aus Teflon mit einer Höhe von 1 mm und aus Messing mit einer Höhe von 2 mm zur Verfügung. Zunächst wurde mit Hilfe der Teflon-Form, die auf einer Platinfolie fixiert wurde, eine Schicht aus Dentinmasse gefertigt. Nach Antrocknung der Masse wurde die Form gewechselt und eine weitere Schicht, bestehend aus Schmelzmasse, aufgetragen. So entstanden Probekörper, bestehend aus zwei Schichten und einer Gesamtdicke von 2 mm.

Das Brennen der Prüfkörper erfolgte im Ofen Vita VACUMAT 250 entsprechend der Vorgaben der Hersteller bei Temperaturen im Bereich von 880 bis 920 °C. Nach dem Brand wurden die Kanten sowie die Oberseite der Probekörper nacheinander mit Schleif-

Abb. 1 (gegenüberliegende Seite)
Die Dreipunkt-Biegeanordnung.



papier der Körnungen P120/P320/P1000 feucht geschliffen. Daran schloss sich der Glanzbrand an. Auf Grund der Schrumpfung betrug die Dimension der für die Untersuchungen zur Verfügung stehenden Probekörper 12,5 x 8 x 2 mm.

Um die Wirkung von Densio® Fee bewerten zu können, wurden die durch den Biegebruch erhaltenen Teile der Keramikprüfkörper unter Zuhilfenahme des keramischen Schlickers gefügt. Zunächst wurden die Risskanten bestrichen und der Probekörper zusammengesetzt. Anschließend wurde Densio® Fee auf die geschliffene Oberfläche aufgetragen, woran sich ein erneuter Brand der Probekörper bei 880 °C anschloss. Die Schichtdicke der Reparaturkeramik betrug 75 bis 100 µm.

Nach erfolgter Heilung der Brüche wurden die gleichen Untersuchungen wie an den ursprünglich, unversehrten Probekörpern aus den drei Verblendkeramiken durchgeführt.

Der Verlauf der Probenbehandlung wurde durch Aufnahmen mit einer Digitalkamera dokumentiert.

Durchführung der Untersuchungen

Vor allen Untersuchungen wurden die Probekörper für 24 Stunden bei 37 °C in Wasser gelagert.

Die Bestimmung der Biegefestigkeit erfolgte unter Anwendung einer Dreipunkt-Biegeanordnung (s. Abb. 1) mit der Universalprüfmaschine Z010 (Zwick GmbH, Ulm) bei einer Prüfgeschwindigkeit von 0,5 mm/min. Die Berechnung der Werte erfolgte nach den in Abbildung 2 dargestellten Gleichungen. Die Probenzahl lag bei 31 für die Vita-Keramik und bei 6 für die beiden anderen Keramiken, wobei mit fünf Prüfkörpern je Serie ein Minimum an statistisch auswertbaren Daten erhalten wird.

Die Vickers-Härte wurde mit dem Klein-Härteprüfer Durimet (Leitz GmbH, Wetzlar) ermittelt. Pro Probe wurden drei Eindrücke mit einem Prüfgewicht von 500 g angefertigt. Es wurden 24 Prüfkörper aus Vita VM13 und jeweils 5 aus den beiden anderen Keramiken untersucht. Die Vermessung der Eindrücke erfolgte mit der Bildauswertungs-Software Image P2 (H&K, Berlin).

Der aus der Biegefestigkeit (δb) berechnete Elastizitätsmodul ($E = \delta b \times 1000/\text{MPa}$) und die im Indenterversuch ermittelte Härte sowie die gemessenen Risslängen bilden die Basis für die Berechnung (Gleichung 2 in Abb. 3) des kritischen Spannungsintensitätsfaktors K_{1c} in Anlehnung an Anstis¹, modifiziert nach Müller et al.¹¹ Der K_{1c} -Wert, auch

$$\sigma_b = \frac{M_b^{\max}}{W} = M_b^{\max} = \frac{F * l}{4} \quad W = \frac{b * h^2}{6}$$

σ_b	Biegefestigkeit / MPa
M_b^{\max}	Biegemoment / Nmm
W	Widerstandsmoment / mm ³
F	Kraft beim Bruch / N
l	Auflage, hier 9,3 mm
b	Seitenlänge / mm
h	Höhe / mm

Abb. 2 Gleichung zur Berechnung der Biegefestigkeit.

$$K_{1c} = 0,032 H \sqrt{a} \left(\frac{E}{H} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{c}{a} \right)^{-\frac{3}{2}}$$

K_{1c}	Kritischer Spannungsintensitätsfaktor [MPa m ^{1/2}]
H	Härte [MPa]
E	Elastizitätsmodul [MPa]
a	½ Diagonale des Eindrucks des Vickers-Diamanten [µm]
c	Risslänge [µm]

Abb. 3 Gleichung zur Berechnung des kritischen Spannungsintensitätsfaktors.



kritische Risszähigkeit genannt, macht Aussagen über die Fähigkeit eines Werkstoffes, der Verlängerung eines Risses zu widerstehen.

Für die Beurteilung der Risse vor und nach der Behandlung mit Densseo® Fee wurden diese mit einem Rasterelektronenmikroskop MaXim 2040S (Cam Scan Electron Optics Ltd, Cambridge, England) im reduzierten Vakuum mit Hilfe des Rückstreuielektronendetektors und einer Anregungsenergie von 20 kV aufgenommen. Dazu erfolgte ein Schnitt durch die Probekörper quer zu den Nähten. Anschließend wurden die Schnittflächen geschliffen und poliert.

Ergebnisse Rissheilung verschiedener Verblendkeramiken mit Densseo® Fee

Optische Bewertung. Abbildung 4 zeigt den Versuchsablauf zur Bewertung des keramischen Reparaturmaterials Densseo® Fee. Darin ist im Bild b) erkennbar, dass in diesem, wie in den meisten Fällen, die Risse nach der Reparatur sichtbar blieben. Der Grund hierfür war, dass im Gegensatz zu Zahnkronen und -brücken hier ein vollständiger Bruch vorlag und die Reparatur durch das Zusammensetzen von Einzelteilen erfolgen musste. Daraus resultierte eine größere Spaltbreite, die sich nur bis zu einem bestimmten Grad minimieren ließ, da die Probekörper während des Brennens nicht zusammengepresst werden konnten. Auffällig war, dass in den meisten Fällen der Biegebruch der reparierten Probekörper nicht an den gleichen Stellen verlief wie der erste Bruch (Abb. 4, Bild c). Durch die Nahtstellen wurden also keine Sollbruchstellen geschaffen.

Mechanische Eigenschaften. Die Ermittlung der Biegefestigkeiten der drei untersuchten Keramiken zeigte deutliche Unterschiede, wie in Abbildung 5 zu sehen ist. Nach der Behandlung der Probekörper mit Densseo® Fee wurden diese erneut gebrochen. Es zeigte sich in allen Fällen eine Zunahme der Biegefestigkeit (Abb. 5). Im Falle der Keramik Vita VM13, die selbst die höchste Biegefestigkeit hatte, stieg diese nach der Reparatur um 33 %. Für die beiden anderen Keramiken, die über eine signifikant geringere mechanische Festigkeit verfügten, erhöhte sich der Mittelwert um jeweils ca. 70 %.

Die Vickers-Härte von Vita VM13 war etwas größer als die von Reflex® und Duceram® Kiss. Nach Anwendung des keramischen Reparaturmaterials veränderte sich die Härte von Vita VM13 nicht, während die der anderen Keramiken um etwa 10 % anstieg, wie in Abbildung 6 erkennbar ist. Nach dem Brand mit Densseo® Fee verfügten alle drei Materialien etwa über die gleiche Vickers-Härte.

Auch der kritische Spannungsintensitätsfaktor von Vita VM13 war im Vergleich mit Reflex® und Duceram® Kiss am größten. Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, stieg dieser Wert nach der Behandlung mit Densseo® Fee bei allen untersuchten Keramiken an. Die

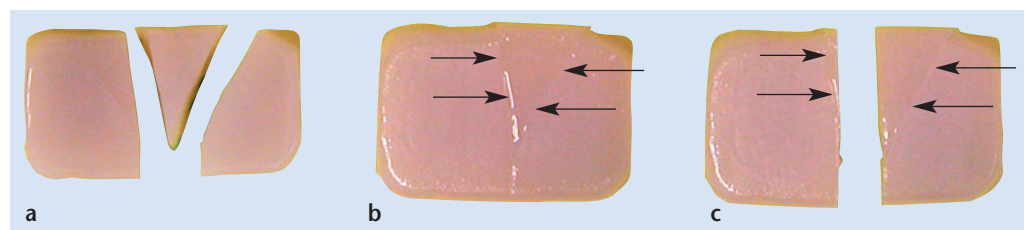


Abb. 4 Eine fotografische Darstellung des Versuchsablaufs am Beispiel eines Probekörpers aus Vita VM13. **a** Erster Biegebruch, **b** Reparatur, **c** Zweiter Biegebruch.

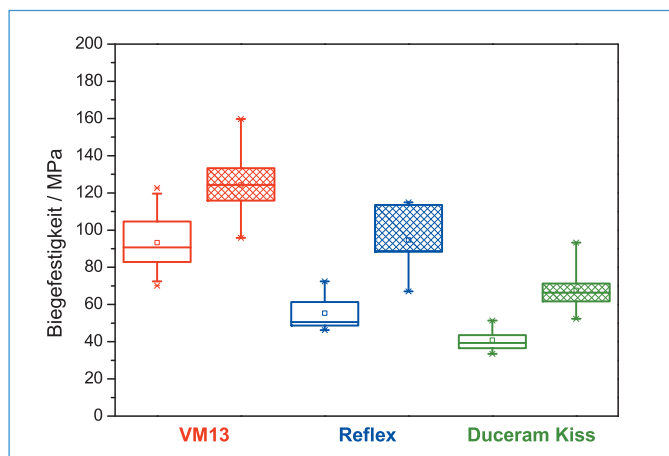


Abb. 5 Die Biegefestigkeit der Verblendkeramiken vor und nach der Reparatur mit Densio® Fee.

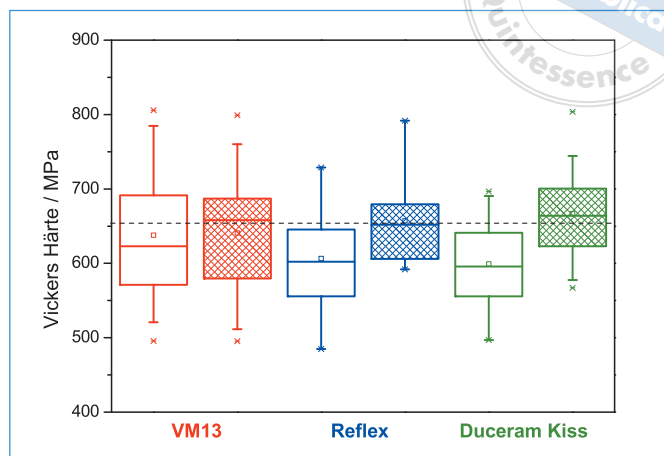


Abb. 6 Die Vickers-Härte der Verblendkeramiken vor und nach der Reparatur mit Densio® Fee.

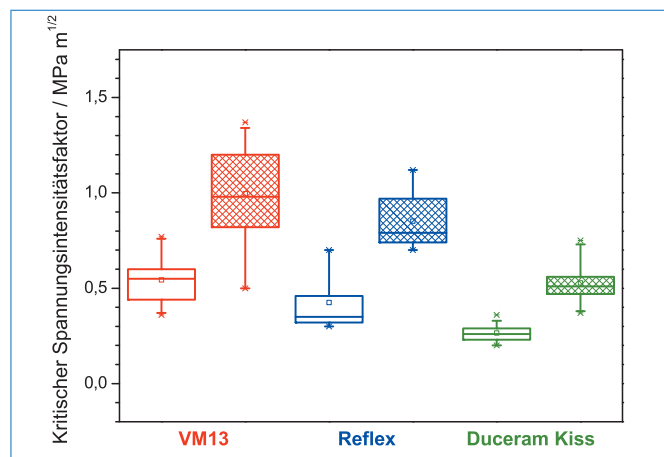


Abb. 7 Der kritische Spannungsintensitätsfaktor der Verblendkeramiken vor und nach der Reparatur mit Densio® Fee.

Fähigkeit des Materials, einer Rissausbreitung zu widerstehen, erhöhte sich um 80 bis 100 % in Abhängigkeit von der Verblendkeramik.

Untersuchung der Nähte. Zunächst zeigt Abbildung 8 eine auflichtmikroskopische Darstellung einer reparierten Probe. Es erfolgte ein Schnitt der Probe über die Längsseite, sodass die Querschliffe der Nähte mit dem REM untersucht werden konnten. In Abbildung 9 ist der geheilte Riss eines Probekörpers aus Reflex® zu sehen. Einen Ausschnitt aus einer Naht eines Vita VM13 Probekörpers mit einer höheren Vergrößerung zeigt Abbildung 10. Es ist zu erkennen, dass ein vollständiges Zusammensintern stattgefunden hat und sich die Struktur von Naht und Keramik nicht unterscheiden.

Häufig wird bei der Herstellung von Zahnersatz beim Glanzbrand eine Glasur verwendet, die der jeweilige Hersteller anbietet. Am Beispiel von Vita VM13 wurde untersucht, ob Densio® Fee die Funktion dieser Komponente übernehmen kann. Daher wurde auf die Probekörper vor dem Glanzbrand eine möglichst dünne Schicht von Vita AKZENT Glaze,

Densio® Fee als Glasur für den Glanzbrand

Abb. 8 Eine Lichtmikroskopische Aufnahme eines Vita VM13 Probekörpers (Nr. 2) nach der Reparatur mit Denseo® Fee (Vergrößerung x 6,5); blaue Linie: durchgeführter Schnitt.

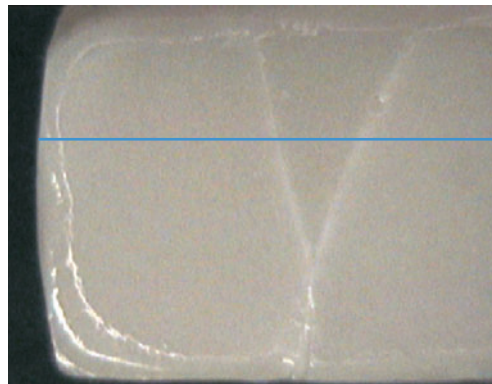


Abb. 9 Ein Querschliff der Naht eines Wieland Reflex-Prüfkörpers (Nr. 69), REM.

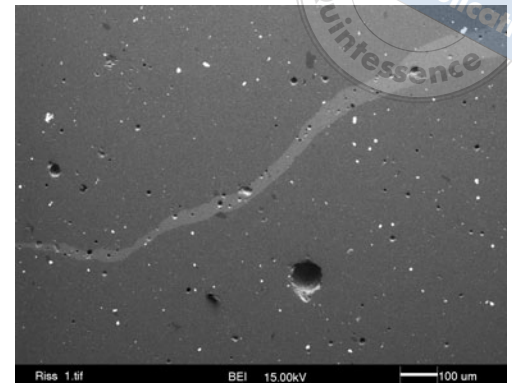


Abb. 10 Der Ausschnitt aus dem Querschliff einer Naht eines Vita VM13-Prüfkörpers (Nr. 2), REM; a Übersicht, b Detail.

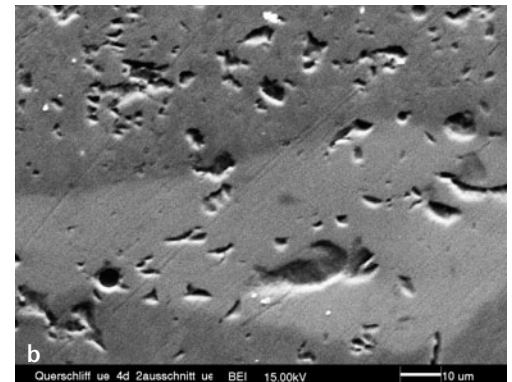
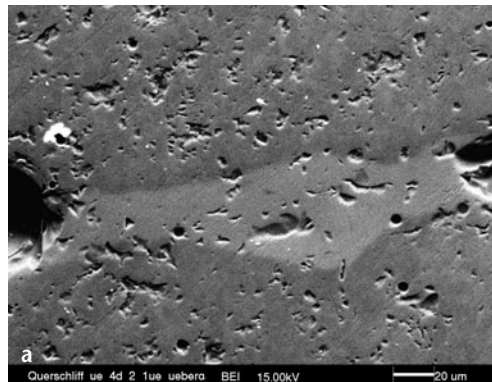
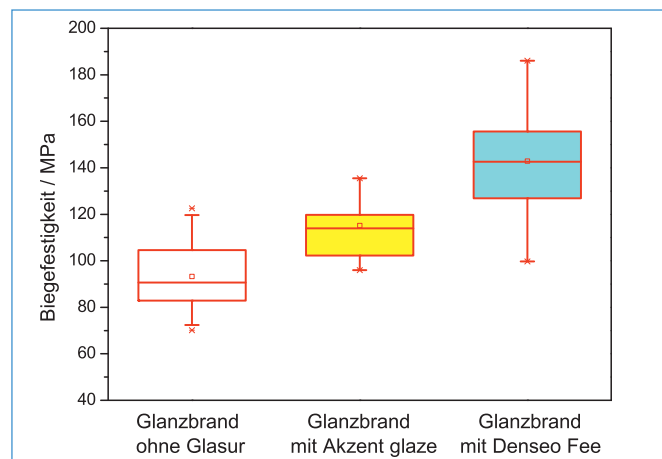


Abb. 11 Die Biegefestigkeit von Vita VM13 nach dem Glanzbrand mit und ohne Glasur.



Vita Zahnfabrik, bzw. von Denseo® Fee aufgetragen. Der Glanzbrand erfolgte bei 890 °C bzw. 880 °C. In beiden Fällen wurde ein guter optischer Eindruck der Oberflächen erzielt.

Die Biegefestigkeit der Probekörper wurde durch die Verwendung von Glasur beim Glanzbrand erhöht. Die Mittelwerte stiegen bei Verwendung von Vita AKZENT Glaze um 24 % und bei Verwendung von Denseo® Fee um 54 % an (Abb. 11). Wie erwartet, nahm die Vickers-Härte der Probekörper nur leicht zu. Sie stieg für beide Finishings um etwa 10 % von 637 MPa auf ca. 700 MPa. Die Fähigkeit, der Ausbreitung von Rissen zu widerstehen, nahm bei Verwendung von Denseo® Fee deutlich zu. Der K1c-Wert verdoppelte sich von 0,54 MPa m^{1/2} auf 1,14 MPa m^{1/2}. Die kritische Risszähigkeit der Probekörper bei

Verwendung der Hersteller-Glasur für Vita VM13 konnte auf Grund zu wenig auswertbarer Risse nicht ermittelt werden.

Das optische Ergebnis beim „Fügen“ von keramischen Bruchteilen mit Densio® Fee ist zwar nicht optimal, dieses Problem stellt sich jedoch beim Reparieren von Rissen in Brücken oder Kronen nicht, da hier eine deutlich geringere Spaltbreite vorliegt. In Abbildung 12 ist die Heilung eines spontanen Risses bei einem Metall-Keramik-Verbund am Beispiel der Verblendkeramik Vita VM13 dargestellt. Der feine Riss ist nach dem Brand mit Densio® Fee sowohl mit dem Auge als auch lichtmikroskopisch nicht mehr wahrnehmbar. Selbst in der rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung konnte die Nahtstelle nicht gefunden werden.

Diskussion

Nachdem die gebrochenen Probekörper mit Hilfe von Densio® Fee gefügt wurden, zeigten sie eine deutlich höhere Biegefestigkeit und kritische Risszähigkeit. Das gleiche Ergebnis wurde beobachtet bei der Verwendung der Reparaturkeramik als Glasur für den Glanzbrand. Die Biegefestigkeit von Vita VM13 ist bei Verwendung von Densio® Fee signifikant höher im Vergleich zum Glanzbrand ohne Glasur und auch im Vergleich zum Auftrag von Vita AKZENT Glaze.

Denry et al.³ konnten zeigen, dass Risse, die an den Ecken des Eindrucks eines Härte-diamanten entstanden waren, durch thermische Behandlung verkürzt und die Risspitzen abgestumpft wurden. Sie beschrieben außerdem die Spaltüberbrückung durch das Tempern. Der Riss bleibt darunter jedoch bestehen, sodass nicht von einer vollständigen Heilung gesprochen werden kann. Hierfür ist ein Reparaturmaterial wie Densio® Fee notwendig, das in die Risse eindringt und beim Brennen den Defekt vollständig verschließt (Abb. 13).

Bezüglich des Einflusses der thermischen Behandlung von Dentalkeramik auf deren Biegefestigkeit stellten mehrere Autoren³⁻⁶ fest, dass diese nicht gesteigert wird. So untersuchten Griggs et al.⁶ den Einfluss des Glanzbrandes auf die Biegefestigkeit von Keramik nach provozierte Beschädigung. Dafür zogen sie Prüfkörper mit unterschiedlich tiefen Eindrücken durch einen Härte-Diamanten heran. Nur in einer von sechs Prüfgruppen wurde eine signifikante Erhöhung der Biegefestigkeit (ca. 10 %) nach dem Glanzbrand ermittelt. Daher war nicht zu erwarten, dass die thermische Behandlung einer gesprungenen Keramik zu einer deutlichen Steigerung ihrer Biegefestigkeit führt, wie sie durch Anwendung von Densio® Fee beobachtet wurde. Auf entsprechende Untersuchungen wurde daher verzichtet.

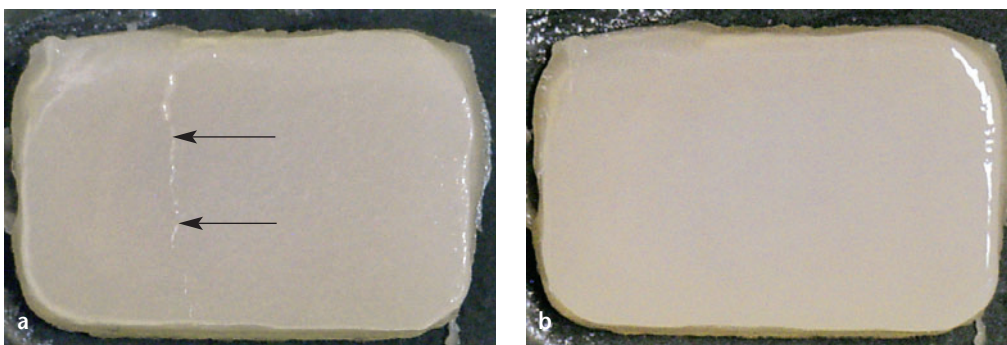


Abb. 12 Die Rissheilung am Beispiel eines Metall-Keramik-Verbundes mit Vita VM13 (Probe 63); **a** Auftreten eines spontanen Risses, **b** nach Heilung des Risses mit Densio® Fee.

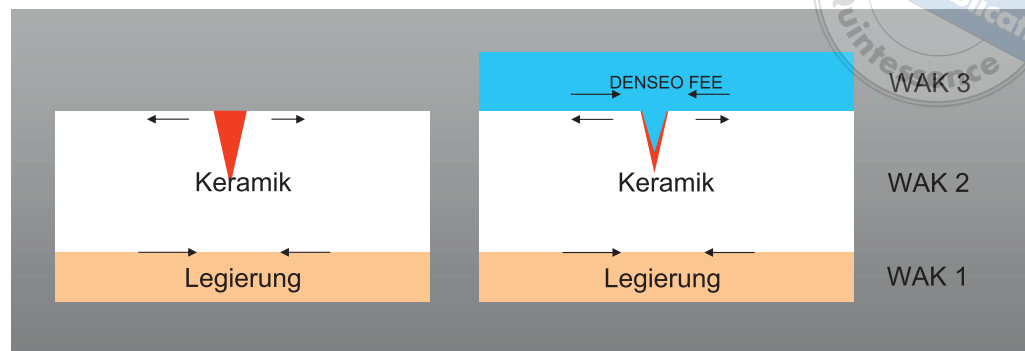


Abb. 13 Das mögliche Funktionsprinzip von Denseo® Fee.

Die Wirkung von Denseo® Fee auf die Biegefestigkeit der Verblendkeramiken kann damit erklärt werden, dass es sich hierbei um eine deutlich niedriger schmelzende Keramikmischung handeln muss. Das hat zur Folge, dass die Glasphase unter der zur Bildung der Leuzitphase notwendigen Temperatur fließt und somit interne Mikrorisse verschließt. Diese Methode wurde bereits von Griggs et al.⁶ vorgeschlagen. Dies führt letztendlich zur Verringerung von Spannungen in der Keramik und damit einhergehend zur Steigerung der Biegefestigkeit. Auch Giordano et al.⁵ stellten fest, dass das Glasieren mit einer keramischen Masse, deren WAK kleiner als der der darunter liegenden Schicht ist, zur Steigerung der Biegefestigkeit führt. Allerdings konnten sie diesen Effekt verstärkt durch Schleifen bzw. Polieren erzielen. Derartige Untersuchungen wurden hier nicht durchgeführt.

Die beobachtete Erhöhung der Biegefestigkeit von Dentalkeramiken nach Applikation von Denseo® Fee legt den Schluss nahe, dass dieses Material über einen geringeren WAK verfügt als Feldspat-Verblendkeramiken.

Schlussfolgerungen/ Ausblick

Am Beispiel von drei Verblendkeramiken konnte gezeigt werden, dass Denseo® Fee bei sintertechnisch verarbeiteten Verblendkeramiken auf SiO₂-Basis Risse nachhaltig „heilen“ kann. Darüber hinaus werden Biegefestigkeit und kritische Risszähigkeit von Dentalkeramiken durch die Applikation dieser keramischen Mischung verbessert.

Untersuchungen zum Einfluss wechselnder Umgebungsbedingungen werden weitere wichtige Informationen zur Leistungsfähigkeit des keramischen Reparaturmaterials und zur Funktionsfähigkeit von mit Denseo® Fee geheilten keramischen Verblendungen geben.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. R. J. Radlanski, Leiter der Arbeitsgruppe „Orale Strukturbiologie“ am Centrum 3 der „Charité“ Universitätsmedizin Berlin danken wir für die Möglichkeit und Unterstützung bei der Anfertigung der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen.

Literatur

1. Anstis GR, Chantikul P, Lawn BR, Marshall DB. A critical evaluation of indentation techniques for measuring of fracture toughness: I, Direct crackmeasurements. J Am Ceramic Soc 1981;64:533-538.
2. Anusavice K, DeHoff P Viscoelastic stress analysis of thermally compatible and incompatible metal-ceramic systems. Dent Mater 1998;14:237-245.
3. Denry IL, Holloway JA, Tarr LA Effect of Heat Treatment on Microcrack Healing Behavior of a Machineable Dental Ceramic. J Biomed Mat Res (Appl Biomaterials) 1999;48:791-796.
4. Fairhurst CW, Lockwood PE, Ringle RD, Thompson WO. The effect of glaze on porcelain strength. Dent Mater 1992;8:203-207.



5. Giordano R, Cima M, Pober R. Effect of surface finish on the flexural strength of feldspathic and aluminous dental ceramics. *Int J Prosthodont* 1995;8:311-319.
6. Griggs JA, Thompson JY, Anusavice KJ. Effects of Flaw Size and Auto-glaze Treatment on Porcelain Strength. *J Dent Res* 1996;75:1414-1417.
7. Haker G. Material handling problems in metal-ceramics and considerations of procedural course. *Quintessenz Zahntech* 1987;13:1033-1046.
8. Masi V. Keramische Reparaturen in einem Arbeitsgang. *Quintessenz Zahntech* 1984;10:1273-1276.
9. Marxkors R, Meiners H. Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffe. Köln/München: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2001.
10. Mc Lean J. Wissenschaft und Kunst der Dentalkeramik, Bd. 1 und 2. Berlin: Quintessenz, 1978.
11. Müller WD, Paul T, Meyer L, Schöpf C, König J, Abert C. Eine werkstoffkundliche Betrachtung zu Grünkeramik. *Quintessenz Zahntech* 2006;32:148-155.
12. Schwickerath H, Mokbel A. Über den Einfluss unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten in der Metallkeramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 1983;38:1033-1036.

ZÄ Diandra Zscherlich, Dr. Elke Mitzner, Prof. (UH) Dr. Wolf-Dieter Müller, alle: Zahnärztliche Werkstoffkunde und Biomaterialforschung, Zentrum für Zahnmedizin, „Charité“ – Universitätsmedizin Berlin, Aßmannshäuser Straße 4-6, 14197 Berlin, E-Mail: wolf-dieter.mueller@charite.de

[Adressen der Verfasser](#)

Summary

The objective of this study was to provide a scientific evaluation of the performance of the Densio[®] Fee ceramic repair material. This product claims to achieve not only a complete superficial seal of any cracks but comprehensive in-depth „healing“ accompanied by an improvement in the ceramic material's mechanical properties. For this purpose, material parameters such as surface hardness, flexural strength and critical fracture toughness were determined and evaluated.





Basiswissen Zahntechnik^{2.0}

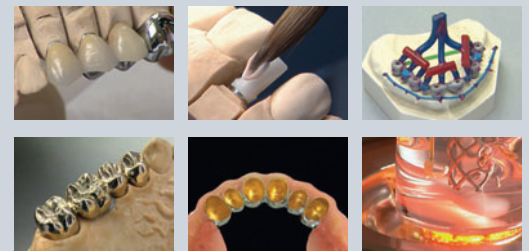
Aktuell, praxisnah und wissenschaftlich fundiert für eine anspruchsvolle und profunde Fortbildung



Die Vorteile ...

- ✓ **Fortbildung kann so spannend sein:**
8 DVDs mit insgesamt 12 Stunden praxisnaher Aus- und Fortbildung für den Zahntechniker
- ✓ **Bleiben Sie am Ball:**
Das große Themenspektrum der Zahntechnik, auch mit den neuesten Entwicklungen, wird anschaulich und leicht verständlich präsentiert
- ✓ **Praxis und Theorie:**
Das theoretische Fachwissen mit „live“-Darstellung der zahntechnischen Arbeiten in eindrucksvollen Großaufnahmen
- ✓ **Kompetenz stärken:**
Erweitern Sie Ihr Know-how im Bereich der aktuellen Entwicklungen zur Vollkeramik und Implantatprothetik
- ✓ **Werkstoffkunde verständlich gemacht:**
Umfangreiche Darstellung der relevanten zahntechnischen Materialien und Methoden
- ✓ **Basiswissen Zahntechnik:**
Das DVD Kompendium für die angenehmste Art der individuellen Fortbildung, mit Tipps und Tricks, fundiert, praxisnah und didaktisch hochwertig aufbereitet

Dieses Werk basiert auf dem Bestseller Basiswissen Zahntechnik unter der Herausgeberschaft der ZTM J. Langner, Th. Schmidt und U. Mönkmeyer



electronic publishing

Systemvoraussetzungen:
Fernseher mit DVD-Player bzw. Computer mit DVD-Laufwerk und DVD-Abspielsoftware



Bestellung

per FAX: 030-761 80 692

Ja, bitte liefern Sie mir ___ Expl. des Werkes

Basiswissen Zahntechnik^{2.0}

Ausstattung 8 DVD's in 2 Amaray-Boxen
Best.-Nr. 5804, ISBN 978-3-938947-96-8
414,12 € inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten

Name _____

Straße/Nr. _____

PLZ/Ort _____

Tel./Fax _____

E-Mail _____

Datum _____ Unterschrift _____

