

Autor
Anwender
Status
Aktuell
Kategorie
Verfahrensbeschreibung

Perlen für Passgenauigkeit

Dichtsintern von Zirkoniumdioxid-Gerüsten

ZTM Dirk Jahn

Zirkoniumdioxid gilt seit geraumer Zeit aufgrund der ausgezeichneten Eigenschaften wie Festigkeit, Biokompatibilität und der hellen, zahnähnlichen Farbe als der ideale Gerüstwerkstoff für Zahnversorgungen. Dank dieser Hochleistungskeramik lässt sich der Wunsch vieler Patienten nach ästhetischem sowie haltbarem und gleichzeitig metallfreiem Zahnersatz erfüllen.

Die Verarbeitung von Zirkoniumdioxid erfolgt in Fräsmaschinen für Computer Aided Manufacturing. Für die Bearbeitung in der Fräsanlage eignet sich sowohl angesintertes als auch bereits durchgesintertes Material. Durchgesetzt hat sich hierbei allerdings die Verwendung von angesinterten Rohlingen, die ihre endgültige Festigkeit noch nicht erreicht haben. Es war dadurch möglich, Prozess- beziehungsweise Systemoptimierungen vorzunehmen, die den Forderungen gerecht wurden, den Preis pro Fertigungseinheit zu reduzieren. Während der abschließenden Dichtsinterung reduziert sich das Volumen und die Versorgung erhält ihre endgültigen mechanischen Eigenschaften und ihre Passung. Um die Bewegung des Sinterobjektes, die durch den Volumenschwund entsteht, optimal weiterleiten zu können und Verzüge zu vermeiden, ist eine geeignete Unterlage unabdingbar.

Vorgesintert versus dichtgesintert

Bei der Herstellung von Zirkoniumdioxid-Rohlingen wird der aus dem Pulvergemisch gepresste sogenannte Grünling einer thermischen Behandlung unterhalb seiner Schmelztemperatur unterzogen. Durch diesen Vorgang entsteht ein offenporiger keramischer Formkörper, der Weißling genannt wird. Für die Verarbeitung mit Fräswerkzeugen bietet teilgesintertes Material mehrere Vorteile gegenüber

dichtgesintertem. Bei der Herstellung von dichtgesinterten Rohlingen wird die höchste Festigkeit (bis zu 1.800 MPa) durch das heißsostatische Verpressen erzielt. Dieser Wert bedeutet für die anschließende Verarbeitung in der Fräsmaschine einige Nachteile. Das Ausfräsen von Gerüsten aus dichtgesinterten Rohlingen, sogenanntem HIP-Zirkon, nimmt deutlich mehr Zeit in Anspruch, erfordert einen hohen Werkzeugverschleiß und wartungsintensivere Fertigungseinheiten. So muss z. B. bei der Verwendung durchgesinteter Rohlinge während des Fräsens mit Wasser gekühlt werden. Neben ökonomischen Nachteilen kann sich die Verarbeitung von bereits dichtgesintertem und damit sehr festem Material auch auf die Beschaffenheit auswirken. Die Theorie, dass hierbei Mikrorisse entstehen, welche die Altersbeständigkeit der Gerüste beeinträchtigen, konnte bislang nicht widerlegt werden.

Volumenschwund

Der Volumenschwund von Zirkoniumdioxid beim Sinterprozess wird während der Bearbeitung in der Fräsmaschine bereits berücksichtigt. Hierfür wird vor dem Starten des Fräsvorgangs ein entsprechender Barcode eingelesen, der mit jedem Rohling angeliefert wird. Dieser Code enthält wichtige Informationen über Materialart und Eigenschaften des Rohlings wie unter anderem auch den berechneten Sinterschrumpf. Die Vorgänge des Dichtsinterns sind sehr komplex und laufen je nach Rohlingsmaterial unterschiedlich schnell ab. Einflussfaktoren sind beispielsweise Reinheit, Korngröße und Partikeldichte des Pulvers, aus dem der Rohling gefertigt wurde sowie die Brennatmosphäre.

Sintern ist die Verdichtung von Grünkörpern unter Wärmebehandlung durch den Diffusionstransport von Atomen. Die Körner wachsen zusammen, die Porosi-

tät sinkt und fast immer findet Kornwachstum statt. Treibende Kraft dieses thermodynamischen Prozesses ist die Verringerung der Oberflächen- und Grenzflächenenergie. Durch die Auswahl der Aufheizrate, der Haltezeiten, der Endtemperatur und der Abkühlphase lässt sich das Sinterergebnis gezielt steuern.

Die geometrische und mikroskopische Veränderung des Materials während des Sinterns kann in drei Stufen eingeteilt werden: Im Anfangsstadium bilden die einzelnen Pulverpartikel an den Berührungsstellen zu ihren Nachbarn sogenannte Sinterhalse. Durch dieses Halswachstum verändert sich die Porenform, das Porenvolumen bleibt annähernd konstant. Im Zwischenstadium findet ein weiteres Wachstum der Sinterhalse statt, die Porenstruktur wird weicher. Ein starker Schrumpfvorgang setzt ein, sodass ein Großteil des Porenvolumens eliminiert wird. Das Zwischenstadium ist abgeschlossen, wenn die geschlossene Porosität erreicht ist, das heißt, wenn alle Poren voneinander isoliert und geschlossen sind. Im Endstadium entscheidet der „Wettlauf“ zwischen Verdichtung und Vergrößerung des Gefüges darüber, welche Dichte der Sinterkörper erreicht. Ob Poreneleminierung oder Kornwachstum dominieren, hängt vom vorherrschenden Diffusionsmechanismus ab. Die lineare Schrumpfung während der Sinterung beträgt je nach Dichte des zu sinternden Objektes bei isotropischen Verhältnissen zwischen 20 und 25 %. Dieser Wert entspricht einem endgültigen Volumenschwund von rund 50 %, der notwendig für das Erreichen der optimalen Enddichte ist. Die immense Veränderung im Volumen bringt eine Lageveränderung des Sinterobjektes auf der Sinterunterlage mit sich.



Brücken- und Kronengerüste aus Zirkoniumdioxid auf einer Sinterunterlage aus Granulatperlen.

Sinterunterlage

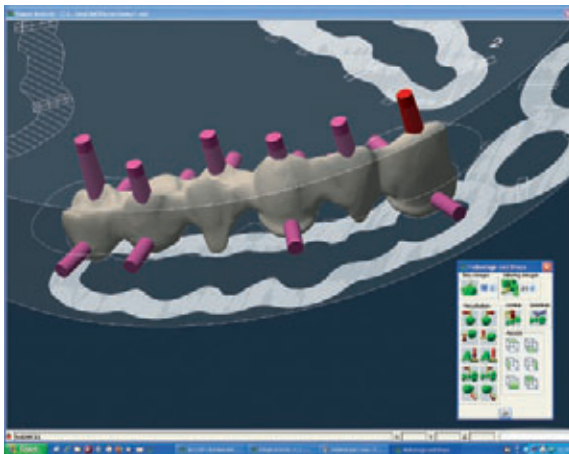
Um einen Verzug innerhalb der Versorgung, z. B. einer Brücke, durch das Sintern zu verhindern und eine genaue Passung zu gewährleisten, muss die Bewegung des Objektes während des Sinterns von der Unterlage unterstützt und mitgetragen werden. Der Grad einer möglichen Verformung hängt von den Abständen der Pfeiler, der Masse und der Anzahl der einzelnen Brückenglieder ab. Auch der Verbinderschnitt, die Abstützung der Elemente untereinander sowie die bereits beschriebenen Sinterparameter sind hierfür von entscheidender Bedeutung. Die richtige Abstützung des Sinterobjektes ist daher unerlässlich. Fehlt diese oder ist unzureichend, kann die Masse eines Objektes, besonders eines Brückengliedes oder einer großvolumigen Krone, durch Gravitation zu einer Verformung der Restauration führen. Eine ausreichende Abstützung des Objektes reduziert das Biegemoment und vermeidet den Verzug während des Sinterprozesses.

Granulat versus Scheiben

Es gibt diverse Möglichkeiten, Objekte während der Dichtsinterung zu stützen. Gängige Sinterunterlagen sind Granulatperlen und feste Sinterscheiben. Als flexiblere Auflage empfiehlt sich oftmals das Sintern auf Granulat. Hierbei muss allerdings sowohl auf eine einheitliche Größe als auch auf eine ausreichende Qualität der Perlen geachtet werden, um die Bewegung des Sinterobjektes während des Volumenschwundes optimal weitertragen zu können. Um den qualitativen Ansprüchen gerecht zu werden, sollte das Material einen hohen Reinheitswert aufzeigen. Darüber hinaus muss der Sinterprozess innerhalb der Perlen abgeschlossen sein, damit sich ihr Volumen während des Dichtsinterns nicht mehr verändern kann.

Als Alternative zur Objektstützung durch Granulat lassen sich auch 4 bis 5 mm dicke Scheiben, z. B. aus gesintertem und plangeschliffenem Aluminiumoxid, verwenden. Diese vergleichsweise teuren Unterlagen sind allerdings im Gegensatz zu Granulatperlen nur begrenzt haltbar und müssen dementsprechend oft ersetzt werden. Die Sinterung auf solchen Scheiben hat außerdem einen aufwendigen Prozess der Nachbearbeitung zur Folge. Während

bei der Wahl von Perlen als Unterlage ausschließlich die Haltestege nachträglich entfernt werden müssen, die bei der Fräsbearbeitung für eine stabile Verbindung zwischen Gerüst und Rohling sorgen, sind für den Sinterprozess auf Scheiben sogenannte Sinterdrops notwendig. Diese vertikalen Hilfsstifte werden vor dem Starten des Fräsvorgangs bei der Positionierung der Konstruktion im virtuellen Rohling festgelegt. Ihre glatte Auflagefläche ermöglicht die Bewegung des Sinterobjektes auf der Sinterunterlage. Das virtuelle Hinzufügen, das Ausfräsen und insbesondere die spätere Entfernung solcher Sinterdrops bedeuten einen zusätzlichen Zeitaufwand sowie Werkzeugverschleiß und sind somit kostenintensiv. Die zusätzliche Nachbearbeitung und die damit einhergehende Belastung des Materialgefüges des gesinterten Objektes birgt außerdem wiederum die Gefahr der Mikrorissbildung.



Sinterdrops und Haltestege werden bei der Positionierung der Konstruktion im virtuellen Rohling festgelegt.



Brückengerüst mit (vorne) und ohne (hinten) Sinterdrops.

Beim späteren Einfärben können außerdem leicht Flecken an den Stellen entstehen, an denen die Sinterdrops entfernt wurden. Unter Berücksichtigung der Faktoren Zeitaufwand, Kosten, Haltbarkeit sowie Qualität des Endproduktes bieten Granulatperlen eindeutig Vorteile gegenüber Scheiben – insofern sie eine gleichmäßige, glatte und qualitativ hochwertige Struktur aufweisen.



Brückengerüst mit Sinterdrops auf einer Sinterscheibe.

Granulatperlen

Da nach Sinterprozessen immer wieder Beeinträchtigungen im Endergebnis sowohl nach Verwendung von Granulatperlen als auch mit plangeschliffenen Scheiben festgestellt werden mussten, haben wir innerhalb unseres Technologieunternehmens nt-trading (D-Neustadt) nach einer Alternative gesucht. Als Grundlage für die Entwicklung wurden in zahlreichen Versuchen Granulatperlen verschiede-



Sintergranulate verschiedener Hersteller.

dener Hersteller „unter die Lupe genommen“. Ziel war es, zu erkennen, welche Eigenschaften Sinterperlen aufweisen müssen, um die Bewegungen des Objektes während des Sinterprozesses optimal weiterzuleiten und auch z. B. ein Verkleben und Verkeilen der Perlen bei Brückengerüsten zu verhindern. Dabei konnte festgestellt werden, dass Granulatperlen oftmals unterschiedliche Größen und unregelmäßige, raue Oberflächen aufweisen, welche die Bewegung des Sinterobjektes behindern und somit negativen Einfluss auf das Endergebnis haben. Auch die chemische Zusammensetzung und Verarbeitung des Materials sind entscheidende Faktoren.

nt-pearls

Unter dem Namen nt-pearls vertreibt nt-trading Granulatperlen, die dank der Qualität des Materials, ihrer gleichmäßigen Größe und glatten Oberfläche eine optimale Unterlage für den Sinterprozess bieten. Sie haben einen Durchmesser von 1,8 mm und bestehen aus yttriumteilstabilisiertem Zirkoniumdioxid. Die dichtgesinterten Perlen behalten ihre Struktur während des Sinterprozesses und es tritt kein Anhaften am Gerüstmaterial oder Verkleben z. B. zwischen einzelnen Brückengliedern auf. Verschleißerscheinungen durch das Sintern konnten bislang nicht festgestellt werden. Demnach lassen sich die Perlen immer wieder verwenden. Seit Januar dieses Jahres sind die nt-pearls auf dem Markt. Die Herstellung erfolgt über ein Partnerunternehmen von nt-trading.



Detailansicht der nt-pearls (links) und von Sintergranulaten anderer Hersteller.

Fazit

Ob eine CAD/CAM-gefertigte Zahnversorgung im Patientenmund passgenau und spannungsfrei eingegliedert werden kann, ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Hierzu zählen ein präzises Digitalisieren der Modelle durch einen leistungsstarken Scanner, eine sorgfältige Konstruktion, die Verwendung von hochwertigem Material, welches durch exakt fräsende Fertigungseinheiten bearbeitet wird sowie ein auf die Materialeigenschaften genauestens abgestimmter Sinterprozess. Doch selbst die Einhaltung all dieser Anforderungen ist kein Garant für ein zufriedenstellendes Ergebnis. Viel zu oft wird der Wahl der Sinterunterlage nicht ausreichend Beachtung geschenkt. Wer sich also über Passungsungenauigkeiten wundert und glaubt, alle relevanten Einflussfaktoren berücksichtigt zu haben, sollte die verwendete Sinterunterlage genauer betrachten. Vielleicht muss hier ein Wechsel vorgenommen werden.

ZTM Dirk Jahn

Neustadt / Weinstraße,
Deutschland



■ 1985-1996 Zahntechniker mit wechselnden Tätigkeitsschwerpunkten in gewerblichen Dental-laboren und Praxislaboren

■ 1995 Meisterprüfung in Karlsruhe

■ seit 1996 selbstständig mit eigenem Dentallabor

■ 2003-2007 Leiter Anwendungstechnik Dental Wieland Dental + Technik

■ 2006-2008 Postgraduales Studium MSc Dental Technik

Kontakt

jahn-zahn@online.de