

Wie werden eigentlich CAD/CAM-Blöcke gefertigt?

Zu Besuch in der Produktion der VITA Zahnfabrik

Redaktion

Das Thema CAD/CAM bietet viel Gesprächsstoff: Indikationsspektren von Systemen oder die Passgenauigkeit ihrer Resultate werden verglichen. Qualität und Nutzen der verschiedenen bearbeitbaren Materialien wie z. B. Feldspatkeramik oder Zirkoniumdioxid werden diskutiert ... Und die Anbieter preisen die Vorteile der industriell vorgefertigten Blöcke. Aber wie entstehen diese eigentlich? Das Unternehmen VITA Zahnfabrik (D-Bad Säckingen) hat sich dieser Frage gestellt und gewährt einen Einblick in seine Produktionsabläufe (Abb. 1).

VITA verfügt über eine circa 20jährige Erfahrung in der Herstellung von Keramik-Blöcken für die CAD/CAM-Bearbeitung. Als Prof. Dr. Werner Mörmann 1985 an der Universität Zürich mit der Arbeit an seinem Fertigungssystem CEREC I begann, wandte er sich an VITA mit der Bitte um die Produktion eines entsprechenden Materials. Hier sah sich das Entwicklerteam zunächst einer gewichtigen Problematik gegenübergestellt: Jede Bearbeitung und insbesondere auf Schnelligkeit ausgelegte Verfahren wie der computerunterstützte Fertigungsprozess



Abb. 1: Dr. Norbert Thiel und Dr. Robert Rauter erläutern die Block-Herstellung bei VITA Zahnfabrik.

führen zu einer Schädigung der Keramiken. Da bereits gute Erfahrungen zu der Beschleifbarkeit der mineralischen Prothetikzähne vorlagen, wurden auf Grundlage dieses Materials die ersten Ansätze gestartet. Dem Chemiker Dr. Norbert Thiel, Leiter der Bereiche Forschung und Entwicklung Anorganische Chemie sowie Produktion keramischer Werkstoffe, gelang es, die Rezeptur und Partikelgröße zu verbessern. So entstand die Mark II-Keramik, die sich durch eine bessere Beschleifbarkeit und eine sehr gute Antagonistenfreundlichkeit auszeichnet.

Für die Formgebung fiel die Entscheidung auf das Strangpressverfahren, heute wird zusätzlich das Trockenpressverfahren eingesetzt. Mit beiden Verfahren können bei angemessenen Prozessabläufen gute Ergebnisse erzielt werden.

Herstellung des Feldspatpulvers

Basis der VITABLOCS® Mark II ist Feinstruktur-Feldspatkeramik. Die Feldspate werden aus Vorkommen in Europa sowie aus Übersee bezogen und müssen spezielle Voraussetzungen in ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung erfüllen. Zum Beispiel ist es wichtig zu wissen, in welcher Menge Anteile von Natron-, Kali- und Kalkfeldspat oder auch von Quarz enthalten sind. Die Feldspate werden zunächst grob in Stücke von 1 bis 2 cm³ zerkleinert und Fremdmaterialien aussortiert. Dann werden die Feldspate in einem Kollergang (Steinmühle) zu Feldspatpulver verarbeitet. Dieses wird in Porzellanmühlen unter Zusatz von Wasser und Mahlkörpern noch feiner zermahlen. Es folgt ein langwieriger Filterprozess, um magnetisierbare Verunreinigungen durch magnetische Abscheidung aus dem Pulver zu entfernen. In einer mehrstündigen Absetzphase trennt sich das Pulver schließlich vom Wasser und kann für den ersten Brand gerichtet werden. Das

Brennen der Feldspatmasse zu einer Keramikfritte, einem Zwischenprodukt aus verschmolzenem Rohstoff, das wieder pulverig aufgemahlen wird, dauert zwei Tage und erfolgt bei circa 1.500° C (Abb. 2). Danach wird die Fritte zerkleinert und der Prozess mehrfach wiederholt bis die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Grundmaterials den definierten Anforderungen entsprechen. Dem Pulver wird beispielsweise Natriumcarbonat (Na_2CO_3) oder Calciumcarbonat (CaCO_3) hinzugefügt, um spezielle Produkteigenschaften wie Erweichungspunkt, Brenntemperatur, Wärmeausdehnungskoeffizient (WAK) und Biegefestigkeit einzustellen. Je öfter die Prozesskette wiederholt wird, desto gezielter können die Eigenschaften gesteuert werden. Der letzte Brand erfolgt etwa 20 Minuten bei einer Temperatur von > 1.000° C in einem Vakuumofen. Das Vakuum entfernt die Luft aus dem Gefüge des Rohlings, wodurch die Transluenzeigenschaften der Fritte entscheidend verbessert werden. Bei einem atmosphärischen Brand käme es zu einer Bläschenbildung und somit zu einer Trübung. Nachdem ein letztes Mal vermahlen wurde, weist das Feldspat-Pulver eine mittlere Korngröße von circa 50 µm auf.



Abb. 2: In Brennräumen stehen unterschiedliche Öfen für die verschiedenen Prozessschritte bereit.

Farbfritten

Die Strichfarbe von Feldspat ist weiß. Um Pulver in den VITA SYSTEM 3D-MASTER und VITAPAN classical Farben zu erzielen, werden sogenannte Farbfritten erstellt. Hierfür kommen anorganische Farbpigmente zum Einsatz, die in die Glasmatrix der Keramik eingebaut werden. Die einzelnen erforderlichen Farbnuancen werden durch Zumischung des

Farbfrittenpulvers zu dem weißem Grundfrittenpulver erreicht. Die Mischvorrichtungen drehen Fässer mit einem Fassungsvermögen von bis zu 80 kg in einer ungleichmäßigen Bewegung und bei wechselnder Geschwindigkeit, da sich die Pulver hierdurch besser vermischen. Aus jeder Mischung wird eine Probe genommen, die gebrannt mit einem anerkannten Farbmuster verglichen wird.

Strangpressverfahren

Nachdem die ersten Versuche für die Formgebung bei VITA über einen Fleischwolf erfolgten, kommt heute für die Fertigung der VITABLOCKS® eine industrielle Strangpresse zum Einsatz. Das Verfahrensprinzip ähnelt dem bei der Herstellung von Ziegelsteinen. Dem Pulver werden in einer Knetmaschine handelsübliche Plastifizierungsmittel sowie Wasser beigemischt. Die plastifizierte Keramikmasse wird dann über eine Zuführschnecke in den Schneckenextruder und durch ein Mundstück, die formgebende Öffnung, gepresst. Die Form und die Größe des Mundstücks bestimmen die Gestalt des fertigen Strangs. Es entstehen Stränge von rund 40 bis 50 cm Länge. Theoretisch können die Stränge auch von unendlicher Länge sein, dies wäre aber unpraktisch für die Produktionsabläufe. Damit beim Trocknen der Stränge keine Risse entstehen, erfolgt dieser Prozess kontrolliert in einem klimatisierten Raum über mehrere Tage (Abb. 3).



Abb. 3: Das Trocknen der Stränge erfolgt bei kontrollierten Raumbedingungen.

Nach dem Trocknen werden die Stränge der Blockgröße entsprechend zersägt (Abb. 4), von Hand mit Schleifpapier entgratet sowie auf Brennträger auf-

gesetzt (Abb. 5) und abschließend bei $> 1.000^{\circ}\text{C}$ im Vakuumofen gebrannt (Abb. 6 bis 7).

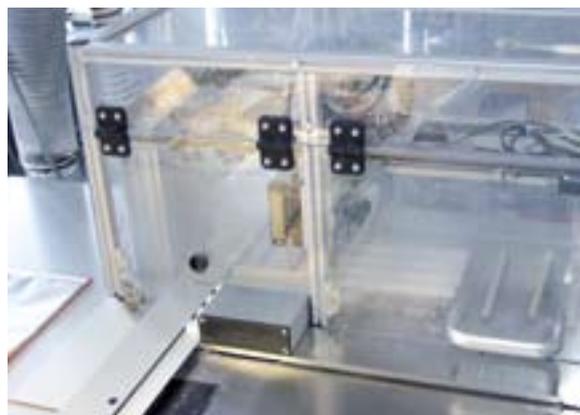


Abb. 4: Die Stränge werden zu Blöcken zersägt.



Abb. 5: Die Blöcke werden manuell entgratet.



Abb. 6: Die Blöcke werden bei über 1.000°C gebrannt.

Trockenpressverfahren

Alle weiteren Blockvarianten aus dem Hause VITA werden im Trockenpressverfahren hergestellt. Hierzu gehören VITA In-Ceram[®] SPINELL, ALUMINA, ZIRCONIA, AL, YZ und auch die VITA-



Abb. 7: Dr. Robert Rauter präsentiert bereits gebrannte Blöcke.

BLOCS[®] TriLuxe und TriLuxe forte. Letztere basieren auf der Mark II-Feldspatkeramik.

Beim Formgebungsprozess durch das uniaxiale Trockenpressverfahren wird das granuliert Keramikpulver in eine Form gefüllt und mit einem Stempel zusammengepresst (Abb. 8 bis 11). Das Trockenpressverfahren hat sich bewährt, da es aufgrund der Automatisierbarkeit sehr gut reproduzierbare Ergebnisse bei der Blockherstellung liefert. Um die drei beziehungsweise vier in einen Block integrierten Farbsättigungsgrade bei den VITABLOCS[®] TriLuxe und TriLuxe forte zu erhalten, werden in die Form hintereinander drei beziehungsweise vier verschieden eingefärbte Pulver gefüllt. Beim Auffüllen vermischen sich diese in den Randzonen automatisch. Außerdem werden die fließenden Übergänge im Block durch die Transluzenz und den guten Chamäleoneffekt des Materials unterstützt.

Für VITA In-Ceram[®] SPINELL wird kein natürlich vorkommender Spinell-Rohstoff, sondern synthetisch erzeugter Spinell verwendet. Der Grund dafür liegt darin, dass mineralische Verunreinigungen die Produkteigenschaften ungewünscht beeinflussen würden. Synthetisch erzeugter Spinell zeichnet sich hingegen durch eine stets einheitliche Zusammensetzung aus. Gefertigt wird er durch Schmelzen von Aluminiumoxid (Al_2O_3) und Magnesiumoxid (MgO) im Lichtbogen (Gasentladung zwischen zwei Elektroden). Bei VITA wird der Spinell nicht intern hergestellt, sondern das Produkt eines entsprechenden Herstellers genutzt. Dies ist auch der Fall bei dem für die Produktion von VITA In-Ceram[®] ALUMINA Blö-

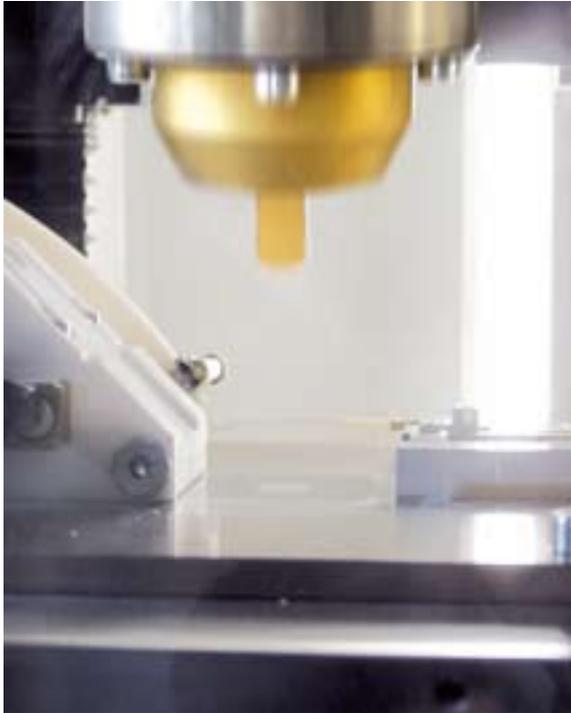


Abb. 8: Das Pulver wurde in die Form gefüllt.



Abb. 9: Der Stempel presst das Pulver zusammen.

cken erforderlichen Korund (Aluminiumoxid) sowie dem Zirkoniumdioxid-Pulver für VITA In-Ceram® ZIRCONIA Blöcke. Für letztere wird ein mit Cer(IV)-Oxid (CeO_2) stabilisiertes Zirkoniumdioxid (ZrO_2) verwendet. Erzeugt wird es nasschemisch

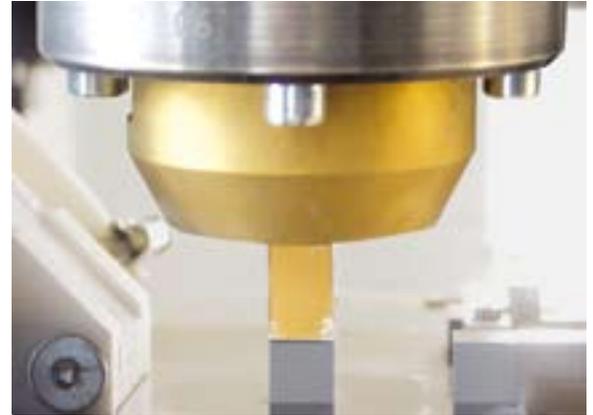


Abb. 10: Der Block wird automatisch aus der Form geschoben ...

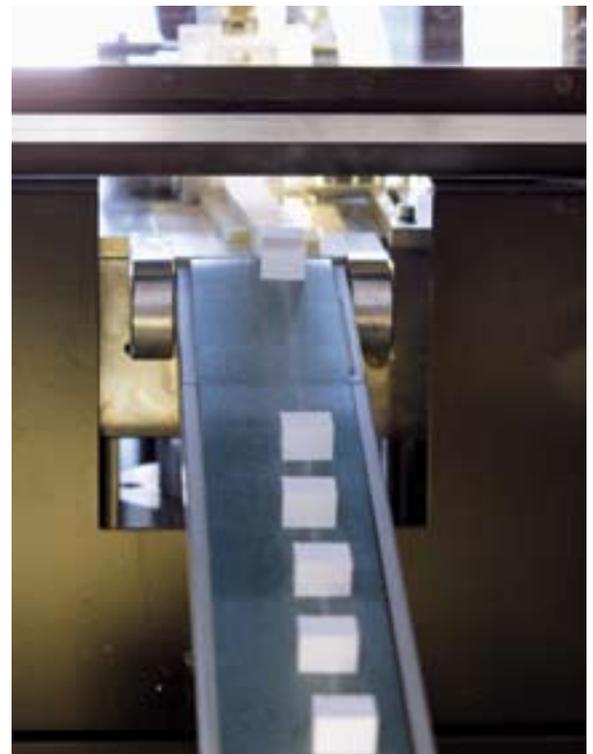


Abb. 11: ... und über ein Fließband aus der Maschine befördert.

über eine Co-Fällung und Kalzinierung. Dieses weist wie das mit Yttrium(III)-Oxid (Y_2O_3) stabilisierte Zirkoniumdioxid das Phänomen der Umwandlungsverstärkung auf. Wobei durch Cer(IV)-Oxid eine höhere Bruchzähigkeit und durch Yttrium(III)-Oxid eine höhere Biegefestigkeit erreicht wird.

Verarbeitungsvarianten

Die fünf Oxidkeramiken des VITA In-Ceram® Sortiments unterteilen sich in die Gruppe derer, die

mit Glas infiltriert werden, und jene, die dichtgesintert werden (VITA In-Ceram® AL und YZ). Daher handelt es sich beispielsweise bei dem Zirkoniumdioxid für die VITA In-Ceram® ZIRCONIA nicht um das gleiche wie für die VITA In-Ceram® YZ. Hierbei wird mit Yttrium(III)-Oxid stabilisiertes Zirkoniumdioxid eingesetzt.

HIP-Zirkoniumdioxid wird von VITA nicht angeboten. Das Unternehmen hat sich für Weißlinge entschieden, da diese sowohl für CAD-Einheiten beim Ausschleifen als auch für den Zahntechniker bei der Nachbeschleifung leichter bearbeitbar sind. Für das Rohlingsmaterial ist die Bearbeitung zudem schonender. Die Blöcke werden auf Porosität vorgesintert, wobei zu beachten ist, dass das Material sich umso leichter bearbeiten lässt, je mehr Poren vorhanden sind. Die Porosität hat allerdings zur Folge, dass der Schrumpfungsfaktor beim Dichtsintern berücksichtigt werden muss. Bei der Glasinfiltration kommt keine Schrumpfung zum Tragen, weshalb bei diesen Materialien per se mit einer besseren Passung gerechnet werden darf.

Machinable Polymers

Neben Keramikrohlingen werden auch Kompositblöcke, VITA CAD-Temp, produziert. Das Material ist ein Acrylatpolymer mit Microfüller (Komposit), welches in ähnlicher Form zur Herstellung von Zähnen für die Teil- und Totalprothetik verwendet wird. VITA setzt hierfür ein Nachpressverfahren ein. D. h. die Masse wird zunächst in einem Polymerisationsprozess unter Druck und bei einer Temperatur von $> 120^{\circ}\text{C}$ verfestigt. Da auch der Abkühlvorgang unter Druck stattfindet, wird für die spätere Verarbeitung eine Polymerisationsschwindung von null Prozent erreicht. Durch die industrielle Fertigung werden Restmonomere im Material ausgeschlossen.

Für VITA CAD-Waxx, das anstatt von Modellierwachs verwendet werden kann, wird Polymethylmethacrylat (PMMA) zu Platten gegossen, dann zunächst in Stränge und schließlich in Blöcke zersägt. Die Sägen, die bei allen Fertigungsverfahren für die Zerkleinerung der Stränge in Blöcke verwendet werden, wurden intern bei VITA entwickelt.

Attachments und Beschriftung

Abschließend wird an sämtlichen Blöcken in einem automatisierten Prozess ein Attachment, die Halterung für das Einsetzen des Blocks in die CAM-Einheit, und die Beschriftung angebracht. Hierfür stehen zwei speziell für VITA entwickelte Konfektionierungsmaschinen zur Verfügung (Abb. 12 und 13). Die Attachments werden mit einem Spezialkleber befestigt, der in seinen Eigenschaften den Prozessabläufen der Maschine angepasst ist (Abb. 14). Beispielsweise muss er innerhalb weniger Minuten getrocknet sein. Bis vor etwa zehn Jahren wurden die Halterungen noch von Hand angeklebt. Die Block-Beschriftung gibt Auskunft über den Produktnamen sowie Größe und Farbe, die CE-Kennzeichnung (CE0124) und Lot-#. Der Barcode auf VITA In-Ceram® YZ und AL enthält Informationen wie den Schrumpfungsfaktor. Der Barcode wird vom CAD/CAM-System mittels Scanner eingelesen und die Informationen automatisch berücksichtigt.



Abb. 12: In zwei Konfektionierungsmaschinen werden die Blöcke ...



Abb. 13: ... mit der Beschriftung und Attachments versehen.



Abb. 14: Die Attachments werden mit Spezialkleber befestigt.

Qualitätssicherung

Dr. Robert Rauter, Technischer Geschäftsführer der VITA Zahnfabrik: „An sich sind die angewandten Formgebungsverfahren bei der Produktion von keramischen CAD/CAM-Blöcken immer die gleichen – Strangpress- oder Trockenpressverfahren. Dies ist inzwischen auch bei unseren Mitbewerbern Stand der Technik. Wir setzen bei VITA auf außergewöhnlich strenge Qualitätsprüfungen. Dies beginnt bereits beim Wareneingang der Rohmaterialien. Diese werden beispielsweise hinsichtlich Radioaktivität, Korngrößenverteilung und chemischer Zusammensetzung überprüft. Es erfolgt eine mineralogische Analyse. Während der Produktionsabläufe werden die Rohlinge laufend durch die Mitarbeiter geprüft (Abb. 15 bis 17). Verunreinigte Blöcke z. B. werden sofort aussortiert. Und dies, obwohl es sich hierbei lediglich um eine optische Beeinträchtigung handelt, die die Produkteigenschaften nicht mindert. Von den Endprodukten werden Stichproben



Abb. 15: Die Blöcke werden vor dem Brennen mit einer Pinselquaste von möglichen Verunreinigungen befreit.



Abb. 16: Vor der Weiterleitung zu den Konfektionierungsmaschinen werden fehlerhafte Blöcke aussortiert.



Abb. 17: Mitarbeiter prüfen die fertigen Blöcke hinsichtlich ihrer Farbe.

gezogen und diese auf ihre physikalisch-mechanischen Eigenschaften geprüft. In diesem Rahmen werden u. a. Gefügeanalysen mit einem Rasterelektronenmikroskop (Abb. 18) durchgeführt. Weitere Kontrollen erfolgen



Abb. 18: Produkt-Stichproben werden bei der Qualitätskontrolle mit einem Rasterelektronenmikroskop, ...

anhand eines Computertomographen (CT) (Abb. 19) und mit einem Röntgen-Diffraktometer (Abb. 20). Mit dem CT können Risse im Material erkannt, mit dem Röntgen-Diffraktometer kristalline Komponenten bestimmt werden. In unserem Qualitätslabor werden z. B. einzelne Blöcke mit Diamantdrahtsagen in Biegestäbchen zerteilt (Abb. 21), die an einer Universalprüfmaschine einen klassischen 3-Punkt-Biegetest durchlaufen (Abb. 22). Außerdem wird beispielsweise eine Thermoanalyse durchgeführt, um den WAK zu kontrollieren (Abb. 23). All diese Maßnahmen der



Abb. 19: ... einem Computertomographen, ...



Abb. 20: ... und einem Röntgen-Diffraktometer überprüft.



Abb. 21: Einzelne Blöcke werden mit einer Diamantdrahtsäge zu Biegestäbchen zerteilt...



Abb. 22: ... und durchlaufen einen 3-Punkt-Biegetest in einer Universalprüfmaschine.



Abb. 23: Durch Thermoanalysen wird der WAK kontrolliert.

Qualitätsprüfung führen natürlich zu einem Mehraufwand bei der Fertigung. Aber nur hierdurch sind wir in der Lage, unseren Kunden die Sicherheit kontrolliert hochwertiger Produkte anzubieten.“

Ausblick

In Zukunft werden den Anwendern die VITA In-Ceram® YZ Blöcke in größeren Abmessungen zur Verfügung gestellt, die Vorbereitungen hierfür haben bereits begonnen. Außerdem wird laufend an Möglichkeiten gearbeitet, mit denen allgemein die Ästhetik von CAD/CAM-gefertigten Versorgungen verbessert werden kann. ■

Kontakt

VITA Zahnfabrik
H. Rauter GmbH & Co. KG
Postfach 1338
D-79704 Bad Säckingen
Tel. +49 (0) 77 61 / 5 62-0
Fax +49 (0) 77 61 / 5 62-299
www.vita-zahnfabrik.com

VITABLOCS® TriLuxe forte – Ohne Umwege ans Ziel!

Mehrschichtig und schon individualisiert, die neuen Keramikblöcke für CAD/CAM-Systeme.



1516D_0208 (3)_com



Vita System



3D - Master

VITA

Starten Sie mit VITABLOCS TriLuxe forte in eine neue Zeitzone. Die Keramikblöcke fürs CEREC und inLab visualisieren auch ohne Oberflächenbemalung die Transluzenz, Fluoreszenz und Intensität eines natürlichen Zahnes. Zusammen mit der verfeinerten Nuancierung

des Farbverlaufs, der Betonung des Chromas und der Fluoreszenz zum Halsbereich hin, sind sie die CAD/CAM-Blöcke mit der natürlichsten Wirkung. Freuen Sie sich auf Vollkeramik ohne Umwege. www.vita-zahnfabrik.com