Die Zukunft der Medizintechnologie liegt in der additiven Fertigung

Seit einigen Jahren ist die additive Fertigung zu einem regelrechten Innovationsmotor in den unterschiedlichsten Branchen avanciert. Dabei sind nicht nur die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten, die der 3D-Druck der Industrie ermöglicht, bahnbrechend. Auch die Medizinbranche profitiert von der additiven Fertigung und der Möglichkeit einzelne Teile wesentlich schneller herzustellen und dabei die Grenzen bisheriger Fertigungsmethoden zu durchbrechen. Es lohnt sich also auf jeden Fall, einen Blick darauf zu werfen, wie vielfältig die Vorteile und Anwendungsgebiete der additiven Fertigung innerhalb der Medizin bereits heute sind und welche Bedeutung der 3D-Druck insgesamt für die moderne Medizin hat.

Von der Idee bis zum fertigen Teil

Bevor man einen genaueren Blick auf die Einsatzmöglichkeiten der additiven Fertigung innerhalb der Medizinbranche werfen kann, sollte man die zugrundeliegende Technologie anschauen. Prinzipiell gilt für alle Verfahren, dass durch einen schichtweisen selektiven Druckablauf dreidimensionale Strukturen entstehen. Dabei werden die jeweiligen Verfahren nach den zu verarbeitenden Materialien und dem eigentlichen Druckvorgang unterschieden. Die wichtigsten Materialien, die aktuell die größte Bedeutung innerhalb der Medizinbranche haben, sind verschiedene Polymere und Metalle. Dabei müssen neben dem eigentlichen Druckprozess auch noch andere Schritte beachtet werden, um schlussendlich die gewünschten Teile zu erhalten. Produktentwicklung, die Anpassung von CAD-Dateien an den jeweiligen Druckprozess sowie die Nachbearbeitung und etwaige Zertifizierungsmaßnahmen müssen hier zusätzlich betrachtet werden. Im Folgenden werden die entsprechenden Schritte anhand eines neuen Medizinproduktes zur Behandlung von Tinnitus, einem Bügel, der hinter dem Ohr getragen wird und durch die Stimulation verschiedener Druckpunkte wirkt, erklärt.

Produktideen an die Möglichkeiten Additiver Fertigung anpassen

Im Gegensatz zu herkömmlichen Fertigungsmethoden, wie beispielsweise dem CNC-Fräsen oder dem Spritzgussverfahren, müssen Werkstücke, die mittels additiver Fertigung hergestellt werden, bestimmte Designstandards erfüllen. Dadurch, dass das jeweilige Bauteil Schicht für Schicht entsteht, können auch komplexe Geometrien und innenliegende Kanäle umgesetzt werden. Dafür müssen Designer aber in Kauf nehmen, dass sich bestimmte Überhänge und Winkel nur durch den Einsatz weitgehender Stützstrukturen umsetzen lassen. Diese können zu einem erhöhten Materialbedarf, zusätzlichem Ausschuss und höheren Kosten führen. Es lohnt sich daher, Bauteile und Designs an das jeweilige Produktionsverfahren anzupassen. Intelligente Machbarkeitsanalysen sind zu empfehlen. Hierzu wird das entsprechende Produktdesign durch ein automatisiertes Programm analysiert und es werden Verbesserungsvorschläge hinsichtlich des Designs erarbeitet. In einem weiteren Schritt werden gemeinsam mit dem Produktentwickler und dem Experten weitere Optimierungen vorgenommen, um schlussendlich eine CAD-Datei zu erhalten, die genau auf das jeweilige additive Fertigungsverfahren zugeschnitten ist.

Ein Beispiel ist ein neues Medizinprodukt gegen Tinnitus-Beschwerden. Hier lagen dem Entwickler bereits Konstruktionsdaten vor, die für den 3D-Druck optimiert waren. Im nächsten Schritt konnte der

Autor:
Christoph Erhardt
Director Additive Manufacturing
Proto Labs Germany GmbH
www.protolabs.de

eigentliche Druck mittels direktem Metall-Lasersintern (DMLS) begonnen werden. Für die Medizinbranche ist DMLS neben der Stereolithographie eines der wichtigsten additiven Fertigungsverfahren.

DMLS – Heavy Metal für die Medizin

DMLS eignet sich vor allem für den Druck von Teilen aus Metallen und speziellen Legierungen. Es unterscheidet sich kaum von den bekannten Verfahren der additiven Fertigung. Zum Druck von Metallen werden Stützstrukturen benötigt, um die während des Fertigungsprozesses entstehende Wärme abzuleiten und zusätzlich die Stabilität der Bauteile zu gewährleisten. Zudem bestünde ohne Stützstrukturen die Gefahr, dass während des Druckprozesses neues Material während des Vorgangs schlicht weggewischt wird.

Beim DMLS befindet sich das Metall in Form eines Pulvers in einer Wanne und wird mithilfe eines Lasers bearbeitet. Der Laser schmilzt eine Querschnittschicht des endgültigen Werkstücks und sorgt auf diese Weise dafür, dass das Pulver eine feste Form annimmt. Im nächsten Schritt wird die Grundplatte, auf der dieser Vorgang stattfindet, um einen genau definierten Abstand abgesenkt und eine neue Schicht Metallpulver wird vom Drucker auf der Bauplattform verteilt. Dieser Vorgang wird Schicht für Schicht wiederholt, bis am Ende das fertige Bauteil, beispielsweise ein Implantat, zum Vorschein kommt.

Nachdem das Bauteil vollendet ist, wird es von den Stützstrukturen sowie vom überschüssigen Metallpulver befreit und noch entsprechend seines Einsatzgebietes nachbearbeitet. Für die Fertigung mittels DMLS eignet sich eine Vielzahl an Metallen, darunter auch Titanlegierungen, die für die Medizin, insbesondere die Herstellung von Knochenimplantaten, bedeutend sind. Mittels DMLS lassen sich aber auch Kupfer und eine Vielzahl anderer Legierungen und Metalle verarbeiten, was die Fertigungsmethode zu einem Allrounder innerhalb der Medizinbranche macht.

Stereolithographie

Die Stereolithographie, oder auch das SLA-Verfahren, ist der Ursprung der additiven Fertigung und wird beim Druck von Polymeren und Kunststoffen angewendet, die sich durch aufwendige Geometrien oder sehr kleine Strukturen auszeichnen und eine besondere Steifigkeit, Stoßfestigkeit oder Langlebigkeit aufweisen sollen. SLA wurde bereits im Jahr 1983 erfunden und für den praktischen Einsatz verwendet.

Bei diesem Verfahren kommt, wie beim DMLS, ein Laser zum Einsatz, der den eigentlichen Druckvorgang übernimmt. Im Gegensatz zum DMLS befindet sich das Material allerdings nicht in Form von Pulver im Arbeitsbereich, sondern in Form eines aus Photopolymeren und Additiven bestehenden Harzes. Durch den ultravioletten Laser wird dieses Harz zu einem duroplastischen Kunststoff ausgehärtet. Nachdem das Bauteil Schicht für Schicht fertiggestellt wurde, erfolgt in der Nachbearbeitung noch die Reinigung des Bauteils von den Überresten des Harzes und die Entfernung der beim Bau entstandenen Stützstrukturen. Nach einer zusätzlichen Behandlung zur vollständigen Aushärtung der Materialien ist das Bauteil anschließend fertig. Vor allem das neue Material MicroFine Green, welches mithilfe von Stereolithographie gedruckt werden kann, eignet sich hervorragend für den Einsatz in der Medizin. Da sich besonders feine und hochauflösende Strukturen erzeugen lassen, sind medizinische Anwendungen wie miniaturisierte Katheter oder minimalinvasive Werkzeuge mögliche Anwendungsgebiete.

Veredelung und Nachbearbeitung

Die meisten Werkstücke, die mittels additiver Fertigung hergestellt wurden, müssen nach dem eigentlichen Druckvorgang nachbearbeitet werden, abhängig vom Material und dem späteren Einsatz.

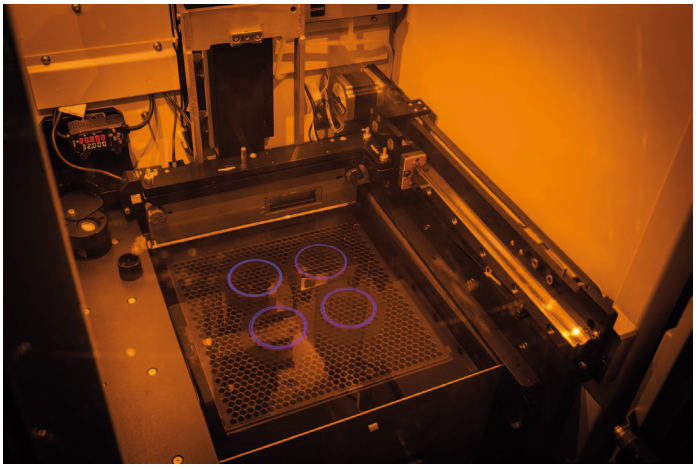
Bei Medizinprodukten wie ForgTin zur Behandlung von Tinitus liegt neben der Entfernung von Stützstrukturen, die während des Druckvorgangs genutzt werden, vor allem die Behandlung der Oberflächen im Fokus der Nachbearbeitungsarbeiten. Da das Gerät direkt am Ohr getragen wird, muss die Oberfläche durch Gleitschleifen veredelt werden. Hierzu werden die zu bearbeitenden Werkstücke gemeinsam mit Schleifkörpern und Zusatzmitteln zur Oberflächenbehandlung in einem Behälter und ständiger Bewegung veredelt. Ziel ist ein genau definierter Materialabtrag, der eine Oberflächenveredelung und damit einhergehend einen höheren Tragekomfort zur Folge hat.

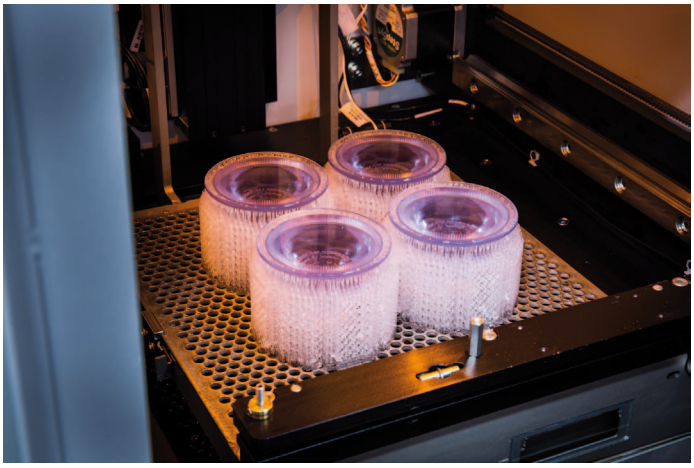
Passivieren

Ein weiteres Beispiel der Nachbearbeitung stellt das Passivieren

dar. Hierbei werden Oberflächen von metallischen Bauteilen mit Säuren, wie beispielsweise der Zitronensäure, nachbearbeitet, um eine zusätzliche Schutzschicht auf dem Material zu erzeugen. Bei manchen Legierungen des DMLS wird diese Nachbearbeitung nötig, da sonst Stoffe wie Nickel austreten können, die allergische Reaktionen hervorrufen können.

Auch bei Polymeren, die mittels Stereolithographie gedruckt wurden, sind einzelne Schritte zur Nachbearbeitung nach dem eigentlichen Druckvorgang nötig. Hier kommen neben der Oberflächenbehandlung vor allem zusätzliche Arbeitsschritte zur weiteren Aushärtung des gedruckten Werkstückes zum Einsatz. Bei diesen Verfahren wird das Bauteil mittels spezieller Bestrahlung, die sich von Werkstoff zu Werkstoff unterscheiden kann, in einem nachfolgenden Schritt zusätzlich „aufgebacken“. Der gewünschte





Effekt, den man hierbei erreichen möchte, ist eine höhere Festigkeit und bessere Widerstandsfähigkeit.

Fertigungsverfahren und Materialien werden stetig weiterentwickelt

Während die Fertigungsverfahren DMLS und SLA exemplarisch für Methoden der additiven Fertigung sind und bereits heute kaum noch aus der Medizinbranche wegzudenken sind, werden immer neue Verfahren und Methoden entwickelt, die in Zukunft einen wichtigen Einfluss auf viele Branchen haben werden. Mit der immer größer werdenden Auswahl an Methoden wird aber zugleich auch die Materialauswahl und die Möglichkeit, wie diese Materialien bearbeitet werden können, immer umfangreicher. In der Konsequenz steigt auch der Nutzen der additiven Fertigung für die Medizinbranche immer weiter an.

Ganz gleich ob das genutzte Material bereits in einem Pulverbett vorliegt, wie das beim DMLS der Fall ist, oder direkt an der gewünschten Stelle aufgetragen wird, wie beispielsweise bei Verfahren, die mit Filamenten arbeiten, bei allen Vorgängen ist eines gleich: Durch den schichtweisen Ablauf, bei dem nur ein selektiver Ausschnitt des Bauteils bearbeitet wird, entsteht schlussendlich ein dreidimensionales Gebilde, das mit einzigartigen Geometrien geplant werden kann.

Ein Blick in die Zukunft

Die Entwicklung neuer Verfahren und Materialien geht stetig weiter. Hinsichtlich der Medizintechnik ist die Verarbeitung von Polypropylen mittels additiver Fertigung eine der aktuell wichtigsten Errungenschaften. Das Material lässt sich vielseitig auch in anderen Branchen einsetzen und bietet neue Möglichkeiten hinsichtlich der Gestaltung neuer Produkte. So können mittels additiver Fertigung auch Wabenstrukturen zur Gewichtsreduktion oder organische Formen wie Innenkanäle realisiert werden. Ein anderes wichtiges Material ist Silikon wegen seiner hohen Elastizität und Reproduzierbarkeit nach Verformung oder Belastung.

Chirurgische Implantate aus dem 3D-Drucker

Der höchste Einsatz von 3D-gedruckten Produkten in der Medizin ist die Herstellung von Implantaten und Dentalprodukten. Bei Implantaten werden mit bildgebenden Verfahren, also der Computertomografie oder Kernspinresonanz, Daten erhoben und daraus die für den Druck benötigten CAD-Modelle erstellt. Bei Bedarf werden diese Modelle zusätzlich nachbearbeitet und auf eine optimale Funktionalität ausgerichtet, bevor sie hergestellt werden. Dadurch erhält jeder Patient ein Medizinprodukt, das genau auf die individuellen Bedürfnisse zugeschnitten ist.

Durch die Flexibilität innerhalb des Produktionsprozesses durch die additive Fertigung lassen sich auch Gitter- und Schwammstrukturen integrieren, die die biologische Verträglichkeit der Implantate und das Einwachsen enorm verbessern. Da eine vergleichbare Herstellung von solchen Strukturen mittels anderer Fertigungsmethoden nicht durchführbar ist, liegt hier auch einer der wesentlichen Vorteile der Fertigung von Prothesen.

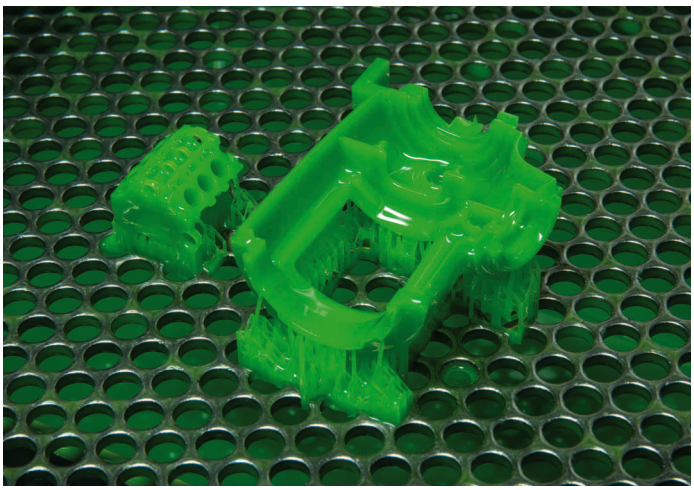
Medizinische Instrumente

Außerdem ermöglichen die neuen Fertigungsmethoden auch Innovationen im Bereich von medizinischen Instrumenten, die standardmäßig im OP angewandt werden können. Prinzipiell lässt sich sagen, dass durch den 3D-Druck die Herstellung von Instrumenten, die bisher nicht wirtschaftlich oder teilweise auch nicht möglich war, besser umsetzbar ist.

So lassen sich mithilfe von DMLS etwa chirurgische Geräte herstellen, die spezielle Bohrungen oder Schnitte ermöglichen. Anwendungsmöglichkeiten der additiven Fertigung beinhalten auch spezielle medizinische Instrumente, die zu einem besseren Vernähen von Operationswunden eingesetzt werden können oder während der Operation als Werkzeuge dienen, z. B. genau auf den jeweiligen Arzt angepasste Instrumente, wie zum Beispiel Griffe für Skalpelle. Aber auch bestimmte Teile, die mittels additiver Fertigung aus speziellen Kunststoffen hergestellt wurden, lassen sich in der Medizin sinnvoll anwenden und können ihren Platz als hochspezialisierte Halterungen oder Abstandsklemmen einnehmen.

Diese umfänglichen Einsatzgebiete von additiv gefertigten Teilen sind deswegen möglich, weil die Materialien und Verfahren des 3D-Drucks eine ganze Bandbreite an Vorteilen in sich vereinen. Mechanische Festigkeit, einfache Reinigung sowie Sterilisierbarkeit werden durch den 3D-Druck und die unterschiedlichen Fertigungsverfahren und Materialien ebenso ermöglicht wie eine unkomplizierte Wiederholbarkeit von bereits entworfenen und gedruckten Produkten. Zudem sind diese, in ihren Anwendungen auf teilweise eine einzelne Aufgabe oder auch nur einen einzelnen Zweck, ausgelegten Teile wesentlich kostengünstiger herzustellen als mit traditionellen Fertigungsmethoden.

Synergien

Wie die Beispiele zeigen, sind Partner im Fertigungsbereich für Krankenhäuser und Medizinunternehmen essentiell. Durch die Zusammenarbeit werden weitreichende Synergien erzielt. Während die additive Fertigung heutzutage bereits kaum noch aus der Medizinbranche wegzudenken ist, kann bereits jetzt prognostiziert werden, dass die Kooperationen in Zukunft weiter ausgebaut werden.

So wird zukünftig eine engere Verzahnung von Medizinern und Krankenhäusern auf der einen Seite, und Unternehmen, die auf moderne Fertigungsverfahren wie den 3D-Druck spezialisiert sind, auf der anderen Seite, stattfinden. Dabei liegt der künftige Vorteil dieser Kollaboration auf der Hand: Durch die Expertise von Fertigungsexperten hinsichtlich der Möglichkeiten der additiven Fertigung ist jederzeit gewährleistet, dass die aktuellsten Technologien genutzt werden, um Medizinprodukte, Prothesen oder andere Neuheiten zu produzieren. Mediziner, die sich mit den Möglichkeiten dieser neuen Fertigungsmethode auskennen, können andererseits wichtigen Input liefern, welche Anwendungsbereiche als neues Einsatzgebiet in Frage kommen. Schlussendlich werden sich Mediziner künftiger Generationen die Frage stellen, wie die Medizinbranche jemals ohne die additive Fertigung auskommen konnte. ◄