



Herstellung amorpher Bauteile über additive Fertigung auf dem Weg zur Kommerzialisierung

TECHNOLOGISCHER VORSPRUNG DURCH EFFIZIENTE PARTNERSCHAFT.

In den vergangenen Jahren wurden erhebliche Fortschritte im Bereich der amorphen Metalle, auch metallische Gläser genannt, erzielt. Hier gab es neue Erkenntnisse zur Legierungszusammensetzung, um eine bessere Glasbildungsfähigkeit zu erreichen und somit größere Bauteile zu ermöglichen.

Während die ersten amorphen Legierungen in der Regel aus zwei Elementen bestanden, bestehen die aktuell vielversprechendsten amorphen Legierungen oftmals aus vier bis fünf Elementen. Hierbei zeigen Zirkonium-basierte Legierungen mitunter die beste Glasbildungsfähigkeit, mit welchen die größten Bauteildimensionen realisiert werden können.

Das erste industrielle Verfahren, das erfolgreich für amorphe Metalle eingesetzt wurde, war das Schmelzspinn-Verfahren. Hierbei werden durch Abstreifen der Schmelze auf rotierende Kupferräder wenige Mikrometer dicke amorphe Bänder hergestellt. Im Saugguss können mit den neu entwickelten Zirkonium-basierten Legierungen massive Platten bis zu einer Dicke von 3 mm, Stäbe oder einfache Bauteilgeometrien mit einem Durchmesser von bis zu 6 mm hergestellt werden.

„ Neuere vielversprechende Technologien sind der Spritzguss wie auch die additive Fertigung, die das Herstellen von komplexen und größeren Bauteilgeometrien im industriellen Maßstab ermöglichen.“

Im Spritzguss gelingt es innerhalb von ca. 90 Sekunden endformnahe Bauteile mit sehr guter Oberflächengüte herzustellen. Mit dieser Technologie können Bauteilgeometrien und -größen hergestellt werden, die industrielle Relevanz haben und in einem automatisierten Prozess in engen Toleranzen gefertigt werden. Je nach Bauteilgröße sind ein oder mehrere Bauteile in einem Spritzzyklus herstellbar. Oft genügt als einziger Nachbearbeitungsschritt das Entfernen des Angusses.

Die additive Fertigung von amorphen Bauteilen bietet neue Möglichkeiten. Auf Grund des gezielten Aufschmelzens mittels Lasers erhält man einen kleinen Schmelzpool, der eine rasche Abkühlung ermöglicht, und so eine amorphe Erstarrung der Schmelze gewährleistet. Somit ist die Bauteilgröße lediglich durch die Größe des Bauraumes der Anlagen begrenzt. Wie generell in der additiven Fertigung, können auch hier komplexe Geometrien realisiert werden, die in anderen Fertigungsverfahren nicht oder nur sehr aufwendig hergestellt werden können.

Auf Grund der hohen Festigkeit amorpher Metalle können Wandstärken reduziert oder mit bionischen Strukturen im Bauteil-Design gearbeitet werden, wodurch sich Bauteilgewicht und Fertigungszeiten reduzieren lassen, ohne die mechanischen Werte negativ zu beeinflussen.

Heraeus AMLOY und TRUMPF haben zur Weiterentwicklung des 3D-Drucks von amorphen Bauteilen eine Partnerschaft gegründet. Ziel dieser Partnerschaft ist es, die Oberflächenqualitäten von gedruckten Bauteilen zu verbessern und gleichzeitig die Effizienz des Druckprozesses zu erhöhen. Heraeus AMLOY optimiert hierbei die Legierungszusammensetzung und entwickelt die Druckparameter, während TRUMPF die Anlage entsprechend den Anforderungen optimiert, um einen Markt für amorphe additiv gefertigte Bauteile zu ermöglichen.



Abbildung 1: Schulterschluss in der additiven Fertigung amorpher Bauteile zwischen Heraeus AMLOY und TRUMPF

Weiterhin wird neben der Optimierung des Druckprozesses selbst auch an der Realisierung von Bauteilen aus weiteren amorph erstarrenden Legierungen gearbeitet.

Auf Grund ihrer Materialeigenschaften bietet sich ein breites Anwendungsspektrum, so dass eine Vielzahl Industrien, wie Medizintechnik, Luft- und Raumfahrt, Lifestyle oder industrielle Anwendungen, an der Entwicklung und dem Einsatz von amorphen Bauteilen arbeiten.

AMORPHE LEGIERUNGEN.

Amorphe Metalle sind unterkühlte eingefrorene Schmelzen. Dies bedeutet, dass die Phasenumwandlung von flüssig zu fest unterdrückt und der schmelzflüssige Zustand eingefroren wird. Auf Grund der fehlenden Phasenumwandlung ergibt sich ein **geringer Schrumpf von <0,5 %**. Weiterhin bilden sich keine Korn- und Phasengrenzen aus, welche als Ansammlung von Verunreinigungen dienen und Korrosion fördern. Als einziges Material vereinen amorphe Metalle physikalische Eigenschaften, die sich normalerweise ausschließen. So hat das Material eine **hohe Härte und Festigkeit bei gleichzeitig hoher Elastizität**. Daraus ergeben sich vollkommen neue Anwendungsgebiete.

Über die hohen Festigkeiten können Bauteile wie bereits erwähnt dünner, materialsparender und damit leichter ausgelegt werden, was bei **Miniaturisierung** im Bereich Robotik oder der Medizintechnik von hoher Bedeutung ist, aber auch in der Luft- und Raumfahrt sowie E-Mobilität hohe Relevanz hat, um Gewicht einzusparen. Die hohe Streckgrenze verbunden mit einer **elastischen Dehnung von fast 2%**, welche deutlich über der von kristallinen Werkstoffen liegt, bietet Vorteile bei Bauteilen, die Federeigenschaften, Dämpfung oder hohe Belastung erfahren, wie Implantate, Sensoren, Scharniere oder Federelemente. Das Material zeigt eine Dauerbiegewechselfestigkeit bei einer Frequenz von 25 Hz von ca. 400 N/mm² bei einer Zyklenzahl von über einer Milliarde Zyklen. Um diese Werte zu erreichen, benötigen amorphe Metalle, eine **gute Oberflächengüte**. Es empfiehlt sich folglich die stark belasteten Stellen zu polieren, um einer Rissinitiierung entgegen zu wirken. Amorphe Metalle sind **tieftemperaturduktil**, so dass sie gut bei Anwendung mit extrem niedriger Temperatur eingesetzt werden. Einer der Gründe, warum die Materialklasse für die Luft- und Raumfahrt von großer Bedeutung ist.

Bei Temperaturen über 400 Grad Celsius fängt das Material ähnlich zu Polymeren an zu fließen, das heißt man kann es thermoplastisch formen.

Ein weiterer Vorteil der amorphen Metalle ist ihr **isotropes Verhalten**. Bauteile weisen folglich in allen Raumrichtungen die gleichen Materialeigenschaften auf. Vorteile ergeben sich zum Beispiel in der additiven Fertigung, da der Bauraum in Verbindung mit der Ausrichtung des Bauteils optimal genutzt werden kann.

AMLOY-ZR01.

Bei AMLOY-ZR01 handelt es sich um eine Beryllium-freie Zirkonium-basierte Legierung mit guter Glasbildungseigenschaft. Während sich die meisten Legierungen mit guten Glasbildungseigenschaften aus fünf Elementen zusammensetzen, kommt AMLOY-ZR01 mit vier Elementen aus. Das Material setzt sich wie folgt zusammen: 70 % Zirkonium, 24 % Kupfer, 4 % Aluminium und 2 % Niob (Angaben in Gewichts-%). Die Dichte des Materials liegt bei 6,7 g/cm³, in Kombination mit der hohen Biegefestigkeit von 2.300 MPa und einer Zugfestigkeit von 1.600 MPa bei gegossenen Bauteilen, kann durch Design-Veränderung Material eingespart werden, so dass Bauteile mit einem 20% geringeren Gewicht als vergleichbare Titan-Bauteile hergestellt werden können.

Auf Grund seiner Biokompatibilität ist das Material auch für die Medizintechnik oder medizinische Implantate geeignet. Das Material hat den Cytotox-Test nach DIN ISO 10993-5 mehrfach bestanden. Weiterhin hat die Legierung ein relativ geringes E-Modul (87 GPa), so dass es im Vergleich zu anderen Materialien, z.B. Titan nahe dem Wert des menschlichen Knochens (E-Modul 40 GPa) ist und somit gut für Implantate zum Schienen und Zusammenwachsen von Knochen eingesetzt werden kann, insbesondere an Stellen, an denen eine gewisse Flexibilität und Bewegungsfreiraum erwünscht ist.

AMLOY-ZR01 wurde für die additive Fertigung optimiert, so dass es im 3D-Druck verarbeitet werden kann. Gemeinsam mit dem Lasertechnik-Unternehmen TRUMPF hat Heraeus AMLOY ein Konzept zur Optimierung des 3D-Druckers erarbeitet, um amorphe Bauteile im industriellen Maßstab zu ermöglichen. Als Basis wurde hierfür die TruPrint 1000 von TRUMPF verwendet, mit welcher Heraeus AMLOY diverse Entwicklungstätigkeiten und Kundenbemusterungen durchgeführt hat, um bessere Bauteildichte, sowie Oberflächengüte und kürzere Baujobzeiten zu realisieren.



Kristalliner
Werkstoff



Amorpher
Werkstoff



TruPrint 1000.

Im Rahmen des Kooperationsprojektes wurde die TruPrint 1000, eine kompakte und robuste LMF Maschine zur generativen Fertigung kleiner industrieller Einzelteile und Serien verwendet. Der 3D-Drucker der Firma TRUMPF GmbH + Co. wurde 2015 am Markt eingeführt und bis heute stetig weiterentwickelt, um ihn an neue Herausforderungen anzupassen. Heute zählt die TruPrint 1000 zu den meist verkauften Metall-3D-Druckern im Kleinformat.

Um die industrielle Verarbeitung von amorphen Metallen zu gewährleisten, müssen folgende Anforderungen an die Anlage erfüllt sein:

- › Sicherstellen der nötigen Abkühlgeschwindigkeiten
- › Hohe Oberflächengüten der erzeugten Applikationen
- › Hochreine einstell- und detektierbare Prozessatmosphären
- › Produktivitätssteigerung

Die technischen Daten und die optional auszuwählenden Maschinenkonfigurationen können aus der folgenden Abbildung 2 entnommen werden:



TruPrint 1000		
Bauvolumen (Zylinder)	mm x mm	Ø 100 x 100 Optional: Bauraumverkleinerung
Verarbeitbare Werkstoffe ^[1]		Schweißbare Metalle in Pulverform, wie z.B.: Edelstähle, Werkzeugstähle, Aluminium ^[2] , Nickelbasis-, Kobalt-Chrom-, Kupfer-, Titan ^[2] oder Edelmetall-Legierungen ^[2] , Amorphe Metalle
Aufbaurrate ^[3]	cm ³ /h	2-18
Schichtdicke ^[4]	µm	10-50
Max. Laserleistung am Werkstück (TRUMPF Faserlaser)	W	200 Optional Multilaser: 2 x 200
Strahldurchmesser	µm	55 Optional: 30
O ₂ Konzentration	ppm	Bis zu 3.000 (0,3%) Optional: bis zu 100 (0,01%)
Schutzgas		Stickstoff, Argon
Stromversorgung	V / A / Hz	230 – 7 – 50/60
Abmessungen	mm	1445 x 730 x 1680
Gewicht	kg	650

Abbildung 2: Technische Kennwerte der TruPrint 1000

[1] Aktuelle Werkstoff- und Parameterverfügbarkeit auf Anfrage [2] Mit Optionspaketen verfügbar [3] Tatsächliche Aufbaurrate bestehend aus Belichtung und Beschichtung. Abhängig von Anlagenkonfiguration, Verfahrensparameter, Werkstoff und Füllgrad [4] Individuell einstellbar (Änderungen vorbehalten. Maßgeblich sind die Angaben im Angebot und der Auftragsbestätigung.)



Die amorphen Legierungen benötigen eine sehr schnelle Abkühlgeschwindigkeit, sodass die Schmelze unterkühlt wird und in der amorphen Struktur erstarren kann. Erst mit der amorphen Atomstruktur kann das Material seine Potentiale in den einzigartigen Eigenschaften heben. Die Technologie der Additiven Fertigung kann diese Herausforderung meistern, sodass die TruPrint 1000 die besten Anforderungen dazu mitbringt.

Die extra klein gewählten Strahldurchmesser von 30 μm oder 55 μm erzeugen ein kleines Schmelzbad, welches ermöglicht die Wärme schnellstmöglich aus der Schmelze abzuführen und somit die kritische Abkühlgeschwindigkeit einzuhalten.

Weiterhin ermöglichen die kleinen Strahldurchmesser höchste Oberflächengüten, welche die Nachbehandlung der Applikationen vereinfacht und nahezu nichtig macht. Hierzu ermöglicht es der feine Fokusbereich von bis zu 55 μm die Energie präzise in das Pulverbett einzubringen, sodass die Anhaftungen von Pulverpartikeln reduziert werden.

Wie auch der Werkstoff Titan, sind amorphe Metalle im Allgemeinen anfällig für Elementverunreinigungen von Sauerstoff und benötigen daher hochreine Prozessatmosphäre. Hierbei beeinflusst der Sauerstoff indirekt die mechanischen Eigenschaften, indem er die Glasbildungsfähigkeit des Materials herabsetzt, die Bildung der amorphen Struktur unterbindet und das Material versprödet. Dem entgegenzuwirken und den Prozess optimal zu überwachen wurde die TruPrint 1000 mit einem hochauflösenden Sauerstoffsensoren ausgestattet, welcher im Messbereich ab 100 ppm verlässliche Werte liefert und zudem bequem über das integrierte Condition Monitoring analysiert werden kann.

Auch die Produktivitätssteigerung ist ein sehr wichtiger Punkt, wenn in Richtung einer Serienproduktion gedacht werden soll. Hierfür bringt die TruPrint 1000 die optional auswählbare Möglichkeit des Multilaser-Prinzips für den Kleinformatsektor mit. Mit dieser Anlage können die zwei 200 W TRUMPF Faserlaser parallel arbeiten und somit die Bauzeit drastisch reduzieren, welches sich in einer Produktivitätssteigerung von bis zu 80% gegenüber der Standardmaschine bemerkbar machen kann.

Sowohl die Hardware als auch die implementierte Softwarelösungen der TruPrint 1000 Anlagen erlauben eine Verarbeitung amorpher Metalle auf industrieller Ebene.



Das Hochtechnologieunternehmen TRUMPF bietet Fertigungslösungen in den Bereichen Werkzeugmaschinen, Lasertechnik und Elektronik. Die digitale Vernetzung der fertigen Industrie treibt TRUMPF durch Beratung, Plattform- und Softwareangebote voran. Das Unternehmen ist Technologie- und Marktführer bei Werkzeugmaschinen für die flexible Blechbearbeitung und bei industriellen Lasern.

2018/19 erwirtschaftete die TRUMPF Gruppe mit rund 14.490 Mitarbeitern einen Umsatz von 3,78 Milliarden Euro. Die F+E-Quote von derzeit 10,5 Prozent sowie die langfristige Orientierung eines unabhängigen Familienunternehmens machen TRUMPF zum Garant für kontinuierliche Innovationskraft.

Werkzeugmaschinen für die flexible Blech- und Rohrbearbeitung bilden das Kerngeschäft. Das Angebot umfasst Maschinen zum Biegen, zum Stanzen, für kombinierte Stanz-Laserprozesse sowie für Laserschneid- und Laserschweißanwendungen. Vielfältige Automatisierungslösungen und ein breites Softwareangebot runden das Portfolio ab.

Im Geschäftsfeld Lasertechnik bietet TRUMPF Hochleistungs-CO₂-Laser, Scheiben- und Faserlaser, Diodendirektlaser, Ultrakurzpulslaser sowie Beschriftungslaser und -systeme. Auch Lasersysteme für das Schneiden, Schweißen und die Oberflächenbearbeitung dreidimensionaler Teile gehören wie Additive Manufacturing zum Produktprogramm.

Zu den Produkten des Geschäftsfelds Elektronik zählen Gleichstrom-, Hoch- und Mittelfrequenzgeneratoren für die induktive Materialerwärmung, für die Oberflächenbeschichtung und -bearbeitung mittels Plasmatechnologie sowie für die Laseranregung.

Stammsitz des Familienunternehmens ist Ditzingen nahe Stuttgart. Die TRUMPF Gruppe ist mit über 70 Tochtergesellschaften weltweit in allen wichtigen Märkten vertreten. Produktionsstandorte befinden sich in Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Österreich, der Schweiz, Polen und Tschechien, in den USA, Mexiko, China und Japan.

WEGWEISENDE PROJEKTERGEBNISSE.

Grundlegend zur Gewährleistung der Materialeigenschaften ist das Erzeugen einer amorphen Struktur der gedruckten Bauteile. Dies lässt sich beispielweise durch röntgendiffraktometrische als auch thermische Analysen verifizieren. Abbildung 3 zeigt das Röntgendiffraktogramm einer mittels der TruPrint 1000 hergestellten amorphen Probe. Aufgetragen ist hier die gemessene gestreute Intensität als Funktion des Beugungswinkels. Anhand des Fehlens scharfer Reflexe (Bragg-Peaks) wie es im Falle kristalliner Werkstoffe typisch ist, lässt sich die (röntgen-)amorphe Struktur der Bauteile bestätigen. Zusätzliche Erkenntnisse lassen sich mit Hilfe thermischer Analyseverfahren wie der dynamischen Differenzkalorimetrie (DSC) gewinnen.

Hierbei wird die gedruckte, amorph erstarrte Legierung aufgeheizt und der Wärmefluss zur Temperaturerhöhung der Probe bestimmt und ins Verhältnis zu einer Referenzprobe gesetzt. Im Falle endothermer Prozesse innerhalb der Probe muss mehr Energie im Vergleich zu Referenz aufgebracht werden, bei exothermen Reaktionen weniger. Wird eine amorphe Probe erhitzt, so wird hierzu zunächst der gleiche Wärmefluss wie im Falle einer kristallinen Probe benötigt (s. Abbildung 4). Folglich ist die Differenz des Wärmeflusses sehr gering. Ursache hierfür ist die annähernd gleiche Wärmekapazität amorpher und kristalliner Stoffe gleicher chemischer Zusammensetzung. Bei Erreichen der Glasübergangstemperatur bei ca. 400°C kommt es zum Auftauen der atomaren Dynamik: die eingefrorene Schmelze (Glas) verhält sich nun wieder wie eine hochviskose Flüssigkeit und lässt sich thermoplastisch, analog zu Kunststoffen, verformen.

Aufgrund der höheren Wärmekapazität der Flüssigkeit im Vergleich zum Feststoff kommt es zu einem Anstieg des gemessenen Wärmeflusses (s. Abbildung 4). Durch weiteres Erhitzen nimmt die atomare Dynamik in der (stark unterkühlten) Flüssigkeit kontinuierlich zu. Bei Erreichen einer kritischen Temperatur ordnen sich die Atome neu und das Material nimmt seinen thermodynamischen Gleichgewichtszustand (Kristall) an. Als Folge kommt es zu einer Abgabe thermischer Energie, welche sich als exotherme Signaturen in den thermischen Analysedaten widerspiegeln. Innerhalb der Messkurve in Abbildung 4 ist dies durch das Auftreten exothermer Peaks (negativer Wärmefluss) gekennzeichnet. Die eingeschlossene Fläche entspricht dabei der im Verlauf der Umwandlung freigegebenen Energie und erlaubt eine Bestimmung des amorphen Anteils.

X-ray diffraction (XRD)
AMLOY - Zr01 printed part

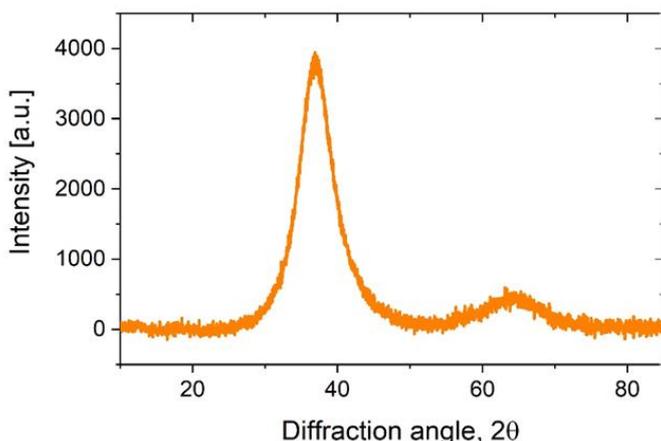


Abbildung 3: Röntgendiffraktogramm eines mittels der TruPrint 1000 hergestellten Bauteils.

Differential-Scanning-Calorimetry (DSC)
AMLOY - Zr01 printed part

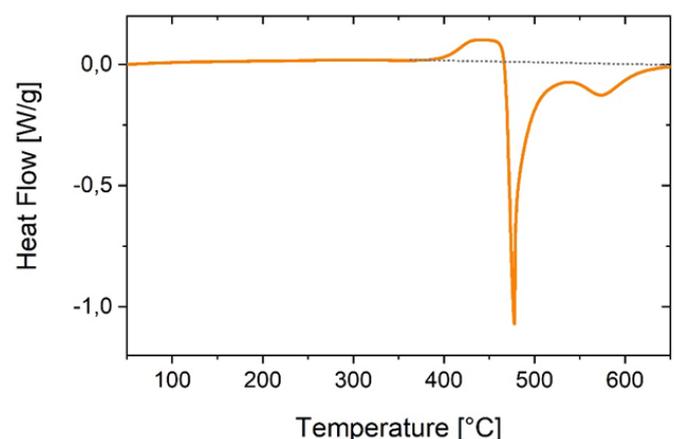


Abbildung 4: Dynamische differenzkalorimetrische Messung einer gedruckten amorphen Probe.

Heraeus

Der Technologiekonzern Heraeus mit Sitz in Hanau ist ein weltweit führendes Portfoliounternehmen in Familienbesitz. Die Wurzeln des 1851 gegründeten Unternehmens reichen zurück auf eine seit 1660 von der Familie betriebene Apotheke. Heraeus bündelt heute eine Vielzahl von Geschäften in den Feldern Umwelt, Energie, Elektronik, Gesundheit, Mobilität und industrielle Anwendungen.

Im Geschäftsjahr 2019 erzielte Heraeus einen Gesamtumsatz von 22,4 Milliarden Euro und beschäftigt rund 15.000 Mitarbeiter in 40 Ländern. Heute zählt Heraeus zu den Top 10 Familienunternehmen in Deutschland und hat eine führende Position auf seinen globalen Absatzmärkten.

Mit fachlicher Kompetenz, Exzellenz sowie der Ausrichtung auf Innovationen und eine unternehmerisch geprägte Führungskultur streben wir danach, unsere Leistungsfähigkeit kontinuierlich zu verbessern. Für unsere Kunden schaffen wir hochwertige Lösungen und stärken nachhaltig ihre Wettbewerbsfähigkeit, indem wir einzigartige Material-Kompetenz mit Technologieführerschaft verbinden.

AMLOY
Amorphous Alloy Technologies

Heraeus AMLOY ist spezialisiert auf die Entwicklung amorpher Legierungen sowie die Herstellung amorpher Komponenten.

Diese ermöglichen aufgrund ihrer einzigartigen Materialeigenschaften wie hohe Festigkeit bei gleichzeitig hoher Elastizität sowie Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität völlig neue Hightech Applikationen.

Für die industrielle Fertigung sind die endformnahen Prozesslösungen von Heraeus AMLOY optimal geeignet.

GENAU GEDRUCKT.

Messungen an gedruckten Oberflächen zeigen zudem eine für den 3D-Druck hohe Oberflächengüte. So weisen gedruckte Oberflächen Rauheitswerte von $R_z = 17,13 \pm 0,16$, $R_a = 2,63 \pm 0,18$ auf (siehe Tabelle 1).

Durch einfache Nachbearbeitungsverfahren wie Strahlen oder Bürsten lassen sich die Oberflächengüten zudem weiter verbessern. Bessere Rauheiten erfordern Nacharbeiten mit klassischen, spanabtragenden Verfahren, mechanischen oder elektrochemischen Verfahren der Oberflächenvergütung.



Abbildung 5: Feinste Geometrien kombiniert mit reproduzierbaren Oberflächengauigkeiten

Rauheiten AMLOY-ZR01 *	R_z [μm]	R_a [μm]
As-printed	$17,13 \pm 0,16$	$2,63 \pm 0,18$
Gebürstet	$12,78 \pm 2,43$	$2,40 \pm 0,61$
Glasperlen-gestrahlt	$8,65 \pm 0,94$	$1,46 \pm 0,02$
Korund-gestrahlt	$13,64 \pm 1,14$	$2,14 \pm 0,33$

Tabelle 1: gemessene Rauheitswerte für verschieden nachbearbeitete Oberflächen.

*ermittelt an Sideskin gemäß DIN EN ISO 4287:2010, in Anlehnung an DIN EN ISO 4288:1998

Materialkennwerte AMLOY-ZR01 (gedruckt)	
Relative Dichte [%]	> 99,9%
E-Modul	87 GPa bzw. 87.000 N/mm ²
Druckfestigkeit [N/mm ²]	1500 - 1700
Biegefestigkeit [N/mm ²]	1700 - 2000
Streckgrenzen: Zug, Druck, Biegung [N/mm ²]	> 1300
Elastische Dehnbarkeit [%]: Zug, Druck, Biegung	> 1,5 %
Härte	480 HV

Tabelle 2: Mechanische Kennwerte gedruckter amorpher Metalle

Durch geeignete Prozessparameter und Belichtungsstrategien lassen sich amorphe Bauteile mit relativen Dichten > 99,9% fertigen (s. Abbildung 6).

Aufgrund anwesender Restporosität werden die mechanischen Kennwerte gegossener Proben in der Regel zwar noch unterschritten, dennoch weisen gedruckte Proben bereits beeindruckend hohe Festigkeiten und Härten auf, ohne dass die Bauteile einer nachfolgenden Wärmebehandlung unterzogen werden müssen. Eine Übersicht der mechanischen Eigenschaften von gedruckten Bauteilen aus AMLOY-ZR01 zeigt Tabelle 2 sowie Abbildung 7.



Abbildung 6: Schlichtprobe einer amorphen Probe zur Bestimmung der relativen Dichte und Restporosität

HERVORRAGENDE MATERIALKENNWERTE.

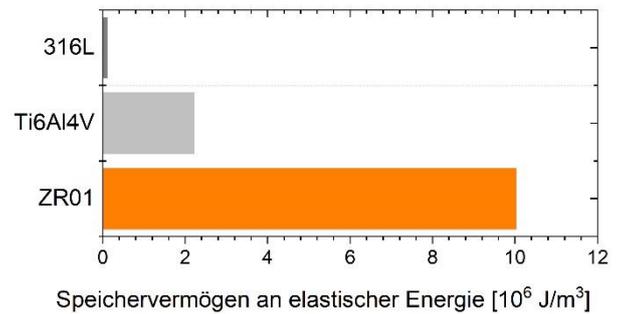
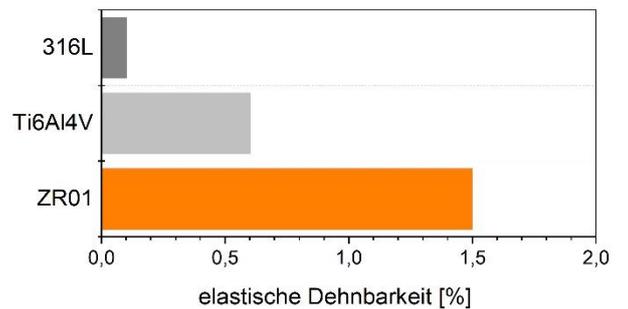
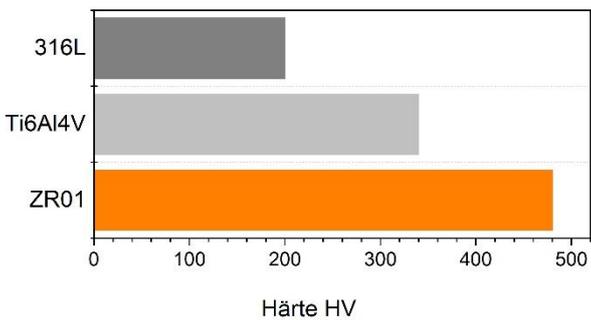
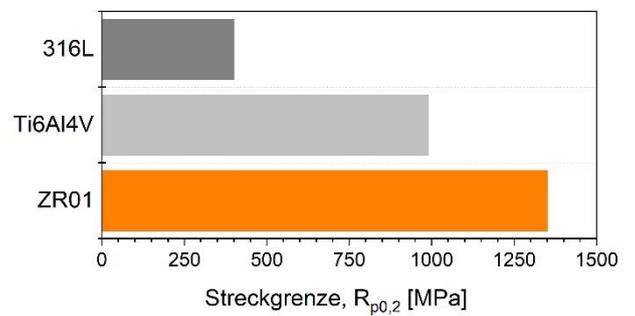
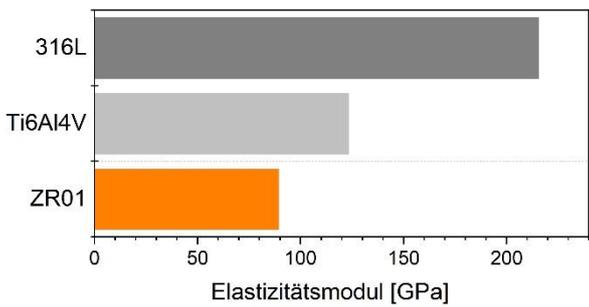
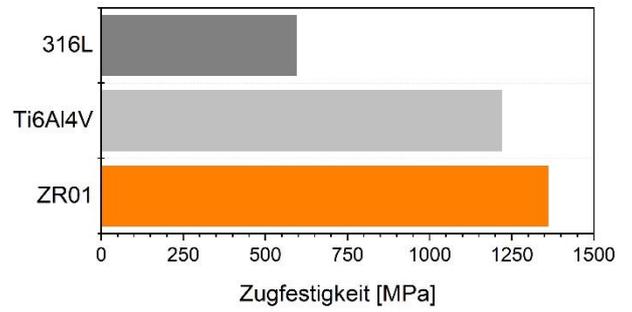
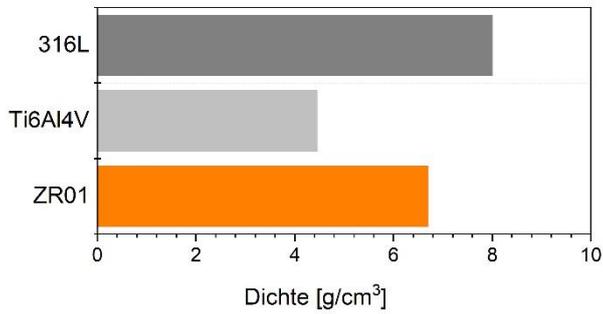


Abbildung 7: Vergleich mechanischer Kennwerte amorpher Metalle mit konventionellen Materialien

ERFOLGREICH WEITER VORAN.

Die erzeugten Projektergebnisse zeigen die erfolgreiche Verarbeitbarkeit der Legierung AMLOY-ZR01 mit einer TruPrint 1000. Mit dieser Kombination aus Pulver und Maschine kann jedoch nur ein kleiner Bereich der Applikationsvielfalt der amorphen Metalle hergestellt werden.

Weitere Anwendungsfelder und eine breitere Materialvielfalt der amorphen Metalle sollen mit der TruPrint 2000 detektiert und erschlossen werden, die mit einem Bauvolumen (Zylinder) von 200 mm Durchmesser und einer Höhe von 200 mm auch größere Applikationen ermöglicht.



Abbildung 8: Das perfekt abgestimmte, inerte Maschinenkonzept der TruPrint 2000 mit Pulvervorbereitungsstation bietet ein hochwertiges Druckergebnis bei wirtschaftlicher Fertigung. Metallische Serienbauteile können hochproduktiv mittels Multilaser aufgebaut und innerhalb der Maschine entpackt werden. Der Fertigungsprozess der TruPrint 2000 ist auf einen geschlossenen Pulverkreislauf unter Schutzgas ausgerichtet. Dies ermöglicht einfaches, praktisches Handling sowie höchste Pulverqualität.

Hauptaugenmerk der weiteren Untersuchungen sind neben der Verwendung größerer Bauraumvolumina zur Fertigung größerer Bauteile mit gesteigerter Produktivität ebenfalls die Nutzung der integrierten Bauraumheizung, sodass rissanfälligeren Legierungen verlässlich verarbeitet werden können. Weiterhin kann durch die neue Funktion „Melt Pool Monitoring“ die thermische Historie der Bauteile während des Bauprozesses in-situ aufgezeichnet werden, wodurch sich performance-abträgliche lokale Überhitzungen im Material reduzieren bzw. vermeiden lassen.

Ebenso können Parameter und Belichtungsmuster in kritischen Bereichen gezielt abgeändert werden, um lokale Überhitzungen zu umgehen und thermisch induzierte Spannungen zu reduzieren. Als Folge lassen sich auch kostengünstigere Legierungen auf Kupfer- und Titanbasis mit geringeren Glasbildungsfähigkeiten und thermischen Stabilitäten industriell verarbeiten.

Zudem soll untersucht werden, inwieweit Legierungen mit höheren Verunreinigungsgraden „druckbar“ gemacht werden können, um so Material- und Bauteilkosten zu senken und weitere Anwendungsfelder zu erschließen.



The logo for AMLOY, featuring the word "AMLOY" in a bold, sans-serif font. The "A" and "M" are orange, while "LOY" is grey. Below it, the text "Amorphous Alloy Technologies" is written in a smaller, grey font.

AMLOY
Amorphous Alloy Technologies

KONTAKT

Heraeus AMLOY Technologies GmbH
Heraeusstrasse 12-14 63450 Hanau, Germany
Tel.: +49 6181 35 9650
Email: Amloy@heraeus.com

www.heraeus-amloy.com

The logo for TRUMPF, consisting of the word "TRUMPF" in a bold, black, sans-serif font above a solid blue square.

TRUMPF

KONTAKT

TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH
Johann-Maus-Straße 2 71254 Ditzingen, Germany
Tel.: +49 7156 303-34466
Email: Additive.Manufacturing@de.trumpf.com

www.trumpf.com



Copyright © 2020

Heraeus AMLOY Technologies GmbH

&

TRUMPF GmbH + Co. KG. All rights reserved.