

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

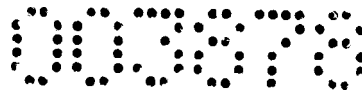
(21) Anmeldenummer: A 222/2018
(22) Anmeldetag: 25.07.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2020

(51) Int. Cl.: **B22F 3/02** (2006.01)
B22F 3/11 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)

(71) Patentanmelder:
Gruber Karl Dr.
1190 Wien (AT)

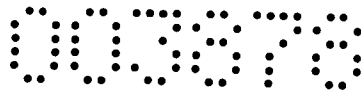
(54) **Additives Fertigungsverfahren zur Herstellung gradierter Werkstücke**

(57) Verfahren zur Herstellung von Werkstücken in einem Additiven Verfahren durch selektives verschmelzen einzelner Schichten mittels geeigneter Energiequelle, beispielsweise Laserstrahl oder Elektronenstrahl dadurch gekennzeichnet, dass die vorgelegten Einzelschichten aus porösen oder gepressten metallischen Platte bestehen, die aus einer Umwandlung von Metalloxiden gemäß [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] hergestellt wurden und sowohl im porösen als auch im gepressten Zustand noch sehr hohe Sinteraktivität aufweisen. Durch die Verwendung von Platten statt Pulvern ist Voraussetzung dafür, dass gradierte Werkstücke in x-y und/oder z Richtung gebaut werden können. Die Hauptvorteile des Verfahrens im Vergleich zu herkömmlichen Pulverbasierten Verfahren ist die geringere Staubentwicklung, die Möglichkeit der Gradierung in x,y und z Richtung, geringere Porenbildung durch höhere Dichte vor dem Lasern sowie höhere Sinteraktivität durch die vorhandene Feinkristallinität, dadurch auch Verwendung kleinerer Laserleistung als bei pulverbasierten Systemen möglich was Investkosten in das Lasersystem spart bzw. höhere Bauraten ermöglicht, unter magnetischem Feld arbeitsfähig und generell wirtschaftlicher als Pulversysteme in der gesamten wirtschaftlichen Betrachtung.



Zusammenfassung

Verfahren zur Herstellung von Werkstücken in einem Additiven Verfahren durch selektives verschmelzen einzelner Schichten mittels geeigneter Energiequelle, beispielsweise Laserstrahl oder Elektronenstrahl dadurch gekennzeichnet, dass die vorgelegten Einzelschichten aus porösen oder gepressten metallischen Platte bestehen, die aus einer Umwandlung von Metalloxiden gemäß [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] hergestellt wurden und sowohl im porösen als auch im gepressten Zustand noch sehr hohe Sinteraktivität aufweisen. Durch die Verwendung von Platten statt Pulvern ist Voraussetzung dafür, dass gradierte Werkstücke in x-y und/oder z Richtung gebaut werden können. Die Hauptvorteile des Verfahrens im Vergleich zu herkömmlichen Pulverbasierten Verfahren ist die geringere Staubentwicklung, die Möglichkeit der Gradierung in x,y und z Richtung, geringere Porenbildung durch höhere Dichte vor dem Lasern sowie höhere Sinteraktivität durch die vorhandene Feinkristallinität, dadurch auch Verwendung kleinerer Laserleistung als bei pulverbasierten Systemen möglich was Investkosten in das Lasersystem spart bzw. höhere Bauraten ermöglicht, unter magnetischem Feld arbeitsfähig und generell wirtschaftlicher als Pulversysteme in der gesamten wirtschaftlichen Betrachtung.



Additives Fertigungsverfahren zur Herstellung gradierter Werkstücke

Additive Fertigungsverfahren sind schon seit den 1970er Jahren in Entwicklung. Laserbasierte additive Fertigungsverfahren für den Bau metallischer Werkstücke sind seit ca. 1995 kommerziell verfügbar und unterliegen seither einer ständigen Weiterentwicklung. Heutige, moderne Systeme arbeiten nach unterschiedlichen Prinzipien, verwenden aber (abgesehen von drahtbasierten Laserauftragschweißsystemen) ausschließlich Metallpulver als Ausgangssubstanz. Man unterscheidet zwischen den „Pulverbett basierten Verfahren“ wie SLM (Selective Laser Melting), EBM (Electron Beam Melting) und den „Pulver-Düse-Verfahren“ wie LMD (Laser Metal Deposition). Bei den „Pulverbett basierten Verfahren“ wird Metallpulver Schicht für Schicht auf eine Bauplattform aufgetragen und dann in jeder Schicht gezielt mit dem Laser bzw. Elektronenstrahl selektiv aufgeschmolzen. Hierbei sei definitionsgemäß die Aufbaurichtung die z Koordinate und die x und y Achse definieren die Fläche einer Schicht in der selektiv aufgeschmolzen/belichtet wird. Beim LMD wird das Pulver durch eine Düse in den Fokus eines Laserstrahls geblasen und dort aufgeschmolzen.

Kennzeichnend für SLM, EBM und LMD ist, dass speziell gasverdüστε Pulver zum Einsatz kommen. Die Pulverpartikel müssen möglichst sphärische Kornform besitzen und in einem relativ engen Korngrenzenbereich vorliegen, um fehlerfrei aufgerakelt bzw. bei LMD eingeblasen werden zu können. Optimaler Korngrenzenbereich für SLM liegt zwischen 10 und 50µm, besser 20-50µm. Je gröber das Korn desto mehr Laserenergieeintrag ist für volles Aufschmelzen notwendig. Zu grobe Pulver sind unerwünscht, da sie eine relativ geringe Schüttdichte im aufgerakelten Zustand besitzen und so die Gefahr von Porenbildung im Aufschmelzprozess größer ist.

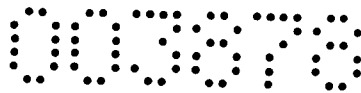
Bei den additiven Verfahren ist sehr feines Pulver (<10µm) aber auch hinderlich, da die Transportvorgänge im Pulver (Rakeln, Blasen etc.) nicht mehr optimal erfolgen. Die Rieselfähigkeit bzw. Fließeigenschaften der Pulver nehmen mit der Korngröße ab.

Bei der Pulverherstellung durch Gasverdüstung fällt nur ein geringer Prozentsatz (ca. 50%) im optimalen Korngrößenbereich von 20-50µm an. Die feineren und gröberen Bestandteile müssen ausgesiebt werden. Dies ist ein Grund für die relativ hohen Kosten pro kg für SLM Pulver.

Im Prinzip wären feinere Pulver (Nanopulver) im SLM (bzw. EBM) wünschenswert, da die erzielbare Schüttdichte vor dem Lasereintrag höher wäre und der Laserenergieeintrag geringer ausfallen kann um voll aufzuschmelzen. Die Schichtdicke könnte ebenfalls sehr gering gehalten werden, was die Detailtreue und die Genauigkeit erhöhen würde.

Allerdings gilt generell, je feinkörniger das Pulver desto mehr Staubbildung in der Umgebung erfolgt während der Verarbeitung. Zu den Sicherheitsmaßnahmen beim Betrieb einer SLM Anlage gehört heute in vielen Fällen schon einen Ganzkörperschutzanzug, Schutzbrillen und Atemschutz, um Kontakt von feinen Metallpulvern mit Haut, Augen und Atemwegen zu verhindern. Das Pulver kann aber ebenfalls in der SLM Maschine aufgewirbelt werden, was zu einer Belegung sämtlicher Teile (auch der optischen Linsen) im Innenraum mit Pulverpartikel führt. Ein Wechsel des Pulvers in der Anlage bedarf deshalb immer gründlichster Reinigung. Viele Betreiber gehen dazu über in einer Anlage nur ein einziges Material bzw. Pulverart zu verarbeiten um mögliche Kontaminationen nach Pulverwechsel auszuschließen.

Die wichtigsten Parameter beim SLM, auf Seite des Lasers, sind die Art des verwendeten Lasers (Wellenlänge), Leistung des Lasers, Strahldurchmesser, Geschwindigkeit und Abstand der



Laserspuren (hatch) Polarisierung und Betriebsart cw (continuous wave) oder gepulst. Die wichtigsten Parameter von Seite des Pulvers sind neben Art des Pulvers (Schmelzpunkt Absorptionsvermögen, Reaktivität) die Schichtdicke, Korngrößenverteilung und Pulverform (sphärisch).

Es hat sich in den letzten Jahren der Trend herauskristallisiert, dass man zu immer höheren Laserleistungen geht und mehr Laserstrahlquellen pro SLM Maschine einsetzt, um die Produktionsgeschwindigkeit (Bauraten) hinaufzuschrauben. Da die Laserquellen ein entscheidender Kostenfaktor von SLM Anlagen sind, gibt es aber auch Bemühungen billigere Laserquellen wie Diodenlaser für SLM zu verwenden. Den leistungsschwachen, günstigeren Lasern ist aber eine natürliche Grenze gesetzt. Das aufgetragene Pulver muss voll aufgeschmolzen werden. Es hat sich gezeigt, dass beim Bau mit extrem sinteraktiven Nanopulvern nur geringe Laserleistungen notwendig sind und diese auch mit leistungsschwachen Lasern verarbeitet werden können.

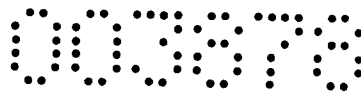
Die Möglichkeit einen Werkstoff mit gradierter Werkstoffstruktur herzustellen ist (im Gegensatz zu LMD) für SLM und EBD bisher nur begrenzt möglich. Dazu müsste man während des Aufbaus das Pulver wechseln. Dies ist dann möglich, wenn vorab mehrere Pulverkammern vorgesehen sind. Die Gradierung kann in z-Richtung, also schichtweise in Aufbaurichtung geschehen. Die Kontaminationsproblematik und die Gefahr der ungewünschten Vermischung bleiben bestehen. Ebenso ist anzumerken, dass die so verwendeten Pulver in allen vorgelegten Dispensereinheiten die Anforderungen bezüglich Auftragsfähigkeit (Rakelfähigkeit) erfüllen müssen.

Es ist hervorzuheben das bislang kein additives Verfahren eine Gradierung der Werkstoffe in der x-y Ebene (also in der Belichtungsfläche) und in z Richtung (Aufbaurichtung) erlaubt.

Ein wesentliches Merkmal der pulverbasierten Verfahren ist die Tatsache, dass nicht belichtetes Pulver nach Beendigung leicht mechanisch entfernt werden kann (z.B. durch Absaugen). Es ist vor allem bei eisenhaltigen Pulvern darauf zu achten im gesamten Bauraum entmagnetisierte Bauteile vorliegen zu haben. Auch die Bauplattformen sollten entmagnetisiert sein, da sich sonst die Pulverpartikel in unerwünschter Weise an einem magnetischen Punkt sammeln würden und so Inhomogenitäten beim Auftrag des Pulverbetts entstehen würden. Aus diesem Grund ist es auch nicht möglich während des Laserprozesses ein Magnetfeld anzulegen. Dies wäre unter Umständen wünschenswert, da eine im Magnetfeld erstarrende Schmelze besondere magnetische Eigenschaften besitzt, da sie magnetisch vorausgerichtet wird. Das gezielte Ein- und Ausschalten eines Magneten während des Aufbauprozesses würde zu in z-Richtung magnetisch gradierten Materialien führen.

Die vorliegende Erfindung beschreibt ein additives Fertigungsverfahren das es erlaubt

- nanostrukturierte Pulver
 - im Aufbau gradiert in x-y und/oder z Ebene
 - ohne Staubentwicklung beim Auftragen
 - ohne Kontamination des Bauraums- also einfachem Materialwechsel
 - unter Anlegen eines Magnetfeldes
 - unter geringeren Abfallmengen als derzeit üblich
- zu verarbeiten.



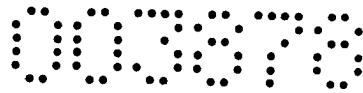
Beschreibung der Erfindung:

[EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] beschreibt eine spezielle Herstellung von Bauteilen mittels MIM (Metal injection Moulding). Dabei wird nicht wie üblicherweise vom Metallpulver ausgegangen sondern von den viel feinkörnigeren Oxiden. Die Metalloxide können im Nanometermaßstab verarbeitet werden, da sie schon oxidiert vorliegen. Metallpulver im Nanometermaßstab würden bei Kontakt mit Luft spontan verbrennen (oxidieren). Die Metalloxdpulver werden mit einem Polymer (Binder) vermischt und mit konventionellem Spritzguß zu Formkörpern (Grünlingen) geformt. Diese müssen anschließend vom Polymer befreit werden (Entbinderung) und das verbleibende Oxidgerüst wird in Wasserstoffatmosphäre zum Metall reduziert. Es entstehen hoch poröse, hoch reaktive metallische Formkörper mit nanoskaliger Grundstruktur. Diese werden gemäß [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] gepresst und gesintert oder (wie andernorts alternativ vorgeschlagen wurde) nur gesintert, (was einen erheblichen, schwer beherrschbaren Sinterschrumpf nach sich zieht) . Es können prinzipiell alle Metalloxide oder Gemische von Metalloxiden verwendet werden die sich mit Wasserstoff reduzieren lassen. Die wichtigsten so darstellbaren Metalle neben Eisen sind Nickel, Molybdän, Kobalt, Wolfram, Kupfer und Zinn. Ein für das Verfahren typischer Ansatz ist die Herstellung einfacher, binärer oder ternärer Legierungen aus den entsprechenden Metalloxiden. Die Zusammensetzung orientiert sich dabei meist an klassischen aus der Literatur bekannten Werkstoffkompositionen, auch wenn für die Bedingungen die im SLM herrschen diese zumeist etwas adaptiert werden.

Es werden nun dünne Platten mit einer Dicke von 0,05-5mm, vorzugsweise 0,2-1mm, am besten 0,2mm, aus einem Metalloxdpulver Bindemittelgemisch analog zu [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] hergestellt. Die Formgebung der Plattengrünlinge kann im Spritzguss erfolgen. Es ist allerdings wirtschaftlicher die Plattengrünlinge aus der Metalloxd-Polymer-Mischung mittels Walzprozess herzustellen. Dabei können mit einem konventionellen Walzenstuhl Platten bzw. Folien nahezu beliebiger Größe, Länge und Dicke produziert werden. Anschließend wird die Folie in Platten mit der Abmessung des SLM Bauraums z.B. typischerweise 250*250mm geschnitten. Nun werden die Folienstücke in spezielle Halterungen gegeben die ihnen mechanische Stabilität während des Entbinderns, und während der Reduktion unter Wasserstoff, bieten. Die Platten sind nach der Reduktion mechanisch fragil und hoch oxidationsempfindlich. Sie können nun entweder ständig unter Inertgasatmosphäre gehalten werden oder müssen stabilisiert werden über eine chemische Passivierung der Oberfläche, oder über einen Pressvorgang der die Platten um die Hälfte ihres Volumens (in z Richtung) verdichtet, und so die freie Oberfläche bzw. die Oxidationsreaktivität stark reduziert. Es kann natürlich auch beides hintereinander, also eine chemische Passivierung gefolgt von einem Pressschritt erfolgen.

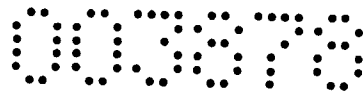
Eine solchermaßen hergestellte Platte hat-je nach Pressdruck- ungefähr die Hälfte der Grünlings-Folienstärke. Die Verwendung solcher Platten im SLM oder EBM anstelle von frei fließenden Pulvern bietet folgende Vorteile:

- Die Platten haben nach dem Pressen eine nicht gesinterte Nanostruktur. Es bedarf nur eines relativ geringen Energieeintrags durch den Laser sie selektiv aufzuschmelzen. Dadurch ist auch die Verwendung von Lasern kleiner Leistungsklasse (z.B. Diodenlaser 100W) möglich, bzw. bei Verwendung von gängigen Lasertypen generell eine höhere Baurate möglich.



- Die Dichte der vorgelegten Platte ist weit höher als die vergleichbare Schüttdichte bei Verwendung von Pulvern. Die Ausbildung von Porosität und Gaseinschlüssen wird so minimiert
- Es kommt zu keiner Staubbefreiung während des „Handlings“ da die metallischen Körner gebunden in Form einer Platte vorliegen. Dies reduziert sowohl die Anforderungen an die persönliche Schutzausrüstung sowie die Anforderungen an den Aufstellungsort der Maschine (kein Reinraum notwendig), was kostensenkend wirkt.
- Bei der Verwendung von Platten aus verschiedenen Grundmaterialien, beispielsweise in abwechselnder oder beliebiger Reihenfolge von Platten aus einem Reinmetall und Platten aus binären, ternären oder höheren Mischungen, fällt keine gegenseitige Kontamination der belichteten Flächen mit Fremdpuver an. Es können im Prinzip beliebig viele verschiedene Plattenmaterialqualitäten in einem „Baujob“ verarbeitet werden. (Die Anzahl möglicher Kombinationen ist nahezu unbegrenzt, wird aber letztlich durch die gewünschte Endqualität des Materials und die jeweiligen anzuwendenden Laserparameter bzw. das Schmelzverhalten eingeschränkt.) Der Bauraum wird ebenfalls nicht durch loses Pulver kontaminiert weshalb eine aufwändige Reinigung nach Prozessende entfallen kann. Es genügt eine oberflächliche Reinigung.
- Während des „Handlings“ und während des Laservorganges können magnetische Felder angelegt werden, da es zu keiner ungewollten Agglomeration freier Pulverkörner kommen kann. Es können so theoretisch auch magnetisch gradierte Materialien hergestellt werden.
- Das Anlegen eines Magnetfeldes an die gesamte Fläche der Bauplattform erleichtert die Beschickung der Bauplattform mit den dünnen Platten, egal ob diese schon außerhalb der SLM Anlage verpresst wurden oder erst in der SLM Anlage verpresst werden. Die Platten werden durch das Magnetfeld der Bauplattform fixiert. Ein Aufwölben der Platten während des Laserns infolge Wärmeverzugs wird so verhindert. Sobald die Platte über die ersten Laserschweißlinien fixiert ist kann die magnetische Haftkraft aufgehoben werden. Auch andere Arten der Fixierung über mechanische Hilfsmittel mit simultaner Punktverschweißung sind denkbar.
- Ein Anlegen eines Magnetfeldes in einem selektiven Bereich während des Aufschmelz- und Abkühlprozesses beeinflusst dort selektiv die magnetischen Eigenschaften des Bauteils. Es ist vorstellbar so direkt magnetisch basierte Informationen in das Bauteil einzuarbeiten.

Wie schon in [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] beschrieben können die porösen Metallstrukturen mit Fremdstoffen oder „Hilfsstoffen“ infiltriert werden. Um in die poröse Struktur einzudringen müssen die Fremdstoffe entweder in gelöster Form vorliegen oder als nanoskalige Partikel die kleiner sind als die natürlichen Kanäle der porösen Struktur. Im Falle der vorliegenden Erfindung bei Verwendung von porösen Platten in einem additiven Prozess kann der Infiltrationsschritt des Hilfsstoffes entfallen. Es genügt wenn die Platten oberflächlich mit dem Hilfsstoff versehen werden. Dieser Hilfsstoff kann ganzflächig pulverförmig auf die Platte aufgebracht oder nur selektiv in gewissen Bereichen der Platte aufgebracht werden. Praktischerweise werden die Hilfsstoffe in Form einer Suspension, mit einem später leicht entfernbaren Lösungsmittel, aufgesprüht. Nach verdampfen der Trägerflüssigkeit (z.B. Aceton) kann gepresst werden. Beim Pressen der Platte dringt der Hilfsstoff oberflächlich in die Grundstruktur ein und ist damit ausreichend mechanisch fixiert.



Wenn der Hilfsstoff selektiv auf der Fläche aufgebracht wird kann so eine Gradierung des Bauteils auch in der x-y Ebene erfolgen.

Als Hilfsstoffe kommen Metalle, Halbleiter, Oxide, Nitride, Carbide, Boride, Silizide, organische Verbindungen und sämtliche möglichen Mischungen dieser Stoffe in Frage. Es ist letztlich abhängig von der Verwendung des fertigen Bauteils. Steht z.B. der Korrosionsschutz einer Fe/Ni Legierung im Vordergrund kann beispielsweise auf die gesamte Platte zusätzlich Chrompulver aufgebracht werden. Will man die Funktion des Hilfsstoffes –z.B. Korrosionsschutz -nur selektiv an der Oberfläche des Bauteils, so müssen die Platten vorab vorbereitet werden, und die jeweilige Platte gemäß des individuellen 2D Querschnittes (Slice) an den betreffenden Stellen (z.B. im Bereich der Außenkontur) mit dem Hilfsstoff besprüht werden. Funktionen die der Hilfsstoff erfüllen soll sind beispielsweise eine selektiv höhere Härte oder Verschleißbeständigkeit, selektiv höhere oder geringere Wärmeleitfähigkeit oder selektiv bessere tribologische Eigenschaften des Werkstückes.

In einer Variation des Verfahrens, in einem vollautomatischen Modus, werden die porösen Platten mit dem individuellen Muster besprüht, das Lösungsmittel verdampft, die Platte in die SLM Anlage gelegt, mit einem Stempel verdichtet und selektiv mit Laserstrahlung aufgeschmolzen.

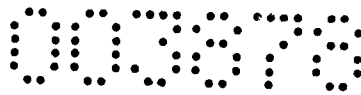
Es ist allerdings zu beachten, dass die Hilfsstoffe wesentliche Parameter wie Absorption und Reflektion des Materials verändern. Im Falle von selektiver Anwendung der Hilfsstoffe müssen die Laserparameter für diese Bereiche angepasst werden.

Die Erfindung bietet auch die Möglichkeit das additive Verfahren grundsätzlich zu beschleunigen, um letztlich in Richtung „Additive Manufacturing“ zu gehen und größere Serien herzustellen. In diesem Falle wird nicht die gesamte Fläche belichtet, sondern beispielsweise nur die Kontur des Bauteils und das Innere in einem groben „hatch“ Muster, also beispielsweise in einem Linienabstand von 1cm x/y versetzt. Die so hergestellten Bauteile (einer größeren Serie) werden einer abschließenden Sinterbehandlung in einem nachgeschalteten Ofenprozess unterzogen. Da die nicht belichteten Bereiche noch sinteraktiv sind verhalten sie sich wie in [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] beschrieben und sintern zu nahezu dichten Bauteilen.

Um die Abfallrate gering zu halten ist es denkbar die Folie schon im Grünlingszustand in die entsprechenden 2D Schnitte (slices) zurechtzuschneiden und geordnet weiterzuverarbeiten. Diese Technologie würde analog zur sog. Lumentechologie funktionieren und würde ein weiteres Beschleunigungspotential in der Fertigung bieten.

Ein spezielles Kennzeichen der additiven Verfahren ist die Möglichkeit nahezu unbegrenzt komplexe geometrische Formen zu erzeugen. Im Falle der Verwendung von Pulvern können nicht belichtete Pulver abschließend leicht aus schwer zugänglichen Hohlräumen entfernt werden. Man lässt sie ausrinnen oder bläst sie mit Druckluft aus. Im Falle der vorliegenden Erfindung ist dies nicht so einfach möglich. Es muss daher das Material aus unbelichtete Areale die im Inneren des Bauteils liegen (z.B. Bohrung, Hohlräume...) schon während des Aufbaus entfernt werden.

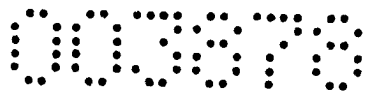
Am einfachsten kann dies bei ferromagnetischen Materialien über magnetische Kräfte erfolgen. Nach der Belichtung einer Schicht wird ein Magnet über die Fläche geführt, nicht belichtetes Material bleibt an ihm hängen und kann so entfernt werden. Diese Operation kann vom Fachmann leicht automatisiert werden.



Anwendungsbeispiel:

Ein Schneidwerkzeug (z.B. Messer, Fräser, Bohrer etc.), konkret ein Fräser mit Durchmesser 50mm und Höhe von 100mm soll an der Schneidkante hart und verschleißfest sein und im Inneren duktil. Um teure Legierungselemente zu sparen soll der Fräser nicht durchgängig legiert sein sondern nur im Bereich der Schneide. Im Gegensatz zum Einsatzhärten, Nitrieren oder Carbonitrieren kann der Bereich des „gradierten“ Materials beliebig tief/groß gewählt werden. Es wird nun eine Mischung aus Eisenoxid plus Nickeloxid und Bindemittel (Polyoxymethylen) gemäß [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] so hergestellt, dass eine Endstöchiometrie von FeNi₈ entsteht. Diese Mischung wird bei ca. 250°C (+/-50°C) zu einer dünnen Folie mit 0,5mm Dicke ausgewalzt und zurechtgeschnitten. Um Material zu sparen werden statt großen rechteckigen Platten, nur Scheiben aus der Folie gestanzt die im Durchmesser etwas größer sind als der Fräserdurchmesser (60mm). Dies führt zu einem minimalen Anteil an Abfallmaterial. Die Anzahl der produzierten Scheiben liegt bei 400. Diese werden geordnet in Haltern einer chemischen Entbinderung und der Reduktion im Ofen unter Wasserstoff gemäß [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] unterzogen. Nach der Reduktion werden sie unter Inertgasatmosphäre Stück für Stück selektiv mit einer Suspension im Tintenstrahldruck bedruckt. Als „Tinte“ kommt ein Gemisch aus Aceton und einem Hartstoff wie z.B. SiC oder einem carbidbildenden Refraktärmetall zum Einsatz. Je nach verwendeter Suspension können mehr oder weniger feine Spraydüsen im Tintenstrahldruck verwendet werden. Der so bedruckte Bereich hat einen Außendurchmesser von 60mm und einen Innendurchmesser von 35mm. Die mit dem Schneidstoff behandelte Zone erstreckt sich also 7,5mm in die Tiefe des fertigen Fräsers. Nach dem Trocknen werden die Scheiben Stück für Stück in die SLM Einheit transferiert. Dies geschieht mit Hilfe einer magnetischen Hebeplatte die gleichzeitig als Pressstempel fungiert. Die poröse Scheibe wird auf die Bauplattform gelegt und von oben durch den Pressstempel verdichtet. Der Pressstempel fährt hydraulisch auf die Sollposition. Anschließend wird das Magnetfeld im Pressstempel ausgeschaltet und ein Magnetfeld in der Bauplattform eingeschaltet. Der Pressstempel fährt zurück in die Position zur Abholung der nächsten Platte. Während dieser Zeit wird selektiv die Fräserkontur mit dem Laser belichtet. Durch 400malige Wiederholung dieses Vorganges entsteht ein in x-y Richtung gradierter Fräser über das modifizierte SLM Verfahren. Nach Beendigung des Vorganges wird die nicht belichtete Ringhülle mechanisch entfernt und einem (hier nicht beschriebenen) Recyclingprozess zugeführt.

Ein einfacher Ersatz der in der Erfindung beschriebenen Platten durch herkömmlich hergestellte Bleche ist zwar prinzipiell vorstellbar, aber herkömmlich hergestellte Bleche haben keine Sinteraktivität, hohes Reflexionsvermögen und sind nicht in der notwendig geringen Dicke verfügbar (z.B. in Refraktärmetallen). Die notwendigen Laserenergie wäre also um ein Vielfaches höher als bei den feinkristallinen Platten. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass man auch mit herkömmlichen Blechen arbeiten kann, wenn die Kräfte zum Niederhalten (z.B. magnetischen Kräfte) beim Lasern ausreichend hoch sind und das Abheben infolge Wärmeverzugs verhindert wird. Das Einlegen von dünnen Metallfolien (z.B. konventionelle Goldfolien, geschwärzt) in den von uns beschriebenen



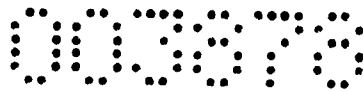
Prozess ist allerdings möglich, solange diese Folien ausreichend fixiert werden und genügend Absorptionsvermögen für den Laser aufweisen.

Ein Vergleich der pulverbasierten Systeme mit dem von uns vorgeschlagenen System auf Basis feinkörniger Platten zeigt folgendes Bild:

	Pulver	Platte
Staubentwicklung	-	+
Gradierung in z	+/-	+
Gradierung in x-y	-	+
Notwendige Laserenergie/Kosten Strahlquelle	-	+
Schüttdichte	-	+ (nach pressen)
Porenbildung	-	+
Sinteraktivität	-	+
Höhenkontrolle im SLM	+	+/-
Magnet anlegbar	-	+
Wirtschaftlichkeit Materialbetrachtung	-	+
Recyclingfähigkeit von verwendetem Material im selben Prozeß	+	-
Generelles Handling	+	+/-

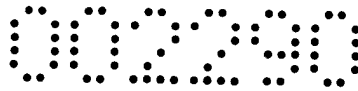
Bei den 12 verglichenen Punkten liegt das Plattensystem bei 9 Punkten besser als das Pulversystem. Die sofortige Wiederverwendbarkeit von nicht belichteten Randbereichen ist bei Verwendung von Platten im Gegensatz zur Verwendung von Pulvern nicht gegeben. Wenn man aber das Gesamtsystem wirtschaftlich betrachtet, gehen bei der Gasverdüsung schon 50% des produzierten Pulvers verloren und müssen recycelt werden müssen. Bei der Plattenherstellung geht 100% des eingesetzten Rohmaterials in das Zwischenprodukt der Platte und je nach Zuschnitt und Verhältnis der gelaserten Werkstücke zwischen 50-95% ins Endprodukt über. Das nicht belichtete Material kann im einfachsten Fall als Metallschrott dem Recycling zugeführt werden.

Das generelle Handling ist abgesehen von der Staubentwicklung- bei den Pulvern einfacher als bei den Platten. Da die Platten sehr fragil sind müssen sie mit mehr Sorgfalt gehandhabt werden.



Ansprüche

- 1.) Verfahren zur Herstellung von Werkstücken in einem Additiven Verfahren durch selektives verschmelzen einzelner Schichten mittels geeigneter Energiequelle, beispielsweise Laserstrahl oder Elektronenstrahl dadurch gekennzeichnet, dass die vorgelegten Einzelschichten aus porösen oder gepressten metallischen Platte bestehen, die aus einer Umwandlung von Metalloxiden gemäß [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] hergestellt wurden und sowohl im porösen als auch im gepressten Zustand noch sehr hohe Sinteraktivität aufweisen.
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Formgebung der Platten im ersten Schritt aus der Metalloxid Polymer Mischung mittels Walzen und anschließendem Zurechtschneiden in ein geeignetes Format geschieht.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1-2 dadurch gekennzeichnet, dass gepresste metallische Platten aus verschiedenen Grundmaterialien, also beispielsweise zu Beginn Platten aus Eisenkobaltlegierung ab einer gewissen Bauhöhe dann Platten aus einer ternären Eisen-Kobalt-Wolfram-legierung und abschließend reine Wolfram-platten verwendet werden, was eine Gradierung in z-Richtung ermöglicht.
- 4.) Verfahren nach Anspruch 1-3 dadurch gekennzeichnet, dass selektiv auf die einzelnen Platten organische oder anorganische Hilfsstoffe wie Metalle auch gelöst in Form ihrer Salze, Nichtmetalle, Oxide, Nitride, Carbide, Boride, Silizide, und sämtliche möglichen Mischungen dieser Stoffe aufgebracht werden und so nach Verpressen und selektivem Schmelzen in x-y Richtung gradierte Werkstücke entstehen.
- 5.) Verfahren nach Anspruch 1-4 dadurch gekennzeichnet, dass permanent oder intermittierend ein Magnetfeld über die ganze Baufläche angelegt wird.
- 6.) Verfahren nach Anspruch 1-4 dadurch gekennzeichnet, dass permanent oder intermittierend nur in ausgewählten Bereichen der Baufläche-selektiv- ein Magnetfeld während des Bauprozesses angelegt wird.
- 7.) Verfahren nach Anspruch 1-6 dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein herkömmlich hergestelltes Metallblech oder eine herkömmlich hergestellte Metallfolie als Einzelschicht eingebaut wird



Ansprüche

- 1.) Verfahren zur Herstellung von Werkstücken in einem Additiven Verfahren durch selektives Verschmelzen einzelner Schichten mittels geeigneter Energiequelle, beispielsweise Laserstrahl oder Elektronenstrahl dadurch gekennzeichnet, dass die vorgelegten Einzelschichten aus metallischen Platten bestehen, die mittels geeignetem Formgebungsprozess aus Metalloxid Polymer Mischungen und anschließender Umwandlung mittels Wasserstoff gemäß [EP 1268105; US 6939509 ; CA 24224733] hergestellt wurden.
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Formgebung der Platten im ersten Schritt durch Walzen der Metalloxid Polymer Mischung geschieht.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1-2 dadurch gekennzeichnet, dass die Platten die nach dem Umwandlungsschritt aus der Metalloxid Polymer Mischung porös vorliegen zu dichten Platten verpresst werden und mittels Schneidwerkzeugen soweit zurechtgeschnitten werden, dass sie auf die Baufläche des Additiven Verfahrens passen, wobei die Baufläche des Additiven Verfahrens jenen Bereich kennzeichnet der von der Energiequelle (Laser, Elektronenstrahl) überstrichen werden kann.
- 4.) Verfahren nach Anspruch 1-3 dadurch gekennzeichnet, dass die metallischen Platten aus chemisch unterschiedlichen Materialien bestehen, beispielsweise unterschiedlichen Refraktärmetallen bestehen, um eine Werkstoffgradierung in z-Richtung (Aufbaurichtung) zu ermöglichen.
- 5.) Verfahren nach Anspruch 1-2 dadurch gekennzeichnet, dass selektiv auf die einzelnen Platten organische oder anorganische Hilfsstoffe aufgebracht werden, welche die Materialeigenschaften lokal beeinflussen, beispielsweise Carbidbildner zur Erhöhung der lokalen Härte, und so beim selektiven Schmelzen auch in x-y Richtung gradierte Werkstücke entstehen.
- 6.) Verfahren nach Anspruch 1-4 dadurch gekennzeichnet, dass permanent oder intermittierend ein Magnetfeld über die Baufläche angelegt wird, das in der Lage ist die metallischen Platten auf der Baufläche zu fixieren.
- 7.) Verfahren nach Anspruch 1-4 dadurch gekennzeichnet, dass permanent oder intermittierend in ausgewählten Bereichen der Baufläche-selektiv- ein Magnetfeld während des Bauprozesses angelegt wird, um dort ein im Magnetfeld gerichtetes Erstarren der Schmelze zu ermöglichen.