

(19)



(11)

EP 3 739 113 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

18.09.2024 Patentblatt 2024/38

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

D21F 1/44^(2006.01) D21F 11/00^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

D21F 1/44

(21) Anmeldenummer: **20020212.5**

(22) Anmeldetag: **11.05.2020**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM HERSTELLEN EINES WASSERZEICHEN-WERKZEUGS**

METHOD AND DEVICE FOR MANUFACTURING A WATERMARKING TOOL

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE FABRICATION D'UN OUTIL DE FILIGRANAGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **16.05.2019 DE 102019003496**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

18.11.2020 Patentblatt 2020/47

(73) Patentinhaber: **Giesecke+Devrient Currency**

**Technology GmbH
81677 München (DE)**

(72) Erfinder: **Gregarek, André
81671 München (DE)**

(74) Vertreter: **Zeuner, Stefan
Zeuner Summerer Stütz
Nußbaumstrasse 8
80336 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 2 954 998

EP 3 739 113 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein das Gebiet der Herstellung von Wasserzeichenpapier und dabei insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Wasserzeichen-Werkzeugs für die Herstellung von Wasserzeicheneinsätzen.

[0002] Sicherheitspapiere für Banknoten, Ausweisdokumente und dergleichen werden bei der Papierherstellung oft mit Wasserzeichen ausgestattet, die eine Überprüfung der Echtheit des Sicherheitspapiers gestatten und die zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dienen. Zur Herstellung von Wasserzeichenpapier ist seit langem bekannt, Bronzesiebgewebe mit Messingprägestempeln in Reliefform zu bringen um bei der Papierherstellung unterschiedliche Ablagerungsschichtdicken der Fasern zu erhalten. Diese führen im fertigen Papier zu einem strukturierten Halbtonbild in Durchsicht, dem sogenannten Wasserzeichen. Um Wasserzeichen mit höherer Genauigkeit und Ortauflösung erzeugen zu können, ist es auch bekannt, die Spritzgusstechnologie mit anschließender Laserlochung der Spritzlinge für die Entwässerung einzusetzen, um Wasserzeicheneinsätze mit einem hochgenauen Spritzgussrelief zu erzeugen. Die Wasserzeicheneinsätze können mit einem Trägersieb verschweißt oder verklebt werden oder auch direkt in das Trägersieb eingespritzt werden.

[0003] Zur Herstellung solcher hochauflösender Wasserzeicheneinsätze wird beispielsweise ein Spritzgusswerkzeug mit einer Spritzgusskavität eingesetzt, in die zur Erzeugung des Wasserzeichensatzes Kunststoff einspritzbar ist und die mit einem hochauflösenden mehrstufigen Wasserzeichenrelief in Form des invertierten Spritzgussreliefs versehen ist. In der Druckschrift EP 2 954 998 A1 ist hierzu vorgeschlagen worden, ein solches Spritzgusswerkzeug durch ein additives Fertigungsverfahren als Schichtenfolge einer Mehrzahl fest miteinander verbundener Materialschichten auszubilden. Mit einem solchen additiv gefertigten Spritzgusswerkzeug sollten sich im Prinzip deutlich höher auflösende Wasserzeicheneinsätze und damit letztlich wesentlich kontrastreichere Wasserzeichen erzeugen lassen als mit Spritzgusswerkzeugen, die durch herkömmliche Fertigungsverfahren hergestellt wurden.

[0004] Bisher können allerdings die potentiell überlegenen Eigenschaften von durch additive Fertigungsverfahren (nachfolgend auch oft kurz als 3D-Druck bezeichnet) hergestellten Spritzgusswerkzeugen in der Produktion noch nicht zur Geltung gebracht werden. Dort sind 3D-gedruckte Spritzgusswerkzeuge vor allem wegen ihrer relativ rauen Oberfläche derzeit nicht verwendbar, da sich die erzeugten Spritzlinge nur schlecht entformen lassen, was zu Blasen im Entwässerungssieb führt. Wird die Oberfläche der 3D-gedruckten Werkzeuge nachbehandelt, erfordert dies einen zusätzlichen Prozessschritt, der eine zusätzliche Bearbeitungsstation benötigt. Dabei stellt sich nicht nur das Problem der exakten Positionierung des Werkzeugs für die Nachbehandlung, sondern

auch das Problem der Übergabe der 3D-Daten des hochauflösenden Oberflächenreliefs an die Nachbearbeitungsstation.

[0005] Ausgehend davon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden und insbesondere ein effektives Verfahren zum Herstellen eines produktionstauglichen Wasserzeichen-Werkzeugs anzugeben.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0007] Die Erfindung stellt ein Verfahren zum Herstellen eines Wasserzeichen-Werkzeugs mit einer Spritzgusskavität bereit, die mit einem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief versehen ist und in die zur Erzeugung eines Wasserzeichensatzes Kunststoff einspritzbar ist, wobei bei dem Verfahren

V) ein gewünschtes hochauflösendes, mehrstufiges Spritzgussrelief für den Wasserzeichensatz vorgegeben wird,

B) aus dem vorgegebenen Spritzgussrelief ein zugehöriges hochauflösendes, mehrstufiges Wasserzeichenrelief zur Erzeugung des vorgegebenen Spritzgussreliefs bestimmt wird,

E) in einer 3D-Druckvorrichtung durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials ein Werkzeugrohling mit dem in Schritt B) bestimmten Wasserzeichenrelief erzeugt wird,

G) der Werkzeugrohling nach Schritt E) in derselben 3D-Druckvorrichtung positionstreu angeordnet durch Laserbeaufschlagung poliert wird, um das erzeugte Wasserzeichenrelief zu glätten, und

W) der polierte Werkzeugrohling zu einem Wasserzeichen-Werkzeug weiterverarbeitet wird, wobei das in Schritt G) geglättete Wasserzeichenrelief das hochauflösende, mehrstufige Wasserzeichenrelief der Spritzgusskavität des Wasserzeichen-Werkzeugs bildet.

[0008] Im Rahmen dieser Beschreibung ist ein Wasserzeichen-Werkzeug ein Werkzeug für die Herstellung eines Wasserzeichensatzes, wobei das Wasserzeichen-Werkzeug eine Spritzgusskavität ausbildet, in die zur Erzeugung des Wasserzeichensatzes Kunststoff einspritzbar ist. Das Wasserzeichen-Werkzeug kann beispielsweise in Form eines Spritzgusswerkzeugs für die Herstellung eines Wasserzeichensatzes ausgebildet sein, der nachfolgend mit einem Entwässerungssieb verbunden wird. Das Wasserzeichen-Werkzeug kann aber beispielsweise auch ein Spritzgusswerkzeug mit einem Werkzeugoberteil und einem Werkzeugunterteil darstellen, wobei die beiden Werkzeigteile zwischen sich ein mit einer Aussparung versehenes Entwässerungssieb

aufnehmen und im Bereich der Aussparung eine Spritzgusskavität ausbilden, so dass ein Wasserzeicheneinsatz direkt in die Aussparung das Entwässerungssiebs eingespritzt werden kann.

[0009] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird der erzeugte Werkzeugrohling im Schritt G) entsprechend den in Schritt B) bestimmten Stufen des Wasserzeichenreliefs stufenweise geglättet. Dabei kann die Höhe der Stufen der Schichtdicke der in Schritt E) erzeugten Schichten entsprechen, die Stufenhöhe kann allerdings auch ein Vielfaches diese Schichtdicke betragen. In jeder Stufe werden mit Vorteil jeweils nur diejenigen Oberflächenbereiche des Wasserzeichenreliefs geglättet, auf denen in Schritt E) keine weitere Schicht aufgebaut wurde. Die Stufen des Wasserzeichenreliefs werden vorzugsweise von sequentiell von unten nach oben oder von oben nach unten geglättet, so dass jeweils eine Höhenstufe vollständig geglättet ist, bevor die nächsthöhere oder nächstniedrigere Stufe bearbeitet wird. Die Lage und Ausdehnung der Stufen und die Form und Lage der in jeder Stufe zu glättenden Oberflächenbereiche werden dabei vorteilhaft einem in Schritt B) erzeugten Datensatz zur Beschreibung des hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenreliefs entnommen.

[0010] Mit Vorteil wird der erzeugte Werkzeugrohling im Schritt G) durch Laserumschmelzpolieren geglättet. Beim Laserumschmelzpolieren wird kein Material abgetragen, sondern die zu glättende Oberfläche wird durch die einfallende Laserenergie zusammen mit eventuell an der Oberfläche anhaftenden Partikeln aufgeschmolzen, und dadurch die Unebenheiten in die Oberfläche integriert und diese geglättet. Darüber hinaus kann durch ein Aufschmelzen randnaher Schichtbereiche auch die Oberflächenflächenspannung in den geglätteten Schichten verringert werden.

[0011] Bei einer vorteilhaften Verfahrensführung wird der erzeugte Werkzeugrohling im Schritt G) in zwei oder mehr Polierschritten, die mit unterschiedlichen Laserparametern durchgeführt werden, geglättet. Dabei können durch einen Polierschritt mit Dauerstrich-Laserstrahlung wegen des fortlaufend bestehenden Schmelzbades nicht nur lokale Oberflächendefekte beseitigt, sondern auch Oberflächenwelligkeiten der zu glättenden Schicht wirkungsvoll reduziert werden. Ein Polierschritt mit gepulster Laserstrahlung ermöglicht durch die Wahl der Pulslänge und der Wiederholrate eine besonders genaue Regulierung des Wärmeflusses in die Schichtoberfläche. Es ist daher in einer vorteilhaften Gestaltung vorgesehen, dass ein Polierschritt, insbesondere ein erster Polierschritt, mit Dauerstrich-Laserstrahlung und ein weiterer Polierschritt, insbesondere ein nachfolgender Polierschritt, mit gepulster Laserstrahlung durchgeführt wird. Um die Oberfläche besonders schonend zu glätten, können mehrere Polierschritte mit einem relativ geringem Energieeintrag durchgeführt werden, bei dem jeweils nur ein oberflächennaher Bereich der zu glättenden Schicht aufgeschmolzen wird.

[0012] Der Werkzeugrohling wird bei einer vorteilhaft-

ten Verfahrensführung in Schritt E) auf einer verfahrbaren Arbeitsplatte erzeugt, und der erzeugte Werkzeugrohling wird im Schritt G) auf der verfahrbaren Arbeitsplatte für die Glättung der verschiedenen Stufen des Wasserzeichenreliefs in unterschiedliche Höhen verfahren.

[0013] Zwischen den Schritten E) und G) wird der Werkzeugrohling mit Vorteil in einem Schritt E2) der 3D-Druckvorrichtung entnommen, die 3D-Druckvorrichtung und vorzugsweise auch der Werkzeugrohling werden gereinigt, und der Werkzeugrohling wird dann positionsgenau wieder in die 3D-Druckvorrichtung eingesetzt, so dass er dort positionstreu zu seiner Lage nach Abschluss von Schritt E) angeordnet ist.

[0014] Die Positionstreuung kann vorteilhaft beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Werkzeugrohling in Schritt E) auf einer über Passsstifte auf der verfahrbaren Arbeitsplatte positionierten Bauplattform erzeugt wird, der Werkzeugrohling mit der Bauplattform in Schritt E2) der 3D-Druckvorrichtung entnommen wird, und die Bauplattform mit dem Werkzeugrohling nach der genannten Reinigung über die Passsstifte positionsgenau wieder auf der verfahrbaren Arbeitsplatte eingesetzt wird.

[0015] Zum Aufbauen des Werkzeugrohling in Schritt E) wird mit Vorteil ein Aufbaumaterial, insbesondere ein pulverförmiges Aufbaumaterial, schichtweise aufgebracht und durch Laserbeaufschlagung selektiv verfestigt. Die selektive Verfestigung in Schritt E) und das Laserumschmelzpolieren in Schritt G) werden dabei vorteilhaft mit demselben Lasersystem durchgeführt.

[0016] Im Schritt B) wird mit besonderem Vorteil ein das hochauflösende, mehrstufige Wasserzeichenrelief beschreibender Datensatz erzeugt, und mit diesem Datensatz wird sowohl der schichtweise Aufbau des Werkzeugrohlings in Schritt E), also auch das Polieren, insbesondere das stufenweise Glätten des Wasserzeichenreliefs in Schritt G) in der 3D-Druckvorrichtung gesteuert. Insbesondere kann auf Grundlage dieses Datensatzes die Laserbeaufschlagung in Schritt G) so gesteuert werden, dass jeweils nur diejenigen Oberflächenbereiche des Wasserzeichenreliefs geglättet werden, auf denen in Schritt E) keine weitere Schicht aufgebaut wurde.

[0017] Mit Vorteil ist weiter vorgesehen, dass in Schritt B) zur Bestimmung des hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenreliefs das vorgegebene Spritzgussrelief invertiert wird und dass vorzugsweise zudem senkrechte Strukturen im vorgegebenen Spritzgussrelief durch leicht geneigte Strukturen im Wasserzeichenrelief ersetzt werden. Leicht geneigte Strukturen sind dabei Strukturen mit einem Neigungswinkel zwischen $0,5^\circ$ und 4° , vorzugsweise zwischen $1,5^\circ$ und 3° , gegen die Senkrechte. Diese Maßnahmen erleichtert das Laserumschmelzpolieren auch bei fast senkrecht abfallenden Stufen des Wasserzeichenreliefs.

[0018] In einer vorteilhaften Ausgestaltung weist das hochauflösende mehrstufige Wasserzeichenrelief des Wasserzeichen-Werkzeugs Erhebungen und Vertiefun-

gen mit scharfen Rändern einer Randbreite zwischen 0,3 mm und 0,8 mm, vorzugsweise zwischen 0,4 mm und 0,6 mm auf. Die Randbreite ist dabei diejenige Breite innerhalb der die Höhe einer Erhebung von 90% der Maximalhöhe auf 10% abfällt, oder innerhalb der die Tiefe einer Vertiefung von 90% der Maximaltiefe auf 10% ansteigt.

[0019] Alternativ oder zusätzlich ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung vorgesehen, dass das hochauflösende mehrstufige Wasserzeichenrelief des Wasserzeichen-Werkzeugs eine mittlere Ortsfrequenz von 0,8 Lp/ mm bis 3 Lp/ mm aufweist. Die Ortsfrequenz stellt dabei ein Maß zur Quantifizierung der Bildschärfe dar. Sie gibt an, wie viele schwarz/weiße Linienpaare pro Längeneinheit maximal auflösbar sind, und wird üblicherweise in der Einheit Lp/mm (Linienpaare pro Millimeter) angegeben. Eine hohe Bildschärfe entspricht dabei einer hohen Ortsfrequenz, eine niedrige Bildschärfe einer niedrigen Ortsfrequenz. Die Bezeichnung "mittlere Ortsfrequenz" trägt der Tatsache Rechnung, dass die Ortsfrequenz nicht im gesamten Bereich des Wasserzeichenreliefs konstant sein muss.

[0020] Im Schritt W) wird der polierte Werkzeugrohling in einer solchen Weise zu einem Wasserzeichen-Werkzeug weiterverarbeitet, dass das in Schritt G) geglättete Wasserzeichenrelief das hochauflösende, mehrstufige Wasserzeichenrelief der Spritzgusskavität des Wasserzeichen-Werkzeugs bildet. Der polierte Werkzeugrohling kann beispielsweise als ein die Reliefstruktur der Spritzgusskavität aufweisender Reliefeinsatz in das Reliefwerkzeug eines Spritzgusswerkzeugs eingesetzt werden. Der polierte Werkzeugrohling kann auch das gesamte Reliefwerkzeug eines Spritzgusswerkzeugs bilden, wobei das Reliefwerkzeug zur Vervollständigung des Spritzgusswerkzeugs noch mit einem zugehörigen Düsenwerkzeug kombiniert wird. Schließlich kann der polierte Werkzeugrohling bei entsprechender Auslegung auch bereits im Wesentlichen das vollständige Spritzgusswerkzeug darstellen.

[0021] Die Erfindung enthält auch eine Vorrichtung zum Herstellen eines Wasserzeichen-Werkzeugs mit einer Spritzgusskavität, die mit einem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief versehen ist, mit

- einer höhenverfahrbaren Arbeitsplatte und einer lösbar aber positionstreu mit der höhenverfahrbaren Arbeitsplatte verbundenen Grundplatte, auf der ein Werkzeugrohling mit einem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials aufgebaut wird,
- eine Bestrahlungseinrichtung zum selektiven Bestrahlen des Aufbaumaterials,
- einer Steuereinrichtung, die ausgelegt ist um
 - einerseits die höhenverfahrbare Arbeitsplatte

und die Bestrahlungseinrichtung zum Aufbau des Werkzeugrohlings mit dem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief zu steuern, und

- andererseits die höhenverfahrbare Arbeitsplatte und die Bestrahlungseinrichtung zum Polieren des aufgebauten Werkzeugrohlings und zum Glätten des hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief zu steuern.

[0022] Bevorzugt handelt es sich bei der Bestrahlungseinrichtung um eine Lasereinrichtung.

[0023] Anstelle des bevorzugten Polierens mittels Laserbeaufschlagung kann der Werkzeugrohling grundsätzlich auch durch Elektropolieren, plasmaelektrolytisches Polieren, trockenes Elektropolieren oder durch Strahlen mit abrasiven Medien geglättet werden.

[0024] Elektropolieren ist ein elektrochemische Abtragverfahren mit Fremdstromquelle, bei dem in einem werkstoffspezifischen Elektrolyten Metall anodisch abgetragen wird. Die Bearbeitung trägt ohne mechanische oder thermische Belastung durch anodische Auflösung eine dünne Werkstoffschicht von der Oberfläche des Werkzeugrohlings ab. Elektropolieren wirkt im Mikrobereich, ohne Formen und Makrostrukturen zu verändern.

[0025] Das elektrolytische Plasmapolierverfahren ist eine neuere Entwicklung im Bereich der Oberflächentechnik. Im Unterschied zum elektrochemischen Polieren verwendet das Plasmapolierverfahren als Elektrolyt wässrige Salzlösungen, die als ökologisch unbedenklich gelten, so dass keine speziellen Reinigungsanlagen notwendig sind. Der anodisch gepolte metallische Werkstoffrohling wird in das elektrolytische Bad einer wässrigen Salzlösung, insbesondere einer wässrigen Ammoniumsulfatlösung gegeben. Nach dem Eintauchen des Werkstückes führen Entladungsvorgänge an der Anode zu einer Plasmaentwicklung. In der dabei entstehenden Gaszone finden die eigentlichen Elektrolyseprozesse statt, die zu einem Materialabtrag und zur Glättung der Oberfläche des Werkzeugrohlings führen.

[0026] Neben diesen nasschemischen Elektropolierverfahren, die eine Flüssigkeit als Elektrolyt verwenden, kommen auch trockene Elektropolierverfahren in Frage, die zum Ionentransport einen pulverförmigen Elektrolyten einsetzen. Die Konturen des Werkstückes bleiben beim trockenen Elektropolierverfahren erhalten, es wird ein gezielter Materialabtrag an der Oberfläche erzeugt und auch die Oberflächentextur des Werkstückes bleibt bestehen.

[0027] Schließlich kann der Werkzeugrohling auch durch Strahlen mit abrasiven Medien geglättet werden. Dabei werden kleine Partikel, beispielsweise aus Glas, Korund oder Kunststoff mit hohem Druck auf den Werkzeugrohling geschleudert und dadurch Rauheitsspitzen eingeebnet und die Oberfläche geglättet.

[0028] Weitere Ausführungsbeispiele sowie Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert, bei deren Darstellung auf eine maßstabs- und

proportionsgetreue Wiedergabe verzichtet wurde, um die Anschaulichkeit zu erhöhen.

[0029] Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Entwässerungssieb mit einem Siebgewebe, in das im Bereich einer Aussparung ein Wasserzeicheneinsatz eingespritzt ist,

Fig. 2 ein Spritzgusswerkzeug mit einem erfindungsgemäß hergestellten Reliefeinsatz zum Einspritzen des Wasserzeicheneinsatzes der Fig. 1 in das Entwässerungssieb,

Fig. 3 in (a) bis (h) verschiedene Zwischenschritte bei einer beispielhaften Herstellung des Reliefeinsatzes der Fig. 2 in einer 3D-Druckvorrichtung, und

Fig. 4 schematisch eine Vorrichtung zum Herstellen eines Wasserzeichen-Werkzeugs der beschriebenen Art.

[0030] Die Erfindung wird nun am Beispiel eines Spritzgusswerkzeugs 30 für die Erzeugung eines Wasserzeichensatzes 20 eines Entwässerungssiebes 10 erläutert. Figur 1 zeigt hierzu schematisch ein Entwässerungssieb 10 mit einem Siebgewebe 12, in das im Bereich einer Aussparung 14 ein Wasserzeicheneinsatz eingespritzt ist. Der Wasserzeicheneinsatz 20 weist ein hochauflösendes, mehrstufiges Spritzgussrelief 22 auf, das eine sehr detailreiche Darstellung graphischer Motive, beispielsweise eines Portraits erlaubt. Wie üblich ist der Wasserzeicheneinsatz 20 mit einer Mehrzahl kleiner Perforationen 24 versehen, um bei der Papierherstellung eine Entwässerung auch im Bereich des Wasserzeicheneinsatzes 20 sicherzustellen.

[0031] Figur 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Spritzgusswerkzeug 30 zum Einspritzen des Wasserzeicheneinsatzes 20 in das Entwässerungssieb 10 der Fig. 1. Das Spritzgusswerkzeug 30 enthält ein Düsenwerkzeug 32, das als Spritzgusswerkzeugoberteil dient, und ein Reliefwerkzeug 50, das als Spritzgusswerkzeugunterteil dient. Das Düsenwerkzeug 32 ist in Form einer flachen Platte mit einer Ober- und einer Unterseite ausgebildet. An seiner Unterseite ist in dem Düsenwerkzeug 32 eine Düsenwerkzeugkavität 36 ausgebildet, die mit einer an der Oberseite des Düsenwerkzeugs 32 angeordneten Düsenöffnung zum Einspritzen von Kunststoff in die Düsenwerkzeugkavität 36 verbunden ist. Das Reliefwerkzeug 50 ist ebenfalls in Form einer flachen Platte mit einer Ober- und einer Unterseite ausgebildet, wobei in das Reliefwerkzeug 50 an der Oberseite ein 3D-gedruckter Reliefeinsatz 40 eingesetzt ist, der an seiner Oberseite mit einem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief 54 in Form des invertierten Spritzgussreliefs 22 versehen ist.

[0032] Nach dem Ausschneiden der Aussparung 14 aus dem Siebgewebe 12 wird das Spritzgusswerkzeug

30 mit Düsenwerkzeug 32 und Reliefwerkzeug 50 an die ausgesparten Stellen des Entwässerungssiebs 10 verfahren, so dass das Düsenwerkzeug 32 oberhalb und das Reliefwerkzeug 50 mit dem Reliefeinsatz 40 deckungsgleich unterhalb der Aussparung 14 angeordnet sind. Dann werden die beiden Werkzeuge 32, 50 in vertikaler Richtung zusammengeführt, so dass sie das Entwässerungssieb 10 im Bereich der Aussparung 14 mit einem vorgegebenen Pressdruck zwischen sich aufnehmen.

[0033] Das Spritzgusswerkzeug 30 bildet dabei eine Spitzgusskavität 56 aus, die die Düsenwerkzeugkavität 36 und die Aussparung 14 des Entwässerungssiebs 10 umfasst und die an ihrer Unterseite von dem Wasserzeichenrelief 54 des Reliefeinsatzes 40 des Reliefwerkzeugs 50 begrenzt ist. Beim Einspritzen von Kunststoff in die Spitzgusskavität 56 entsteht so ein direkt in das Entwässerungssieb 10 eingespritzter Wasserzeicheneinsatz 20 mit dem gewünschten Spritzgussrelief 22. Nach dem Entfernen des Spritzgusswerkzeugs 30 enthält das Entwässerungssieb 10 einen Wasserzeicheneinsatz 20 mit dem hochauflösenden Relief 22, wie in Fig. 1 gezeigt.

[0034] Der Reliefeinsatz 40 des Reliefwerkzeugs 50 umfasst eine Grundplatte mit dem hochauflösenden mehrstufigen Wasserzeichenrelief 54, wobei der Reliefeinsatz 40 einschließlich Grundplatte und Relief 54 durch ein additives Fertigungsverfahren als Schichtenfolge einer Mehrzahl fest miteinander verbundener Materialschichten 42 gebildet ist. Im Ausführungsbeispiel ist dieser 3D-gedruckte Reliefeinsatz 40 in ein in herkömmlich Weise erzeugtes Reliefwerkzeug 50 eingesetzt. Es ist allerdings auch möglich, das gesamte Reliefwerkzeug 50 und gegebenenfalls auch das Düsenwerkzeug 32 durch ein additives Fertigungsverfahren zu erzeugen.

[0035] Als Besonderheit stellt die vorliegende Erfindung ein effektives und hochgenaues Herstellungsverfahren bereit um den wesentlichen, das Wasserzeichenrelief 54 enthaltenden Teil 40 des Spritzgusswerkzeugs zu erzeugen. Das Verfahren ist nachfolgend mit Bezug auf Figur 3 im Detail erläutert, die in (a) bis (h) verschiedene Zwischenschritte bei einer beispielhaften Herstellung des Reliefeinsatzes 40 zeigt.

[0036] Mit Bezug zunächst auf Fig. 3(a) enthält eine ausschnittsweise dargestellte 3D-Druckvorrichtung 60 eine verfahrbare Arbeitsplatte 62, die in einem Bearbeitungsraum 64 vertikal verfahrbar ist. Der Reliefeinsatz 40 wird auf einer Bauplattform 66 aufgebaut, die über mehrere Passstifte 68 lösbar mit der Arbeitsplatte 62 verbunden ist. Durch die Passstifte 68 und entsprechende Ausnehmungen in der Bauplattform 66 ist sichergestellt, dass die Bauplattform der 3D-Druckvorrichtung entnommen und nachfolgend positionstreu wieder in die 3D-Druckvorrichtung eingesetzt werden kann.

[0037] Zur Erzeugung eines Reliefeinsatzrohlings 84 wird dieser in der 3D-Druckvorrichtung 60 durch selektiven Laserstrahlschmelzen (LBM, laser beam melting), also durch schichtweises Aufbringen und selektives Ver-

festigen eines Aufbaumaterials erzeugt.

[0038] Dazu wird zunächst auf Grundlage des vorgegebenen Spritzgussreliefs 22 des Wasserzeichensatzes 20 ein zugehöriges hochauflösendes, mehrstufiges Wasserzeichenrelief 54 bestimmt, das beim späteren Einspritzen des Kunststoffes in die Spritzgusskavität 56 das gewünschte Spritzgussrelief erzeugt. Diese Bestimmung erfolgt vorzugsweise rechnergestützt und umfasst eine Invertierung des vorgegebenen Spritzgussreliefs 22. Zusätzlich können weitere Aufbereitungsschritte vorgesehen sein, die den Besonderheiten des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens Rechnung tragen. Beispielsweise kann es für den weiter unten beschriebenen Laserpolierschritt vorteilhaft sein, wenn das Wasserzeichenrelief 54 keine vollkommen senkrechten Strukturen aufweist.

[0039] Daher werden eventuelle senkrechte Strukturen im Spritzgussrelief 22 im Wasserzeichenrelief 54 durch leicht geneigte Strukturen ersetzt. Für die leicht geneigten Strukturen haben sich Neigungswinkel α zwischen $0,5^\circ$ und 4° , vorzugsweise zwischen $1,5^\circ$ und 3° , insbesondere von etwa $2,5^\circ$ gegen die Senkrechte als vorteilhaft erwiesen. Nach Wahl eines Neigungswinkels α , beispielsweise $\alpha = 2,5^\circ$, werden alle Strukturen des Spritzgussreliefs 22 mit einem Steigungswinkel zwischen 90° und $90^\circ - \alpha$ im Wasserzeichenrelief 54 durch leicht geneigte Strukturen mit einem Steigungswinkel $90^\circ - \alpha$ ersetzt. Die 3D-Daten des so bestimmten Wasserzeichenreliefs 54 bilden einen Datensatz, der als Bau-datei an eine Rechneinheit übermittelt wird, die auf deren Grundlage die 3D-Druckvorrichtung 60 entsprechend steuert.

[0040] Es versteht sich, dass die graphische Darstellung in Fig. 3 zur Illustration des Erfindungsprinzips stark schematisiert ist. Beispielsweise haben die Granulat- bzw. Pulverpartikel des Aufbaumaterials in der Praxis meist unterschiedliche Größe, im Ausführungsbeispiel etwa eine maximale Größe von $63 \mu\text{m}$. Damit werden beispielsweise verfestigte Pulverschichten einer Schichtdicke von etwa $20 \mu\text{m}$ erzeugt. Es versteht sich weiter, dass der Reliefeinsatzrohling in der Praxis nicht nur aus einigen wenigen, sondern einer großen Zahl von separat aufgetragenen und verfestigten Schichten aufgebaut wird, so dass eine hohe Auflösung und Detailtreue des Wasserzeichenreliefs 54 erreicht werden kann.

[0041] Mit Bezug noch auf Fig. 3(a) wird zunächst eine erste Granulat- bzw. Pulverschicht 70 des Aufbaumaterials auf die Bauplattform 66 aufgebracht. Das Aufbaumaterial wird im Bereich 72 der gewünschten Abmessungen des Rohlings durch Laserbeaufschlagung 74 miteinander verschmolzen und dadurch selektiv verfestigt. Wie in Fig. 3(b) schematisch dargestellt, weist die selektiv verfestigte Materialschicht 76 eine relativ große Oberflächenwelligkeit 78 auf. Die Größe der Welligkeit der Materialschicht 76 hängt von den Details des Bauprozesses ab und beträgt beispielsweise knapp $10 \mu\text{m}$.

[0042] Nach der Verfestigung der ersten Schicht 76

wird die Arbeitsplatte 62 schrittweise abgesenkt und jeweils weitere Granulat- bzw. Pulverschichten aufgebracht und verfestigt, um die Grundplatte 80 des Wasserzeicheneinsatzes 20 fertigzustellen, wie in Fig. 3(c) gezeigt. Wie in der Figur illustriert wurde die Welligkeit der ersten Schicht 76 durch die nachfolgend vollflächig aufgetragenen Schichten eingeebnet, während die oberste Schicht 82 der Grundplatte 80 herstellungsbedingt eine relativ große Oberflächenwelligkeit 78 aufweist.

[0043] Zur Erzeugung der Reliefstruktur des hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenreliefs wird die Arbeitsplatte 62 dann weiter abgesenkt und das Relief mit den von der Rechneinheit gelieferten 3D-Daten in der gewünschten Form stufenweise auf der Grundplatte 80 aufgebaut, bis schließlich der vollständige Reliefeinsatzrohling 84 aufgebaut ist, wie in Fig. 3(d) dargestellt. Es versteht sich, dass das Wasserzeichenrelief 54 des Rohlings in der Praxis in der Regel wesentlich komplexer ist als die schematische Darstellung der Fig. 3(d) erkennen lässt. Das Wasserzeichenrelief kann neben den hochauflösenden, fein abgestuften Reliefbereichen auch binäre Reliefbereiche mit großen Höhenunterschieden enthalten, die Elektrotypen nachbilden. Solche binäre Bereiche sind wegen ihres großen Kontrasts vor allem zur Erzeugung von Zeichenfolgen und insbesondere Wertzahlen, etwa der Denomination einer Banknote im Wasserzeichen, besonders gut geeignet.

[0044] Wie in Fig. 3(d) illustriert, ist die Oberfläche des Reliefeinsatzrohlings 84 nach seiner Fertigstellung typischerweise mit nicht verschmolzenem Aufbaumaterial 86 eingedeckt. Auch weist jeweils die oberste Schicht jeder Stufe die bereits angesprochene, relativ große Oberflächenwelligkeit 78 auf. Aus Fig. 3(d) ist auch ersichtlich, dass die Stufenhöhe nicht mit der Schichthöhe zusammenfallen muss, da Stufen auch durch eine Abfolge mehrerer Schichten gebildet sein können. Bei der genannten Schichthöhe der verfestigten Pulverschichten von $20 \mu\text{m}$ weisen die Stufen des Wasserzeichenreliefs 54 eine minimale Stufenhöhe von $20 \mu\text{m}$ auf, so dass sehr feine Helligkeitsabstufungen im Wasserzeichen möglich sind.

[0045] Um den Reliefeinsatzrohling 84 in der 3D-Druckvorrichtung 60 weiterverarbeiten zu können, wird der Rohling 84 der 3D-Druckvorrichtung 60 entnommen und der Bearbeitungsraum 64 der 3D-Druckvorrichtung und der Rohling 84 werden gereinigt. Anschließend wird der gereinigte Reliefeinsatzrohling 84 wieder in die gereinigte 3D-Druckvorrichtung 60 eingesetzt, wie in Fig. 3(e) dargestellt. Das positionstreue Einsetzen des Reliefeinsatzrohlings 84 ist mit den Passstiften 68 praktisch ohne Positionstoleranzen möglich.

[0046] Um die Oberfläche des Rohlings 84 zu glätten, wird die Arbeitsplatte 62 mit dem Rohling dann in eine Position verfahren, in der die Oberfläche der ersten zu glättenden Schicht in der Bearbeitungsebene 90, beispielsweise der Fokusebene des Bearbeitungslasers liegt (Fig. 3(e)). Bei dem beschriebenen Aufbau stellt die

erste zu glättende Schicht die oberste Schicht 82 der Grundplatte 80 des Rohlings 84 dar.

[0047] Von der Schicht 82 sollen nun gerade die freiliegende Oberflächenbereiche 92 geglättet werden, also diejenigen Oberflächenbereiche 92, auf denen keine weitere Schicht aufgebaut wurde. Die benötigten Informationen über Form und Lage dieser Oberflächenbereiche 92 liegen in dem in der Rechneinheit gespeicherten Datensatz vor. Auf Grundlage dieser 3D-Daten können daher gezielt nur die freiliegenden Oberflächenbereiche 92 der ersten Schicht 82 mit der fokussierten Laserstrahlung 94 beaufschlagt und dabei umschmelzpoliert werden. Wie weiter oben bereits erläutert, wird dabei kein Material abgetragen, sondern die wellige Oberfläche 78 wird zusammen mit eventuell anhaftenden Partikeln durch die einfallende Laserenergie aufgeschmolzen und diese Unebenheiten in die Oberfläche der Schicht 82 integriert. Auch wird die Oberflächenflächenspannung der Schicht reduziert indem randnahe Schichtbereiche vollständig aufgeschmolzen werden. Figur 3(f) zeigt schematisch den Zustand des Rohlings 84 nach dem Umschmelzpolieren der ersten Schicht 82 mit nunmehr geglätteten Oberflächenbereichen 92.

[0048] Die Arbeitsplatte 62 mit dem Rohling 84 wird dann in eine Position verfahren, in der die Oberfläche der zweiten zu glättenden Schicht in der Bearbeitungsebene 90 liegt. Dem gespeicherten Datensatz werden Form und Lage derjenigen Oberflächenbereiche 96 der zweiten Schicht entnommen, auf denen keine weitere Schicht aufgebaut wurde und die ermittelten Oberflächenbereiche 96 der zweiten Schicht werden mit der fokussierten Laserstrahlung 94 umschmelzpoliert. Figur 3(g) zeigt schematisch den Zustand des Rohlings 84 nach dem Umschmelzpolieren der ersten und zweiten Schicht mit nunmehr geglätteten Oberflächenbereichen 92, 96.

[0049] Diese Vorgehensweise wird Stufe für Stufe fortgesetzt, bis in allen Stufen die freiliegenden Oberflächenbereiche des Wasserzeichenreliefs 54 geglättet sind, wie in Fig. 3(h) gezeigt. Der fertige, umschmelzpolierte Reliefeinsatz 40 wird dann der 3D-Vorrichtung 60 entnommen und schließlich dem Reliefwerkzeug 50 der Fig. 2 eingesetzt. Beim Aufbau des Reliefeinsatzes 40 können dabei bereits alle für die Montage im Reliefwerkzeug 50 erforderlichen Bohrungen und Passerungen mit aufgebaut werden. Wie erwähnt, kann alternativ auch das gesamte Reliefwerkzeug 50 im 3D-Druck erzeugt werden.

[0050] Die beim Umschmelzpolieren verwendete Bearbeitungsebene 90 muss nicht zwingend die Fokusebene der Laserstrahlung sein. Es kann sich in manchen Ausgestaltung auch empfehlen, das Umschmelzpolieren etwas außerhalb der Fokusebene durchzuführen. Die zu glättenden Schichten werden dann jeweils in diese, etwas außerhalb der Fokusebene liegende Bearbeitungsebene 90 verfahren.

[0051] Als Bearbeitungslaser für das Umschmelzpolieren wird mit Vorteil dasselbe Lasersystem eingesetzt, das auch für die selektive Verfestigung der Material-

schichten beim Aufbau des Rohlings verwendet wird, so dass keine zusätzliche Laserquelle erforderlich ist. Auch ein Datentransfer oder eine Anpassung von Positionsdaten ist für das Umschmelzpolieren nicht erforderlich, da der Laserpolierschritt positionstreu in der Aufbauvorrichtung durchgeführt wird, so dass der dort bereits vorliegende 3D-Datensatz für die Steuerung des Polierschritts verwendet werden kann.

[0052] Figur 4 zeigt schematisch eine Vorrichtung 100 zum Herstellen eines Wasserzeichen-Werkzeugs der beschriebenen Art. Die Vorrichtung 100 enthält eine 3D-Druckvorrichtung 60 mit einer verfahrbaren Arbeitsplatte 62 und einem Bearbeitungslaser 102. Derselbe Bearbeitungslaser 102 wird sowohl für das Aufschmelzen des Aufbaumaterials beim schichtweisen Aufbau und Verfestigen des Rohlings verwendet, als auch für das Umschmelzpolieren der Oberflächenunebenheiten des aufgebauten Rohlings.

[0053] Zur Steuerung der verfahrbaren Arbeitsplatte 62 und des Bearbeitungslasers 102 im Rahmen des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens enthält die Vorrichtung 100 eine Recheneinheit 104. Diese steuert die Arbeitsplatte 62 und den Bearbeitungslaser 102 auf Grundlage eines Datensatzes in Form einer Baudatei 106, die von der gewünschten Form des hochauflösenden Spritzgussreliefs des Wasserzeicheneinsatzes 20 abgeleitet wurde. Die Baudatei 106 wird dabei zweifach genutzt, nämlich zunächst zum schichtweisen additiven Aufbau des Werkzeugrohlings und nachfolgend zum stufenweisen Umschmelzpolieren des Werkzeugrohlings zur Glättung der herstellungsbedingten Oberflächenfehler.

Bezugszeichenliste

[0054]

10	Entwässerungssieb
12	Siebgewebe
14	Aussparung
20	Wasserzeichensatz
22	Spritzgussrelief
24	Perforationen
30	Spritzgusswerkzeug
32	Düsenwerkzeug
36	Düsenwerkzeugkavität
40	Reliefeinsatz
42	Materialschichten
50	Reliefwerkzeug
54	Wasserzeichenrelief
56	Spitzgusskavität
60	3D-Druckvorrichtung
62	Arbeitsplatte
64	Bearbeitungsraum
66	Bauplatzform
68	Passstifte
70	Pulverschicht
72	Bereich Abmessungen

74	Laserbeaufschlagung	
76	verfestigte Materialschicht	
78	Oberflächenwelligkeit	
80	Grundplatte	
82	oberste Schicht der Grundplatte	5
84	Reliefeinsatzrohlings	
86	nicht verschmolzenes Aufbaumaterial	
90	Bearbeitungsebene	
92	freiliegende Oberflächenbereiche in erster Schicht	10
94	Laserstrahlung	
96	freiliegende Oberflächenbereiche in zweiter Schicht	
100	Vorrichtung	
102	Bearbeitungslaser	15
104	Recheneinheit	
106	Baudatei	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Wasserzeichen-Werkzeugs (30) mit einer Spritzgusskavität (56), die mit einem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief (54) versehen ist und in die zur Erzeugung eines Wasserzeichensatzes (20) Kunststoff einspritzbar ist, wobei bei dem Verfahren
 - V) ein gewünschtes hochauflösendes, mehrstufiges Spritzgussrelief (22) für den Wasserzeichensatz (20) vorgegeben wird,
 - B) aus dem vorgegebenen Spritzgussrelief (22) ein zugehöriges hochauflösendes, mehrstufiges Wasserzeichenrelief (54) zur Erzeugung des vorgegebenen Spritzgussreliefs (22) bestimmt wird,
 - E) in einer 3D-Druckvorrichtung (60) durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials (70) ein Werkzeugrohling (84) mit dem in Schritt B) bestimmten Wasserzeichenrelief (54) erzeugt wird,
 - G) der Werkzeugrohling (84) nach Schritt E) in derselben 3D-Druckvorrichtung (60) positionstreu angeordnet durch Laserbeaufschlagung poliert wird, um das erzeugte Wasserzeichenrelief (54) zu glätten, und
 - W) der polierte Werkzeugrohling (40) zu einem Wasserzeichen-Werkzeug (30) weiterverarbeitet wird, wobei das in Schritt G) geglättete Wasserzeichenrelief das hochauflösende, mehrstufige Wasserzeichenrelief der Spritzgusskavität (56) des Wasserzeichen-Werkzeugs (30) bildet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der erzeugte Werkzeugrohling (84) im Schritt G) entsprechend den in Schritt B) bestimmten Stufen des Wasserzeichenreliefs (54) stufenweise geglättet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei in jeder Stufe jeweils nur diejenigen Oberflächenbereiche des Wasserzeichenreliefs (54) geglättet werden, auf denen in Schritt E) keine weitere Schicht aufgebaut wurde.
4. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der erzeugte Werkzeugrohling (84) im Schritt G) durch Laserumschmelzpolieren geglättet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der erzeugte Werkzeugrohling (84) im Schritt G) in zwei oder mehr Polierschritten, die mit unterschiedlichen Laserparametern durchgeführt werden, geglättet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei ein Polierschritt mit Dauerstrich-Laserstrahlung und ein Polierschritt mit gepulster Laserstrahlung durchgeführt wird.
7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Werkzeugrohling (84) in Schritt E) auf einer verfahrbaren Arbeitsplatte (62) erzeugt wird, und der erzeugte Werkzeugrohling (84) im Schritt G) auf der verfahrbaren Arbeitsplatte (62) für die Glättung der verschiedenen Stufen des Wasserzeichenreliefs in unterschiedliche Höhen verfahren wird.
8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Werkzeugrohling (84) zwischen den Schritten E) und G) in einem Schritt E2) der 3D-Druckvorrichtung (60) entnommen wird, die 3D-Druckvorrichtung (60) und vorzugsweise auch der Werkzeugrohling (84) gereinigt wird, und der Werkzeugrohling (84) dann positionsgenau wieder in die 3D-Druckvorrichtung (60) eingesetzt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Werkzeugrohling (84) in Schritt E) auf einer über Passstifte (68) auf der verfahrbaren Arbeitsplatte (62) positionierten Bauplattform (66) erzeugt wird und in Schritt E2) der Werkzeugrohling (84) mit der Bauplattform (66) der 3D-Druckvorrichtung (60) entnommen wird und die Bauplattform (66) mit dem Werkzeugrohling (84) nach der genannten Reinigung über die Passstifte (68) positionsgenau wieder auf der verfahrbaren Arbeitsplatte (62) eingesetzt wird.
10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei in Schritt E) ein insbesondere pulverförmiges Aufbaumaterial (70) schichtweise aufgebracht und durch Laserbeaufschlagung selektiv verfestigt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die selektive Verfestigung in Schritt E) und das Laserumschmelzpolieren in Schritt G) mit demselben Lasersystem durchgeführt werden.

12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei in Schritt B) ein das hochauflösende, mehrstufige Wasserzeichenrelief (54) beschreibender Datensatz erzeugt wird, und mit diesem Datensatz sowohl der schichtweise Aufbau des Werkzeugrohrlings (84) in Schritt E), also auch das Polieren, insbesondere das stufenweise Glätten des Wasserzeichenreliefs (54) in Schritt G) gesteuert wird.

13. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei in Schritt B) das vorgegebene Spritzgussrelief (22) invertiert wird und vorzugsweise zudem senkrechte Strukturen im Spritzgussrelief (22) durch leicht geneigte Strukturen im Wasserzeichenrelief (54) ersetzt werden, wobei die leicht geneigten Strukturen mit einem Neigungswinkel zwischen 0,5° und 4°, vorzugsweise zwischen 1,5° und 3°, gegen die Senkrechte versehen werden.

14. Vorrichtung zum Herstellen eines Wasserzeichen-Werkzeugs (30) mit einer Spritzgusskavität (56), die mit einem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief (54) versehen ist, mit

- einer höhenverfahrbaren Arbeitsplatte (62) und einer lösbar aber positionstreu mit der höhenverfahrbaren Arbeitsplatte (62) verbundenen Grundplatte(80), auf der ein Werkzeugrohrling (84) mit einem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief (54) durch schichtweises Aufbringen und selektives Verfestigen eines Aufbaumaterials (70) aufgebaut wird,
- eine Bestrahleinrichtung zum selektiven Bestrahlen des Aufbaumaterials (70),
- einer Steuereinrichtung, die ausgelegt ist um

- einerseits die höhenverfahrbare Arbeitsplatte (62) und die Bestrahleinrichtung zum Aufbau des Werkzeugrohrlings (84) mit dem hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief (54) zu steuern, und
- andererseits die höhenverfahrbare Arbeitsplatte (62) und die Bestrahleinrichtung zum Polieren des aufgebauten Werkzeugrohrlings (84) und zum Glätten des hochauflösenden, mehrstufigen Wasserzeichenrelief (54) zu steuern.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Bestrahleinrichtung eine Lasereinrichtung ist.

Claims

1. A method for manufacturing a watermark tool (30) having an injection molded cavity (56) that is furnished with a high-resolution, multilevel watermark relief (54) and into which plastic is injectable to pro-

duce a watermark set (20), with, in the method,

V) a desired high-resolution, multilevel injection molded relief (22) being specified for the watermark set (20),

B) an associated high-resolution, multilevel watermark relief (54) being determined from the specified injection molded relief (22) to produce the specified injection molded relief (22),

E) in a 3D printing device (60), a tool blank (84) having the watermark relief (54) determined in step B) being produced through layer-by-layer application and selective sintering of an assembly material (70),

G) after step E), the tool blank (84) maintained in the set position being polished in the same 3D printing device (60) through laser impingement to smoothen the produced watermark relief (54), and

W) the polished tool blank (40) being further processed into a watermark tool (30), the watermark relief smoothened in step G) forming the high-resolution, multilevel watermark relief of the injection molded cavity (56) of the watermark tool (30).

2. The method according to claim 1, with, in step G), the tool blank (84) produced being smoothened level by level in accordance with the levels of the watermark relief (54) determined in step B).

3. The method according to claim 2, with, in every level, only those surface regions of the watermark relief (54) being smoothened on which no further layer was assembled in step E).

4. The method according to at least one of claims 1 to 3, with in step G), the tool blank (84) produced being smoothened by laser polishing.

5. The method according to claim 4, with, in step G), the tool blank (84) produced being smoothened in two or more polishing steps that are carried out with differing laser parameters.

6. The method according to claim 5, with one polishing step being carried out with continuous-wave laser radiation and one polishing step with pulsed laser radiation.

7. The method according to at least one of claims 1 to 6, with, in step E), the tool blank (84) being produced on a movable work surface (62), and in step G), the tool blank (84) produced being moved on the movable work surface (62) to different heights to smoothen the various levels of the watermark relief.

8. The method according to at least one of claims 1 to

- 7, with, between steps E) and G), in a step E2), the tool blank (84) being taken out of the 3D printing device (60), the 3D printing device (60) and preferably also the tool blank (84) being cleaned, and the tool blank (84) then being placed, precisely positioned, in the 3D printing device (60) again.
9. The method according to claim 8, with, in step E), the tool blank (84) being produced on a build platform (66) that is positioned on the movable work surface (62) using dowels (68), and in step E2), the tool blank (84) being taken out of the 3D printing device (60) with the build platform (66) and, after the said cleaning, using the dowels (68), the build platform (66), with the tool blank (84), being placed, precisely positioned, on the movable work surface (62) again.
10. The method according to at least one of claims 1 to 9, with, in step E), an especially powdered assembly material (70) being applied layer by layer and selectively sintered by laser impingement.
11. The method according to claim 10, with the selective sintering in step E) and the laser polishing in step G) being carried out with the same laser system.
12. The method according to at least one of claims 1 to 11, with, in step B), a dataset that describes the high-resolution, multilevel watermark relief (54) being produced, and both the layer-by-layer assembly of the tool blank (84) in step E) and the polishing, especially the level-by-level smoothing of the watermark relief (54) in step G), being controlled with said dataset.
13. The method according to at least one of claims 1 to 12, with, in step B), the specified injection molded relief (22) being inverted and preferably, additionally, perpendicular structures in the injection molded relief (22) being replaced by slightly inclined structures in the watermark relief (54), the slightly inclined structures being furnished with an inclination angle between 0.5° and 4°, preferably between 1.5° and 3°, against the vertical.
14. A device for manufacturing a watermark tool (30) having an injection molded cavity (56) that is furnished with a high-resolution, multilevel watermark relief (54), having
- a height-movable work surface (62) and a base plate (80) that is detachably but position-maintainably connected with the height-movable work surface (62) on which a tool blank (84) having a high-resolution, multilevel watermark relief (54) is assembled through layer-by-layer application and selective sintering of an assembly material (70),
 - an irradiation device for selectively irradiating

the assembly material (70),
- a control device that is adapted to

-- on one hand, control the height-movable work surface (62) and the irradiation device to assemble the tool blank (84) having the high-resolution, multilevel watermark relief (54), and

-- on the other hand, control the height-movable work surface (62) and the irradiation device to polish the assembled tool blank (84) and to smoothen the high-resolution, multilevel watermark relief (54).

15. The device according to claim 14, with the irradiation device being a laser device.

Revendications

1. Procédé, destiné à fabriquer un outil de filigranage (30) pourvu d'une cavité de moulage par injection (56), qui est muni d'un relief en filigrane (54) multi-étagé et dans lequel, pour créer un ensemble de filigranes (20), de la matière plastique est injectable, lors du procédé

V) un relief (22) moulé par injection multi-étagé, haute résolution souhaité étant prédéfini pour l'ensemble de filigranes (20),

B) à partir du relief (22) moulé par injection, un relief en filigrane (54) multi-étagé, haute définition associé étant déterminé pour créer le relief (22) moulé par injection prédéfini,

E) dans un dispositif d'impression (60) en 3 D, par application couche par couche et consolidation sélective d'une matière structurelle (70), une ébauche d'outil (84) avec le relief en filigrane (54) déterminé à l'étape B) étant créée,

G) après l'étape E), l'ébauche d'outil (84) placée en position conforme dans le même dispositif d'impression (60) en 3 D étant polie par exposition au laser, pour lisser le relief en filigrane (54) créé et

W) l'ébauche d'outil (40) polie étant usinée ultérieurement en un outil de filigranage (30), le relief en filigrane lissé à l'étape G) constituant le relief en filigrane multi-étagé, haute résolution de la cavité de moulage par injection (56) de l'outil de filigranage (30).

2. Procédé selon la revendication 1, à l'étape G), l'ébauche d'outil (84) créée étant lissée étage par étage, conformément aux étages déterminés à l'étape B) du relief en filigrane (54).
3. Procédé selon la revendication 2, dans chaque étage, chaque fois uniquement les zones superficielles

- du relief en filigrane (54) étant lissées, sur lesquelles à l'étape E) aucune couche supplémentaire n'a été construite.
4. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 3, l'ébauche d'outil (84) créée étant lissée à l'étape G) par polissage par refusion au laser.
5. Procédé selon la revendication 4, l'ébauche d'outil (84) créée étant lissée à l'étape G) en deux étapes de polissage ou plus, qui sont réalisées avec différents paramètres du laser.
6. Procédé selon la revendication 5, une étape de polissage étant réalisée par rayonnement laser à ondes entretenues et une étape de polissage étant réalisée par rayonnement laser pulsé.
7. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 6, l'ébauche d'outil (84) étant créée à l'étape E) sur un plan de travail (62) déplaçable et l'ébauche d'outil (84) créée étant déplacée à l'étape G) sur le plan de travail (62) pour le lissage des différents étages du relief en filigrane à différentes hauteurs.
8. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 7, entre les étapes E) et G), dans une étape E2), l'ébauche d'outil (84) étant enlevée du dispositif d'impression (60) en 3 D, le dispositif d'impression (60) en 3 D et de préférence également l'ébauche d'outil (84) étant nettoyés, et l'ébauche d'outil (84) étant alors réinsérée en position précise dans le dispositif d'impression (60) en 3 D.
9. Procédé selon la revendication 8 dans l'étape E), l'ébauche d'outil (84) étant créée sur une plate-forme de construction (66) positionnée par l'intermédiaire de goupilles de serrage (68) sur le plan de travail (62) déplaçable et à l'étape E2), l'ébauche d'outil (84) étant enlevée avec la plate-forme de construction (66) du dispositif d'impression (60) en 3 D et après le nettoyage cité, la plate-forme de construction (66) avec l'ébauche d'outil (84) étant réinsérée par l'intermédiaire des goupilles de serrage (68) en position précise sur le plan de travail (62) déplaçable.
10. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans l'étape E), une matière de structure (70) notamment pulvérulente étant appliquée couche par couche et sélectivement consolidée par exposition au laser.
11. Procédé selon la revendication 10, la solidification sélective à l'étape E) et le polissage par refusion au laser à l'étape G) étant réalisés avec le même système laser.
12. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans l'étape B), un jeu de données décrivant le relief en filigrane (54) multi-étagé, haute résolution étant créé et avec ledit jeu de données, aussi bien la construction couche par couche de l'ébauche d'outils (84) dans l'étape E), donc également le polissage, notamment le lissage par étages du relief en filigrane (54) étant commandée à l'étape G) .
13. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 12, à l'étape B) le relief (22) moulé par injection prédéfini étant inversé et de préférence par ailleurs, des structures verticales dans le relief (22) moulé par injection étant remplacées par des structures légèrement inclinées dans le relief en filigrane (54), les structures légèrement inclinées étant munies d'un angle d'inclinaison compris entre 0,5° et 4°, de préférence entre 1,5° et 3° contre la verticale.
14. Dispositif, destiné à fabriquer un outil de filigranage (30) pourvu d'une cavité de moulage par injection (56), qui est munie d'un relief en filigrane (54) multi-étagé, haute résolution, doté
- d'un plan de travail (62) déplaçable en hauteur et d'une plaque d'embase (80) assemblée de manière amovible mais en position conforme avec le plan de travail (62) déplaçable en hauteur, sur laquelle une ébauche d'outil (84) avec un relief en filigrane (54) multi-étagé, haute résolution est construite par application couche par couche et par consolidation sélective d'une matière structurale (70),
 - d'un système d'irradiation, destiné à irradier sélectivement la matière structurale (70),
 - d'un système de commande, qui est conçu pour
 - commander d'une part le plan de travail (62) déplaçable en hauteur et le système d'irradiation pour la construction de l'ébauche d'outils (84) pourvue du relief en filigrane (54) multi-étagé, haute résolution et
 - pour commander d'autre part le plan de travail (62) déplaçable en hauteur et le système d'irradiation pour le polissage pour l'ébauche d'outils (84) construite et pour le lissage du relief en filigrane (54) multi-étagé, haute résolution.
15. Dispositif selon la revendication 14, le système d'irradiation étant un système laser.

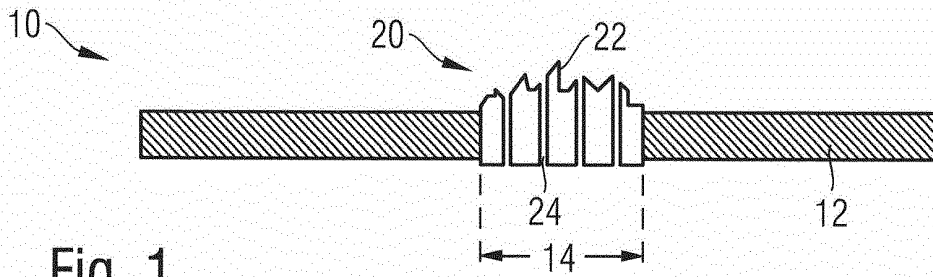


Fig. 1

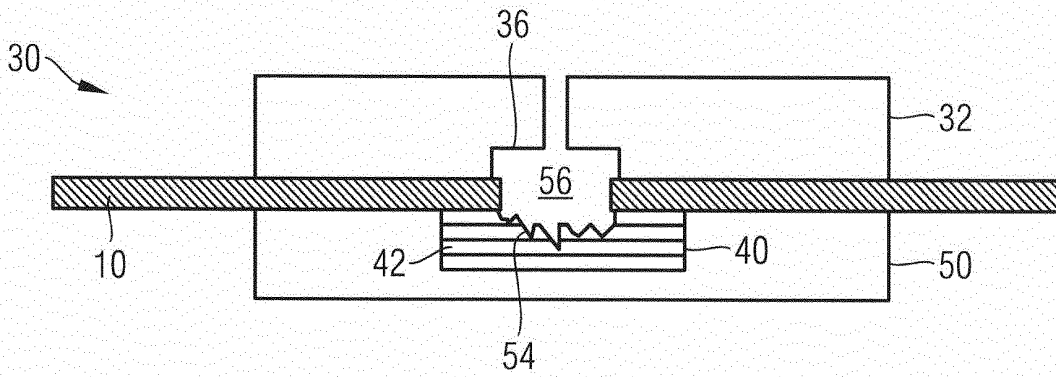


Fig. 2

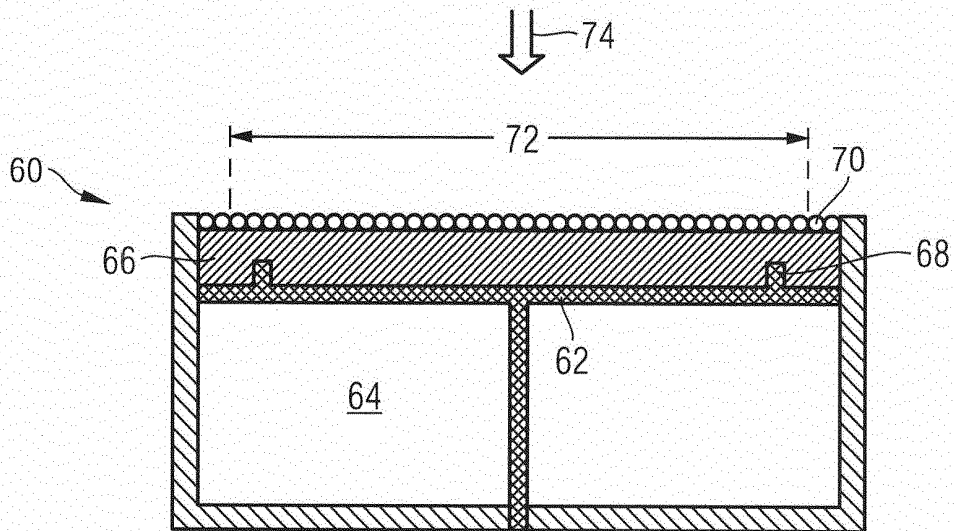


Fig. 3

(a)

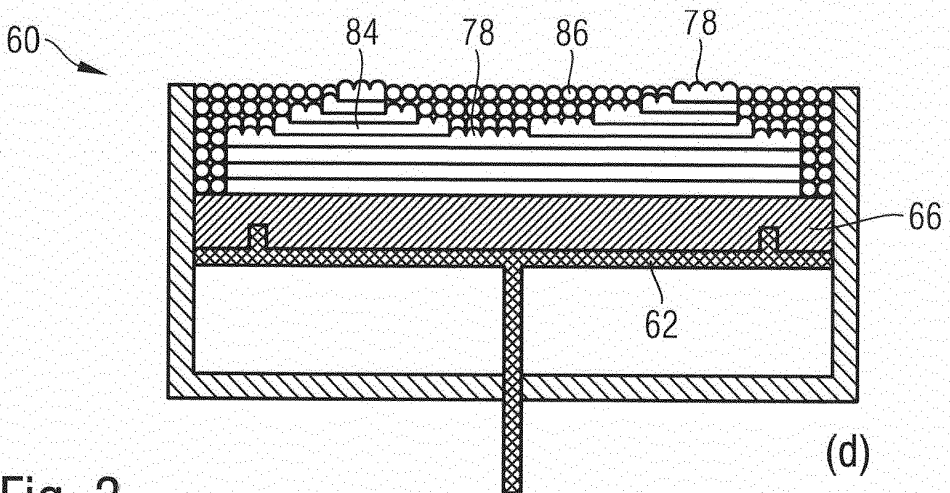
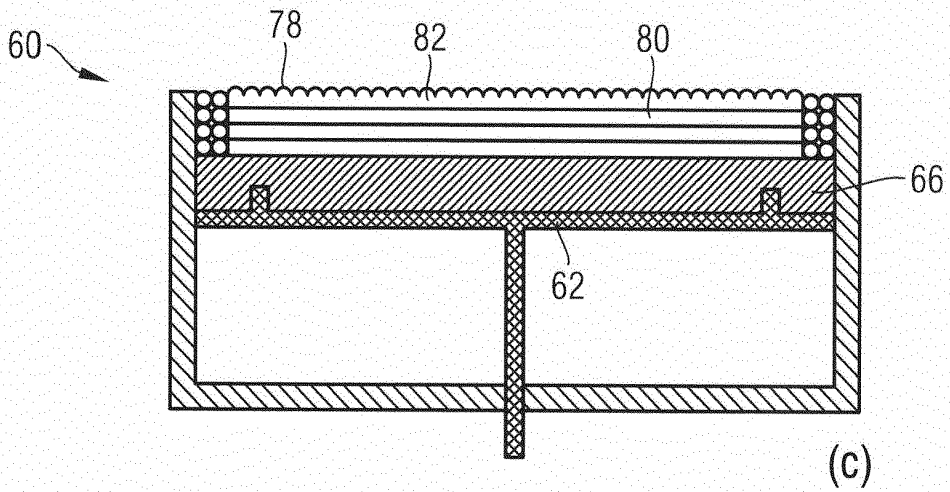
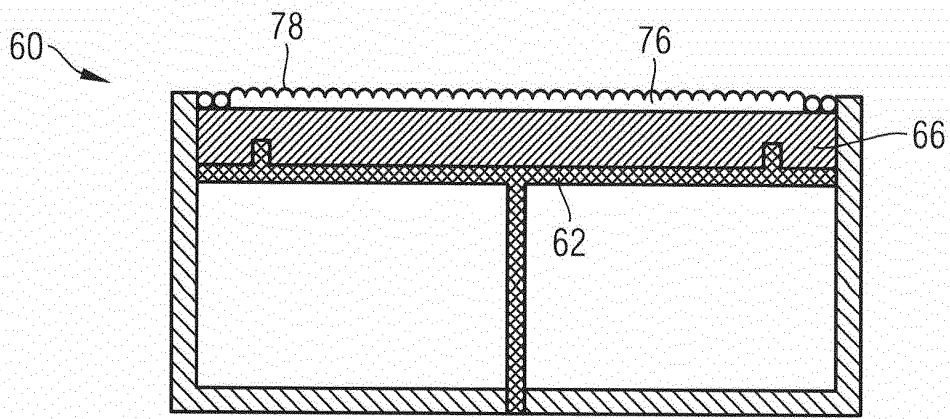


Fig. 3

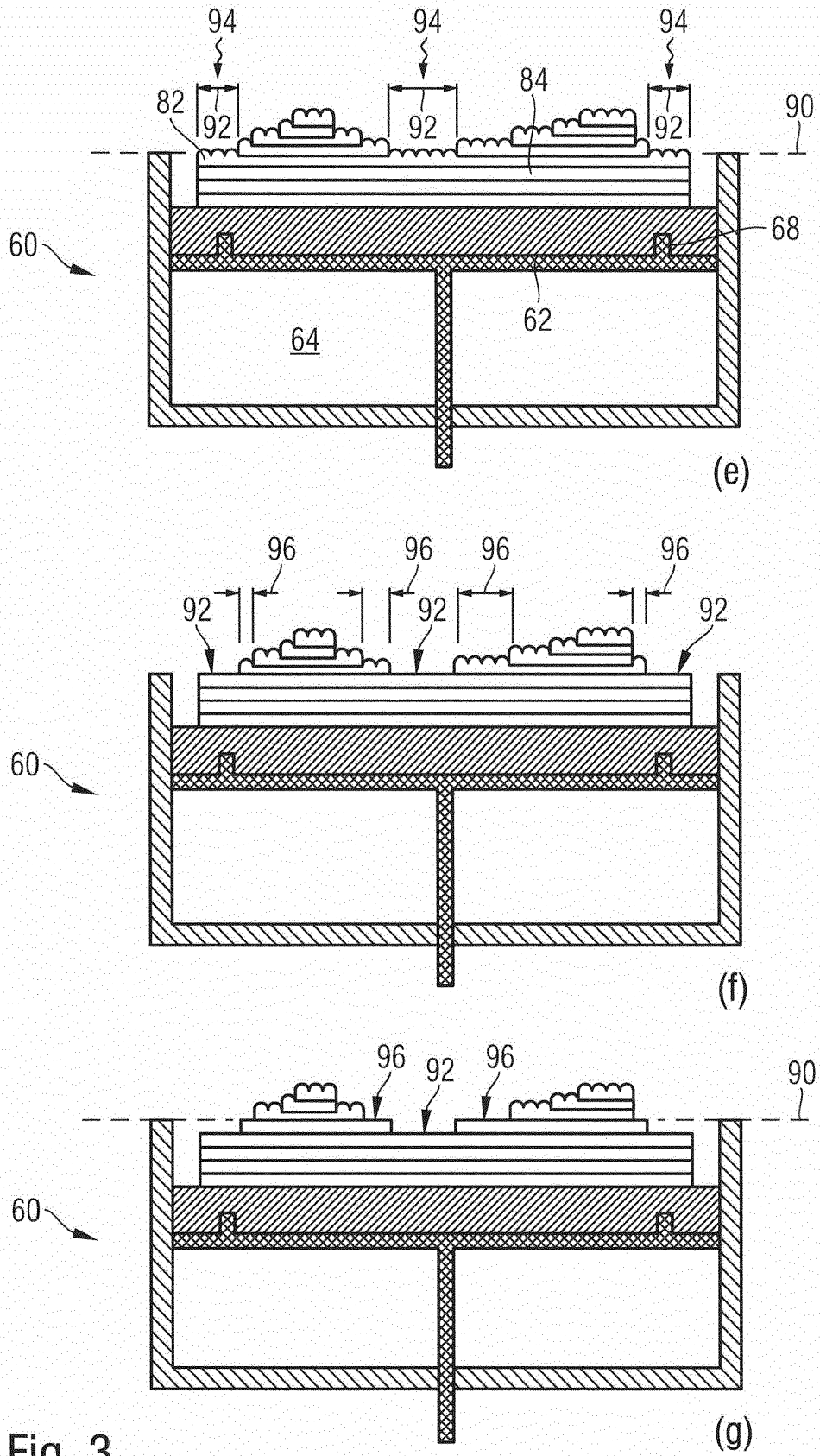


Fig. 3

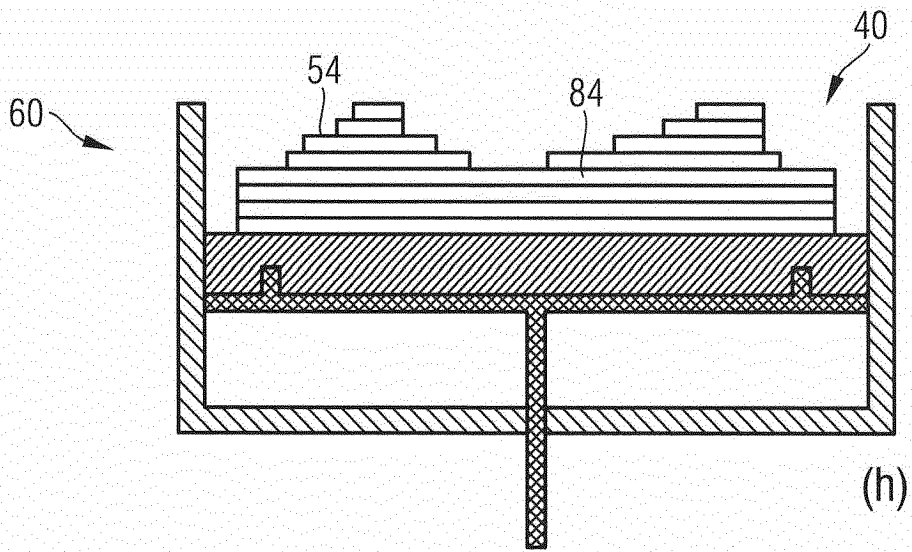


Fig. 3

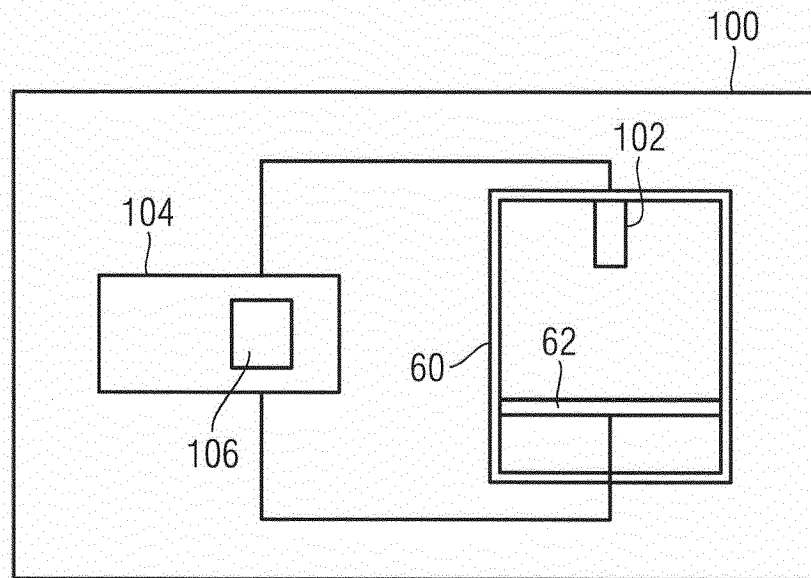


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2954998 A1 [0003]