

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51016/2017
(22) Anmeldetag: 06.12.2017
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2019

(51) Int. Cl.: **B22F 7/04** (2006.01)
B22F 7/08 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 80/00 (2015.01)
B33Y 99/00 (2015.01)
B32B 37/04 (2006.01)
B32B 38/08 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2017304944 A1
US 2017266882 A1
WO 2017018985 A1
US 2016115297 A1
US 2015231825 A1
DE 102013020491 A1
US 2013344347 A1
US 2004182202 A1

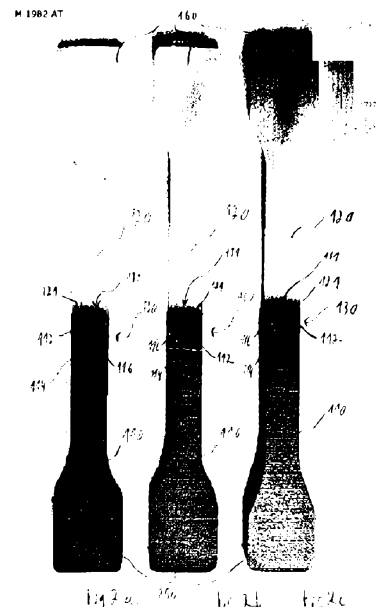
(71) Patentanmelder:
Montanuniversität Leoben
8700 Leoben (AT)
MAGNA STEYR Fahrzeugtechnik AG & Co. KG
8041 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Erlacher Manuel
9545 Radenthein (AT)
Buchmayr Bruno
8700 Leoben (AT)
Walzl Alexander
8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Dilg Andreas Dr.
80636 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER MULTIMATERIAL-BAUTEILVERBINDUNG UND DIE MULTIMATERIAL-BAUTEILVERBINDUNG**

(57) Es wird ein Verfahren beschrieben zum Herstellen einer Multimaterial- Bauteilverbindung (130). Das Verfahren weist auf: i) additives Fertigen eines ersten Bauteils (110) aus einem ersten Material (150), wobei das erste Bauteil (110) eine Verbindungsstruktur (112) aufweist, ii) Bereitstellen eines zweiten Bauteils (120), welches einen Verbindungsabschnitt (121) aufweist, welcher ein zweites Material (160) aufweist, iii) Einbringen des Verbindungsabschnitts (121) in die Verbindungsstruktur (112), wobei das zweite Material (160) zumindest teilweise als viskose Phase vorliegt, und iv) Aushärten des zweiten Materials (160) derart, dass eine formschlüssige Verbindung (131) zwischen dem ersten Bauteil (110) und dem zweiten Bauteil (120) ausgebildet wird.



Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wird ein Verfahren beschrieben zum Herstellen einer Multimaterial-
Bauteilverbindung (130). Das Verfahren weist auf: i) additives Fertigen eines
5 ersten Bauteils (110) aus einem ersten Material (150), wobei das erste Bauteil
(110) eine Verbindungsstruktur (112) aufweist, ii) Bereitstellen eines zweiten
Bauteils (120), welches einen Verbindungsabschnitt (121) aufweist, welcher
ein zweites Material (160) aufweist, iii) Einbringen des Verbindungsabschnitts
(121) in die Verbindungsstruktur (112), wobei das zweite Material (160)
10 zumindest teilweise als viskose Phase vorliegt, und iv) Aushärten des zweiten
Materials (160) derart, dass eine formschlüssige Verbindung (131) zwischen
dem ersten Bauteil (110) und dem zweiten Bauteil (120) ausgebildet wird.

15 (Figuren 2a bis 2c)

Verfahren zum Herstellen einer Multimaterial-Bauteilverbindung und
die Multimaterial-Bauteilverbindung

5

Technisches Gebiet

10 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das technische Gebiet der
Herstellung von Bauteilverbindungen. Die vorliegende Erfindung bezieht sich
insbesondere auf ein Verbinden zwischen einem ersten Bauteil, welches ein
erstes Material aufweist, und einem zweiten Bauteil, welches ein zweites
Material aufweist. Weiter insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung
15 auf ein Verfahren zum Herstellen einer Multimaterial-Bauteilverbindung, wobei
ein erstes Bauteil additiv gefertigt wird. Weiterhin bezieht sich die vorliegende
Erfindung auf eine Multimaterial-Bauteilverbindung.

20 Technischer Hintergrund

In einer Vielzahl von industriellen Prozessen, beispielsweise in der
Automobilindustrie, wird ein erstes Bauteil aus einem ersten Material mit
einem zweiten Bauteil aus einem zweiten Material verbunden. Hierbei sind das
25 erste Material und das zweite Material voneinander verschieden. Beispielsweise
ist das erste Material ein Metall und das zweite Material ein Kunststoff. Es
entsteht somit eine Multimaterial-Bauteilverbindung, wobei die beiden Bauteile
beispielsweise über bekannte Klebverbindungen oder klassische
Fügeverbindungen (z.B. Durchsetzen, Nieten, usw.) aneinander befestigt
30 werden können. So wird z.B. für die Verbindung von Metall und Kunststoff im
Speziellen hauptsächlich das Kleben verwendet. Weiterhin wird z.B. für die

Verbindung von Aluminium und Stahl das CMT (cold metal transfer)-Schweißen verwendet.

Hierbei stellt sich jedoch das Problem, dass viele Materialien, insbesondere
5 Materialien mit deutlich unterschiedlichen physikalischen und/oder chemischen
Eigenschaften, schwierig verbindbar sind. Beispielsweise können
Aluminium/Stahl Verbindungen mittels Schweißen nur unter sehr großem
Aufwand realisiert werden. Klassische Fügeverbindungen führen zwingend zu
zusätzlichen Prozessschritten und bringen eine Zerstörung zumindest eines
10 Teils eines Materials mit sich. Klebeverbindungen sind bei einigen Materialien
nicht umsetzbar und bieten oftmals auch nicht den benötigten Halt. So sind
Klebeverbindung oftmals nicht temperaturbeständig oder nicht belastbar
genug für die entsprechenden Anforderungen. Es gibt also viele Fälle, in denen
eine Multimaterial Verbindung realisiert werden soll, die Investitionskosten für
15 Aufwendungen, z.B. um zusätzliche Prozessschritte umzusetzen, jedoch sehr
hoch sind. Weiterhin geht durch die zusätzlichen Prozessschritte auch Zeit
verloren, so dass am Ende höhere Kosten und zusätzlich verbrauchte Zeit
dafür sorgen, dass das Verbinden von zwei Bauteilen aus unterschiedlichen
Materialien zu einer Multimaterial-Bauteilverbindung zu einem teuren und
20 langwierigen Verfahren werden kann. Ferner werden in Bezug auf
Beständigkeit und Belastbarkeit oftmals nicht die gewünschten Ergebnisse
erzielt.

Zusammengefasst kann eine Multimaterial-Bauteilverbindung zwischen einem
25 ersten Bauteil aus einem ersten Material und einem zweiten Bauteil aus einem
zweiten Material für eine Vielzahl von unterschiedlichen Materialien derzeit
nicht effizient durchgeführt werden.

Es könnte daher einen Bedarf bestehen, ein effizientes und robustes Verfahren
30 zum Verbinden von einem ersten Bauteil aus einem ersten Material und einem
zweiten Bauteil aus einem zweiten Material zu einer Multimaterial-
Bauteilverbindung für eine Vielzahl von unterschiedlichen Materialien

bereitzustellen, wobei eine nicht lösbare Verbindung, welche temperaturbeständig und belastbar ist, auf effiziente und zuverlässige Weise in Bezug auf Kosten und Zeitdauer bereitgestellt wird.

- 5 Mit anderen Worten soll eine nicht lösbare Verbindung zwischen unterschiedlichen Materialien realisiert werden.

Zusammenfassung der Erfindung

10

Dieser Bedarf könnte gedeckt werden mittels eines Verfahrens zum Herstellen einer Multimaterial-Bauteilverbindung sowie einer Multimaterial-Bauteilverbindung gemäß den unabhängigen Ansprüchen.

- 15 Vorteilhafte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden mittels der abhängigen Ansprüche beschrieben.

Gemäß einem ersten Aspekt von der Erfindung wird ein Verfahren bereitgestellt zum Herstellen einer Multimaterial-Bauteilverbindung. Das
20 Verfahren weist auf: i) additives Fertigen eines ersten Bauteils aus einem ersten Material, wobei das erste Bauteil eine Verbindungsstruktur aufweist, ii) Bereitstellen eines zweiten Bauteils, welches einen Verbindungsabschnitt aufweist, welcher ein zweites Material aufweist, iii) Einbringen des Verbindungsabschnitts in die Verbindungsstruktur, wobei das zweite Material
25 zumindest teilweise als viskose Phase vorliegt, und iv) Aushärten des zweiten Materials derart, dass eine formschlüssige Verbindung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil ausgebildet wird.

Das beschriebene Verfahren basiert auf der Idee, dass ein additiv gefertigtes
30 erstes Bauteil aus einem ersten Material und ein zweites Bauteil aus einem zweiten Material direkt innerhalb eines Prozesses verbunden werden können. So wird erfindungsgemäß ein erstes Bauteil additiv gefertigt während eines

Prozesses zum additiven Fertigen. Das zweite Bauteil kann ohne Unterbrechung des Prozesses an dem ersten Bauteil bereitgestellt werden. Hierbei liegt ein Verbindungsabschnitt des zweiten Bauteils zumindest teilweise als viskose Phase vor. Dadurch kann der zumindest teilweise flüssige bzw. aufgeschmolzene Verbindungsabschnitt in eine Verbindungsstruktur des ersten Bauteils eingebracht werden. Die Verbindungsstruktur ist hierbei so ausgestaltet, dass der Verbindungsabschnitt diese infiltrieren kann (z.B. in Hohlräume), also sich um definierte Strukturen (z.B. eines Gitters) herum und/oder in diese hinein verteilen kann. In einem weiteren Schritt kann das zweite Material dann aushärten. Damit wird die viskose Phase fest bzw. erstarrt zu einem soliden Festkörper. Der Verbindungsabschnitt des zweiten Bauteils kann nun als feste Phase, bzw. nicht-viskose Phase vorliegen. Im Bereich, in welchem die Verbindungsstruktur des ersten Bauteils und der Verbindungsabschnitt des zweiten Bauteils vorliegen, kann nun eine formschlüssige Verbindung erhalten sein. Dies ist dadurch ermöglicht, dass der Verbindungsabschnitt die Verbindungsstruktur infiltriert hat. Auf diese Weise kann eine temperaturbeständige und belastbare Multimaterial-Bauteilverbindung, welche eine formschlüssige Verbindung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil aufweist, innerhalb eines Prozesses, welcher additives Fertigen aufweist, erhalten werden.

Das beschriebene Verfahren ist effizient und robust und somit können Effizienz und Zuverlässigkeit eines Fertigungsprozesses in Bezug auf Kosten und Zeitdauer deutlich verbessert werden. Investitionskosten und Zeit können somit eingespart werden.

Bisherige Probleme, wie oben bereits beschrieben, dass bei vielen unterschiedlichen Materialien zusätzliche kostenintensive Prozessschritte notwendig sind und dass trotzdem keine temperaturbeständigen und belastbaren Verbindungen erhalten werden, können mit dem beschriebenen Verfahren überwunden werden.

Ein Vorteil dieser Art der Verbindung von artfremden Materialien wie z.B. Kunststoffen und Metallen ist die Unabhängigkeit von Zusätzen wie Klebstoffen. Es tritt ein reiner Formschluss zwischen den Materialien (z.B. Kunststoff als zweites Material und Metallgitter als erstes Material) auf. Für
5 eine Mehrzahl von Industrieprozessen, z.B. in dem Automobilbereich, können so temperaturbeständigere und belastbarere Verbindungen realisiert werden (einen Vergleich bietet die konventionelle Klebeverbindung). Somit ist der Anwendungsbereich auf alle Schnittstellen zwischen Materialien wie Kunststoffen und Metallbauteilen anzunehmen. Zusätzlich kann eine mittels
10 additiver Fertigung hergestellte Verbindung auf Wandstärken $> 0,5$ mm angewendet werden. Weiterhin können auch Bauteile, welche die Form von Blechen aufweisen, verbunden werden.

In anderen Worten wird eine belastbare Verbindung aus unterschiedlichen
15 Materialien wie Kunststoff und Metall hergestellt. Maßgeblicher Mechanismus der Verbindungsbildung ist das Einbringen, insbesondere Infiltrieren, der viskosen Phase des zweiten Materials in die Verbindungsstruktur (z.B. eine metallische Gitterstruktur) aus dem ersten Material. Durch die viskose (z.B. schmelzflüssige) Phase des zweiten Materials können komplexe Hohlräume,
20 Hinterschneidungen und Gitterstrukturen perfekt gefüllt werden.

Gemäß einem weiteren Aspekt von der Erfindung wird eine Multimaterial-Bauteilverbindung bereitgestellt. Die Verbindung weist ein erstes Bauteil auf, welches aus einem ersten Material additiv gefertigt ist, wobei das erste Bauteil
25 eine Verbindungsstruktur aufweist. Die Verbindung weist weiterhin ein zweites Bauteil auf, welches an dem ersten Bauteil bereitgestellt ist, wobei das zweite Bauteil einen Verbindungsabschnitt aufweist, welcher ein zweites Material aufweist. Ferner weist die Verbindung eine formschlüssige Verbindung auf, welche zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil ausgebildet ist. Die
30 formschlüssige Verbindung wird hierbei erhalten durch: i) ein Einbringen des Verbindungsabschnitts in die Verbindungsstruktur, wobei das zweite Material

zumindest teilweise als viskose Phase vorliegt, und ii) Aushärten des zweiten Materials.

Die beschriebene Verbindung kann mittels des oben beschriebenen Verfahrens
5 hergestellt werden. Die Verbindung basiert auf derselben Idee wie das
Verfahren und kann dieselben Vorteile wie das Verfahren bereitstellen.

In diesem Dokument kann der Begriff "additives Fertigen" insbesondere einen
Prozess bezeichnen, bei dem auf der Basis von digitalen 3D-
10 Konstruktionsdaten durch das Ablagern und/oder Verfestigen von
verfestigbarem Material schichtweise ein Bauteil aufgebaut wird. Additives
Fertigen bezeichnet Verfahren zum schnellen und kostengünstigen Fertigen
von Modellen, Mustern, Prototypen, Werkzeugen und anderen Endprodukten.
Dieses Fertigen erfolgt auf der Basis von rechnerinternen Datenmodellen aus
15 formlosem oder formneutralem Material mittels chemischer und/oder
physikalischer Prozesse. Es sind meist keine speziellen weiteren Werkzeuge
erforderlich. Additives Fertigen kann in verfahrenstechnisch unterschiedliche
Verfahren eingeteilt werden, so z.B. in Pulverbettverfahren,
Freiraumverfahren, Flüssigmaterialverfahren und andere Schichtbauverfahren.
20 Der Einsatz dieser Verfahren ist ökonomisch vor allem einsetzbar bei der
parallelen Fertigung sehr kleiner Bauteile in größeren Stückzahlen, für Unikate,
sowie der Kleinserienfertigung oder Einzelfertigung von Teilen mit einer hohen
geometrischen Komplexität, auch mit zusätzlicher Funktionsintegration. Es
handelt sich hierbei um ein Produktionsverfahren, das sich von
25 konventionellen, abtragenden Fertigungsmethoden unterscheidet. Anstatt zum
Beispiel ein Bauteil aus einem festen Block herauszufräsen, baut additives
Fertigen Bauteile Schicht für Schicht aus verfestigbarem Material auf, welches
beispielsweise als feines Pulver vorliegt. Beim Aufbau in Aufbaurichtung finden
physikalische und chemische Härtungs- oder Schmelzprozesse statt.

30

In diesem Dokument kann der Begriff "Bauteil" insbesondere eine Komponente
bzw. ein Einzelteil eines technischen Komplexes bezeichnen. Hierbei kann jede

technische Komponente als Bauteil bezeichnet werden, welche zusammen mit zumindest einer weiteren Komponente, i.e. einem zweiten Bauteil, zu einer Bauteilverbindung verbunden werden kann. Ferner kann auch eine Mehrzahl von Bauteilen zu einer Bauteilverbindung verbunden werden. Eine

- 5 Multimaterial-Bauteilverbindung weist zumindest zwei unterschiedliche Materialien auf, z.B. zwei unterschiedliche Metalle oder ein Metall und einen Kunststoff. Eine Multimaterial-Bauteilverbindung kann jedoch auch eine Mehrzahl an unterschiedlichen Materialien aufweisen.
- 10 In diesem Dokument kann der Begriff "Verbindungsstruktur" insbesondere eine Struktur bezeichnen, welche zum Verbinden geeignet ist. Weiter insbesondere kann der Begriff eine Struktur bezeichnen, welche ein Verbinden mit einem Verbindungsabschnitt, welcher teilweise als viskose Phase vorliegt, ermöglicht. Hierbei kann die Verbindungsstruktur derart ausgestaltet sein,
- 15 dass das viskose Material in die Struktur eingebracht werden kann und bei einem Aushärten des viskosen Materials zu einer festen Phase eine formschlüssige Verbindung entsteht. Zu diesem Zweck kann die Verbindungsstruktur als Gitter ausgebildet sein. Ein solches ermöglicht ein effizientes Infiltrieren mit viskosem Material in die Freiräume des Gitters und
- 20 sorgt bei einem Aushärten des viskosen Materials für eine formschlüssige Verbindung. In einer einfachen Ausführungsform kann die Verbindungsstruktur als Stab, Haken oder Kugel ausgebildet sein, welche von viskosem Material umschlossen werden kann. In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Verbindungsstruktur als komplexe Gitterstruktur, insbesondere als ein sich in
- 25 zumindest einer Raumrichtung periodisch wiederholendes Gittermuster, ausgebildet sein. Hierbei ist das Verwenden von additivem Fertigen besonders vorteilhaft, denn damit können auch sehr komplexe Verbindungsstrukturen hergestellt werden.
- 30 In diesem Dokument kann der Begriff "Verbindungsabschnitt" insbesondere einen Abschnitt eines zweiten Bauteils bezeichnen, welcher geeignet ist, zumindest teilweise als viskose Phase vorzuliegen. Beispielsweise kann das

ganze zweite Bauteil flüssig und/oder aufgeschmolzen sein. Weiterhin kann auch nur der Verbindungsabschnitt flüssig und/oder aufgeschmolzen sein. Der Verbindungsabschnitt oder das ganze Bauteil können z.B. mittels Spritzgussverfahren bereitgestellt werden.

5

In diesem Dokument kann der Begriff "erstes Material" insbesondere ein Material bezeichnen, welches zum additiven Fertigen verwendet werden kann. Dies kann z.B. Metall (z.B. Aluminium, Stahl, Titan, Kupfer), Kunststoff (z.B. ABS, Polyamid), Kunstharz, Keramik oder ein Verbundwerkstoff sein. Der Begriff Material kann jedes Material umfassen, welches geeignet ist, um für einen Prozess zum additiven Fertigen verwendet zu werden. Das Material kann pulverförmig vorliegen oder beispielsweise als Paste. Zum Zeitpunkt des Auftragens kann das Material in einem ersten Zustand sein und zu dem Zeitpunkt des fertig gestellten Bauteils kann das Material in einem zweiten Zustand sein, wobei das Material im ersten Zustand weniger fest ist als in dem zweiten Zustand. Hierzu kann das Material zunächst zumindest teilweise flüssig sein und zu einem späteren Zeitpunkt aushärten und dadurch verfestigen. Weiterhin kann das Material pulverförmig sein und z.B. mittels Laserenergie verfestigt werden. Ferner kann das Material mittels eines Bindemittels verfestigt werden. Eine Mehrzahl von weiteren Möglichkeiten ist denkbar, mittels welchen ein entsprechendes erstes Material erhalten werden kann.

In diesem Dokument kann der Begriff "zweites Material" insbesondere ein Material bezeichnen, welches zum Einbringen in eine Verbindungsstruktur verwendet werden kann. Dies kann z.B. ebenfalls Metall (z.B. Aluminium, Stahl, Titan, Kupfer), Kunststoff (z.B. ABS, Polyamid), Kunstharz, Keramik oder ein Verbundwerkstoff sein. Das zweite Material kann insbesondere zumindest teilweise aufgeschmolzen werden, so dass es zumindest teilweise als viskose Phase vorliegt. Eine Mehrzahl von weiteren Möglichkeiten sind denkbar, wie ein Material zumindest teilweise als viskose Phase vorliegen kann.

In diesem Dokument kann der Begriff "viskose Phase" insbesondere bezeichnen, dass das zweite Material zumindest teilweise als Phase vorliegt, welche eine Viskosität aufweist. Die Viskosität bezeichnet die Zähflüssigkeit oder Zähigkeit von Flüssigkeiten und Gasen (Fluiden). Je größer die Viskosität ist, desto dickflüssiger (weniger fließfähig) ist das Fluid; je niedriger die Viskosität, desto dünnflüssiger (fließfähiger) ist es, kann also bei gleichen Bedingungen schneller fließen. Ein fester Körper weist beispielsweise keine viskose Phase bzw. keine Viskosität auf. Das zweite Material, welches zumindest teilweise als viskose Phase vorliegt, kann zu einem späteren Zeitpunkt aushärten. Z.B. kann eine Flüssigkeit bzw. ein zumindest teilweise aufgeschmolzenes Material zu einem festen Körper aushärten bzw. erstarren. Hierbei weist die Flüssigkeit bzw. die Schmelze eine Viskosität (viskose Phase) auf, während der feste, ausgehärtete Körper keine Viskosität (keine viskose Phase) aufweist. Die Viskosität kann in Pa (Pascal) * s (Sekunde) gemessen werden. Einige Beispiele für Viskosität sind Wasser bei Raumtemperatur: 1 mPas, Aluminium bei 700°C: 2 mPas und eine Polymerschmelze: 10^3 bis 10^{13} mPas.

In diesem Dokument kann der Begriff "formschlüssige Verbindung" insbesondere das Ineinandergreifen von zumindest zwei Bauteilen innerhalb einer Bauteilverbindung bezeichnen. Dadurch können sich die Bauteile auch ohne oder bei unterbrochener Kraftübertragung nicht voneinander lösen. Bei einer formschlüssigen Verbindung ist somit das eine Bauteil dem anderen Bauteil im Weg, wobei eine solche Sperrung in mindestens einer Raumrichtung vorkommt. Einige Beispiele für formschlüssige Verbindungen sind Nut-Feder Verbindung, Passfeder, Reißverschluss und Schwalbenschwanzverbindung. Ein weiteres Beispiel ist das Einbringen eines zweiten Materials, welches zumindest teilweise als viskose Phase vorliegt, in eine Verbindungsstruktur eines ersten Materials, welches nicht als viskose Phase vorliegt. Hierbei kann die Verbindungsstruktur derart ausgestaltet (z.B. als Gitter) sein, dass nach dem Aushärten des zweiten Materials die beiden Materialien nicht mehr

voneinander getrennt werden können. Das zweite Material kann so aushärten, dass es dem ersten Material innerhalb der Verbindungsstruktur (z.B. innerhalb des Gitters) zumindest in einer Raumrichtung im Weg ist. Somit kann eine formschlüssige Verbindung erhalten werden.

5

Im Folgenden werden nun Ausführungsbeispiele des beschriebenen Verfahrens und der beschriebenen Verbindung erläutert.

10 Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist das erste Material einen ersten Schmelzpunkt und das zweite Material einen zweiten Schmelzpunkt auf, wobei der erste Schmelzpunkt höher ist als der zweite Schmelzpunkt. Dies hat den Vorteil, dass das beschriebene Verfahren besonders effizient durchgeführt werden kann.

15 Das zweite Material liegt im Moment des Einbringens zumindest teilweise in einer viskosen Phase bzw. in einer flüssigen Phase/Schmelze vor. Eine viskose Phase kann vorteilhafterweise mittels Aufschmelzens erreicht werden. In diesem Fall weist die viskose Phase eine erhöhte Temperatur auf. Im Moment des Einbringens des viskosen Materials in diese Verbindungsstruktur des
20 ersten Bauteils wird die Verbindungsstruktur nicht aufgeschmolzen. Es kann vorteilhaft sein, wenn die Verbindungsstruktur im festen Zustand verbleibt. Wenn das erste Material, welches in der Verbindungsstruktur enthalten ist, einen höheren Schmelzpunkt als das zweite Material aufweist, so verbleibt das erste Material als feste Phase während die viskose Phase des zweiten Bauteils
25 eingebracht wird. Beispielsweise kann das erste Material ein Metall sein und das zweite Material ein Kunststoff. In diesem Fall wäre der Schmelzpunkt des Metalls (ungefähr im Bereich 1000°C) deutlich höher als der von Kunststoff (ungefähr im Bereich 300°C). In einem weiteren Beispiel kann das erste Material Stahl sein (Schmelzpunkt etwa 1400°C) und das zweite Material kann
30 Aluminium sein (Schmelzpunkt etwa 660°C). In diesem Fall kann das erste Bauteil additiv aus Stahl gefertigt werden und das Aluminium kann flüssig hinzugefügt werden, ohne dass der Stahl aufgeschmolzen wird.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel weist das additive Fertigen eine 3D-Drucktechnik auf. Dies hat den Vorteil, dass das beschriebene Verfahren direkt in etablierte und erprobte Prozesse integriert werden kann. Weiterhin
5 können mit diesem Verfahren besonders komplexe Verbindungsstrukturen zuverlässig erstellt werden.

Es sind eine Vielzahl von 3D-Drucktechniken bekannt und standardisiert, welche für das beschriebene Verfahren geeignet sein können. Als Beispiele
10 hierfür können genannt werden: Stereolithografie, binder jetting, 3D-Siebdruck, polyjet-modeling, fused deposition modeling und Lasersintern. Eine Mehrzahl von weiteren Möglichkeiten ist denkbar, mittels welchen eine 3D-Drucktechnik durchgeführt werden kann.

15 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist eine Schichtdicke bei dem additiven Fertigen in dem Bereich von 20 µm bis 50 µm ist. Dies hat ebenfalls den Vorteil, dass das beschriebene Verfahren direkt in etablierte und erprobte Prozesse des additiven Fertigungs integriert werden kann.

20 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel weist das Bereitstellen Einsetzen einer Spritzgusstechnik auf. Dies hat den Vorteil, dass ein etablierter und einfach durchzuführender Prozess direkt angewendet werden kann.

Der Begriff „Spritzgiessen“ kann ein Urformverfahren bezeichnen, welches z.B.
25 in der Kunststoffverarbeitung (Thermoplaste und Duroplaste) eingesetzt werden kann. Dabei wird mittels einer Spritzgiessmaschine das jeweilige Material verflüssigt (plastifiziert), also zumindest teilweise in eine viskose Phase überführt. Dann wird das Material unter Druck in eine Spritzgussform eingebracht, insbesondere eingespritzt. Innerhalb der Spritzgussform geht das
30 Material durch Aushärten, z.B. durch Abkühlung oder eine Vernetzungsreaktion, in einen festen Zustand über, welcher keine viskose Phase aufweist. Danach kann das fertige Bauteil aus der Spritzgussform entnommen werden. Der Hohlraum der Spritzgussform bestimmt hierbei die

Form und die Oberflächenstruktur des Bauteils. Weiterhin kann die Spritzgussform an der Verbindungsstruktur eines ersten Bauteils, welches ein erstes Material aufweist, angebracht sein. Hierbei können die Verbindungsstruktur und die Spritzgussform überlappen. Wenn nun ein
5 zweites Material eines zweiten Bauteils aufgeschmolzen wird, kann es in die Spritzgussform und in die Verbindungsstruktur eingebracht werden. Das zweite Material kann aushärten bzw. erstarren und es kann dadurch eine formschlüssige Verbindung zwischen den Bauteilen erhalten werden, insbesondere nachdem die Spritzgussform wieder entfernt worden ist. Das
10 Spritzgießen kann vor allem für Kunststoffe vorteilhaft sein, kann jedoch auch für Metalle verwendet werden. Ansonsten bieten sich für Metalle ein Metallgussverfahren an.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist das erste Material Metall,
15 insbesondere Stahl.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist das zweite Material ein Metall, insbesondere Aluminium, oder ein Kunststoff.

20 Diese Ausführungsbeispiele haben den Vorteil, dass industrierelevante Bauteile effizient und flexibel hergestellt und verbunden werden können. Insbesondere das Verbinden von Stahl und Aluminium, bzw. von Metall und Kunststoff stellt, wie oben beschrieben, eine Herausforderung für industrielle Prozesse, beispielsweise in der Automobilindustrie, dar. Mit dem beschriebenen
25 Verfahren können diese unterschiedlichen Materialien besonders effizient und robust verbunden werden, wobei durch die Relevanz der genannten Materialien in der Industrie viele Vorteile für Industrieprozesse bereitgestellt werden.

30 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist das zweite Material während des Bereitstellens zumindest teilweise aufgeschmolzen. Dies hat den Vorteil,

dass das Bereitstellen der viskosen Phase besonders effizient durchgeführt werden kann.

Es sind eine Mehrzahl von Prozessen bekannt, mittels welchen ein Material
5 zumindest teilweise aufgeschmolzen werden kann. Als einfachste
Ausführungsform sei ein Erhöhen der Temperatur genannt. Der Prozess des
Aufschmelzens führt zu einem zumindest teilweisen Überführen in die flüssige
Phase eines Materials. Damit treten viskose Eigenschaften des Materials zu
Tage, i.e. eine viskose Phase wird bereitgestellt.

10

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel ist die Verbindungsstruktur als
Hohlraum-Struktur, insbesondere als Gitterstruktur, weiter insbesondere als
ein sich in zumindest einer Raumrichtung periodisch wiederholendes
Gittermuster, ausgebildet. Dies hat den Vorteil, dass eine besonders effiziente
15 und stabile Verbindung zwischen den Bauteilen bereitgestellt werden kann.

Vorteilhafterweise weist die Verbindungsstruktur zumindest einen Hohlraum
auf, in welchen der Verbindungsabschnitt des zweiten Bauteils eingebracht
werden kann. Auf diese Weise kann der Hohlraum gefüllt werden, so dass
20 nach dem Aushärten eine formschlüssige Verbindung erhalten ist. Der
Hohlraum kann z.B. dadurch bereitgestellt werden, dass die
Verbindungsstruktur offenporig oder porös ist. Weiterhin kann der Hohlraum
z.B. mittels eines Gitters bereitgestellt werden. Ein Gitter kann Gitterstreben
aufweisen, welche in zwei oder mehr Raumrichtungen orientiert sind, und
25 welche an den Kreuzungspunkten der Gitterstreben Gitterkreuzpunkte
aufweisen. Zwischen den Gitterstreben bzw. zwischen den Gitterkreuzpunkten
ergeben sich nun die Hohlräume, welche mit dem zweiten Material gefüllt
werden können. Weiterhin können die Gitterstreben und Gitterkreuzpunkte
von dem zweiten Material umschlossen werden. Es sind auch viele weitere
30 Formen denkbar, beispielsweise ein Gitter, welches sich an der Kristallstruktur
von Diamant orientiert oder eine Wabenstruktur. Das Gitter kann
unregelmäßig aufgebaut sein oder regelmäßig. In letzterem Fall kann das

Gitter ein Gittermuster (kleinste Einheit) aufweisen, welches sich in einer oder mehr Raumrichtungen periodisch wiederholt.

5 Es wird darauf hingewiesen, dass Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf unterschiedliche Erfindungsgegenstände beschrieben wurden. Insbesondere sind einige Ausführungsformen der Erfindung mit Vorrichtungsansprüchen und andere Ausführungsformen der Erfindung mit Verfahrensansprüchen beschrieben. Dem Fachmann wird jedoch bei der
10 Lektüre dieses Dokuments sofort klar werden, dass, sofern nicht explizit anders angegeben, zusätzlich zu einer Kombination von Merkmalen, die zu einem Typ von Erfindungsgegenstand gehören, auch eine beliebige Kombination von Merkmalen möglich ist, die zu unterschiedlichen Typen von Erfindungsgegenständen gehören.

15

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden beispielhaften Beschreibung derzeit bevorzugter
20 Ausführungsformen.

Figur 1 zeigt ein erstes Bauteil mit einer Verbindungsstruktur gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Figuren 2a-c zeigen jeweils eine Multimaterial-Bauteilverbindung gemäß einem
25 Ausführungsbeispiel.

Figuren 3a und b zeigen jeweils eine Multimaterial-Bauteilverbindung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

Figuren 4a-c zeigen jeweils eine Multimaterial-Bauteilverbindung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.
30

Detaillierte Beschreibung von exemplarischen Ausführungsformen

Gleiche oder ähnliche Komponenten sind in den Figuren mit gleichen Bezugsziffern versehen.

5

Gemäß einem Ausführungsbeispiel bildet die Basis die Herstellung von Grundkörpern (erstes Bauteil) mit speziellen regulären Gitterstrukturen (Verbindungsstruktur) mittels additivem Fertigen aus metallischen Werkstoffen (erstes Material). Ein zweites Material (Sekundärwerkstoff, niedrig schmelzendes Material bspw. Aluminium oder Kunststoffe) wird über die Spritzgusstechnologie auf die additive gefertigte Form aufgebracht. Durch die resultierende Infiltration in die reguläre Gitterstruktur kann eine formschlüssige nicht lösbare Verbindung zwischen artfremden Werkstoffen realisiert werden.

15

Gemäß einem Ausführungsbeispiel wird bei der Multimaterialbauweise an einer Verbindungsstruktur, an einem ersten (additiv gefertigten) Bauteil, eine Gitterstruktur mitgedruckt, welche im folgendem Prozessschritt (z.B. Spritzgussprozess), mit dem ersten (additiv gefertigten) Bauteil als Einleger, mit einem zweitem Material eines zweiten Bauteils infiltriert wird.

20

Maßgeblicher Mechanismus der Verbindungsbildung ist die Infiltration des zweiten, viskosen Materials in die vorteilhaft metallische Gitterstruktur des ersten Bauteils. Durch die schmelzflüssige Phase des zweiten Materials (Sekundärwerkstoff) können komplexe Hohlräume, Hinterschneidungen und Gitterstrukturen perfekt gefüllt werden. Die Gitterstruktur kann in Zugrichtung in der Verbindungsstruktur konstant abnehmen, um die Kraftübertragung in Längsrichtung besser zu verteilen.

25

Figur 1 zeigt ein erstes Bauteil 110, welches aus einem ersten Material 150, insbesondere Metall, weiter insbesondere Stahl, additiv gefertigt ist. Weiterhin weist das erste Bauteil 110 eine Verbindungsstruktur 112 auf, welche ebenfalls aus dem ersten Material 150 additiv gefertigt ist. Die Verbindungsstruktur 112

30

ist hierbei als Gitterstruktur mit in zwei Raumrichtungen periodisch wiederholendem Gittermuster ausgebildet. Die Gitterstruktur weist Gitterstreben 114 und Gitterkreuzpunkte 116 auf.

5 **Figuren 2a bis 2c** zeigen jeweils eine Bauteilverbindung 130. Diese weist das erste Bauteil 110, welches aus dem ersten Material 150 additiv gefertigt ist, und die Verbindungsstruktur 112 auf. Weiterhin weist die Bauteilverbindung 130 ein zweites Bauteil 120 auf, welches an dem ersten Bauteil 110 bereitgestellt ist, wobei das zweite Bauteil 120 einen Verbindungsabschnitt
10 121 aufweist, welcher ein zweites Material 160 aufweist. Das zweite Material 160 ist hierbei ein Kunststoff. Die beiden Bauteile 110, 120 bilden eine formschlüssige Verbindung 131 aus. Diese wird während eines Herstellungsprozesses erhalten durch: i) Einbringen des Verbindungsabschnitts 121 in die Verbindungsstruktur 112, wobei das zweite Material 160 zumindest
15 teilweise als viskose Phase vorliegt, und ii) Aushärten des zweiten Materials 160. Das Einbringen und Aushärten wird hierbei mittels Spritzguss-Technik durchgeführt. Das erste Material 150 (Stahl) weist einen ersten Schmelzpunkt auf und das zweite Material 160 (Kunststoff) weist einen zweiten Schmelzpunkt auf, wobei der erste Schmelzpunkt höher ist als der zweite
20 Schmelzpunkt. Die formschlüssige Verbindung 131, welche durch die Verbindungsstruktur 112 und den Verbindungsabschnitt 121 ausgebildet wird, ist in verschiedenen Größen gezeigt. So ist für Figur 2a eine besondere große Verbindungsstruktur 112 gezeigt mit vielen Gitterkreuzpunkten 116, während in Figur 2b eine mittelgroße Verbindungsstruktur 112, und in Figur 2c eine
25 kleine Verbindungsstruktur 112 mit wenigen Gitterkreuzpunkten 116 gezeigt ist. Gitterstreben 114 sind schräg angeordnet und kreuzen sich jeweils an den Gitterkreuzpunkten 116. Zwischen den Gitterstreben 114 bzw. Gitterkreuzpunkten 116 werden Hohlräume bereitgestellt, welche von dem zweiten Material 160 infiltriert sind. Die Gitterstreben 114 und
30 Gitterkreuzpunkte 116 sind von dem zweiten Material 160 umschlossen.

Figuren 3a und 3b zeigen jeweils eine Bauteilverbindung 130 wie für die Figuren 2a bis 2c oben beschrieben. Im Unterschied zu den oben beschriebenen Figuren sind die Hohlräume der Gitterstruktur der Verbindungsstruktur 112 wesentlich enger ausgestaltet. Das wird dadurch erreicht, dass die Gitterstreben 114 dünner sind und enger zueinander bereitgestellt sind. Hierdurch sind die Gitterkreuzpunkte 116 kleiner und die Hohlräume wesentlich enger ausgebildet. Dies resultierend in einem erschweren Infiltrieren der Hohlräume, jedoch ebenfalls in einer höheren Stabilität der Bauteilverbindung 130. Für Figur 3b ist eine besondere große Verbindungsstruktur 112 gezeigt mit vielen Gitterkreuzpunkten 116, während in Figur 3a eine kleine Verbindungsstruktur 112 mit wenigen Gitterkreuzpunkten 116 gezeigt ist.

Figuren 4a bis 4c zeigen jeweils eine Bauteilverbindung 130 wie für die Figuren 2a bis 2c oben beschrieben. Im Unterschied zu den oben beschriebenen Figuren sind die Hohlräume der Gitterstruktur der Verbindungsstruktur 112 wesentlich weiter ausgestaltet. Das wird dadurch erreicht, dass die Gitterstreben 114 dicker sind und weiter voneinander entfernt bereitgestellt sind. Dies resultierend in einem vereinfachten Infiltrieren der Hohlräume, jedoch ebenfalls in einer geringeren Stabilität der Bauteilverbindung 130. Die formschlüssige Verbindung 131, welche durch die Verbindungsstruktur 112 und den Verbindungsabschnitt 121 ausgebildet wird, ist in verschiedenen Größen gezeigt. So ist für Figur 4a eine besondere kleine Verbindungsstruktur 112 gezeigt mit wenigen Gitterkreuzpunkten 116, während in Figur 4b eine mittelgroße Verbindungsstruktur 112, und in Figur 4c eine große Verbindungsstruktur 112 mit vielen Gitterkreuzpunkten 116 gezeigt ist.

Es sollte bemerkt werden, dass der Begriff „aufweisend“ nicht andere Elemente oder Schritte ausschließt und, dass das Verwenden von Artikeln wie „ein“ keine Mehrzahl ausschließt. Ebenfalls können Elemente, welche im Zusammenhang mit verschiedenen Ausführungsformen beschrieben sind,

-18-

kombiniert werden. Es sollte weiterhin bemerkt werden, dass Bezugszeichen in den Ansprüchen nicht ausgelegt werden sollen, um den Umfang dieser Ansprüche zu begrenzen.

5

Bezugszeichen:

	110	Erstes Bauteil
	112	Verbindungsstruktur
5	114	Gitterstrebe
	116	Gitterkreuzpunkt
	120	Zweites Bauteil
	121	Verbindungsabschnitt
	130	Multimaterial-Bauteilverbindung
10	131	Formschlüssige Verbindung
	150	Erstes Material
	160	Zweites Material

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Ein Verfahren zum Herstellen einer Multimaterial-Bauteilverbindung (130), das Verfahren aufweisend:
5 additives Fertigen eines ersten Bauteils (110) aus einem ersten Material (150), wobei das erste Bauteil (110) eine Verbindungsstruktur (112) aufweist;
Bereitstellen eines zweiten Bauteils (120), welches einen Verbindungsabschnitt (121) aufweist, welcher ein zweites Material (160) aufweist;
10 Einbringen des Verbindungsabschnitts (121) in die Verbindungsstruktur (112),
wobei das zweite Material (160) zumindest teilweise als viskose Phase vorliegt; und
Aushärten des zweiten Materials (160) derart, dass eine formschlüssige
15 Verbindung (131) zwischen dem ersten Bauteil (110) und dem zweiten Bauteil (120) ausgebildet wird.
2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das erste Material (150) einen ersten Schmelzpunkt und das zweite Material (160) einen zweiten
20 Schmelzpunkt aufweist, wobei der erste Schmelzpunkt höher ist als der zweite Schmelzpunkt.
3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das additive Fertigen eine 3D-Drucktechnik aufweist.
25
4. Das Verfahren gemäß Anspruch 3, wobei eine Schichtdicke bei dem additiven Fertigen in dem Bereich von 20 µm bis 50 µm ist.
5. Das Verfahren gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei das
30 Bereitstellen Einsetzen einer Spritzgusstechnik aufweist.

6. Das Verfahren gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei das erste Material (150) Metall, insbesondere Stahl, ist.

7. Das Verfahren gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei das
5 zweite Material (160) Aluminium oder ein Kunststoff ist.

8. Das Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das zweite Material (160) während des Bereitstellens zumindest
teilweise aufgeschmolzen ist.

10

9. Das Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die
Verbindungsstruktur (112) als Hohlraum-Struktur, insbesondere als
Gitterstruktur (114, 116), weiter insbesondere als ein sich in zumindest einer
Raumrichtung periodisch wiederholendes Gittermuster, ausgebildet ist.

15

10. Eine Multimaterial-Bauteilverbindung (130) aufweisend:
ein erstes Bauteil (110), welches aus einem ersten Material (150)
additiv gefertigt ist, wobei das erste Bauteil (110) eine Verbindungsstruktur
(112) aufweist;

20

ein zweites Bauteil (120), welches an dem ersten Bauteil (120)
bereitgestellt ist, wobei das zweite Bauteil (120) einen Verbindungsabschnitt
(121) aufweist, welcher ein zweites Material (160) aufweist;

wobei eine formschlüssige Verbindung (131) zwischen dem ersten Bauteil
(110) und dem zweiten Bauteil (120) ausgebildet ist, welche erhalten wird

25

durch:

Einbringen des Verbindungsabschnitts (121) in die Verbindungsstruktur
(112), wobei das zweite Material (160) zumindest teilweise als viskose Phase
vorliegt, und

Aushärten des zweiten Materials (160).

30

1/4

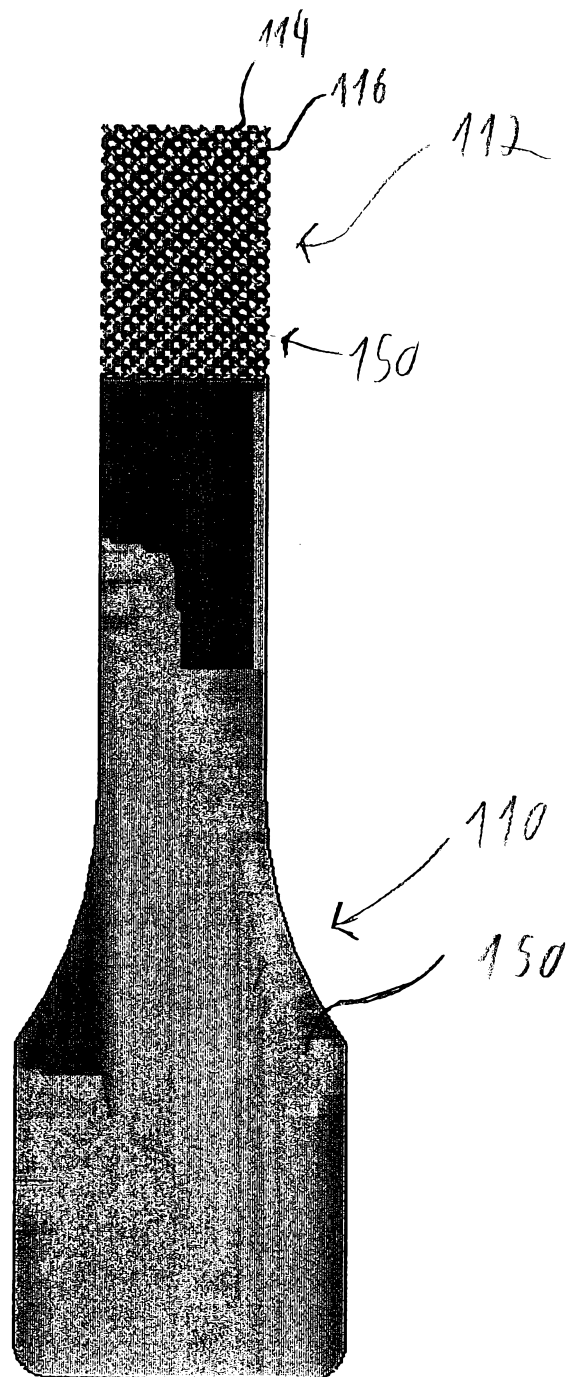


Fig. 1

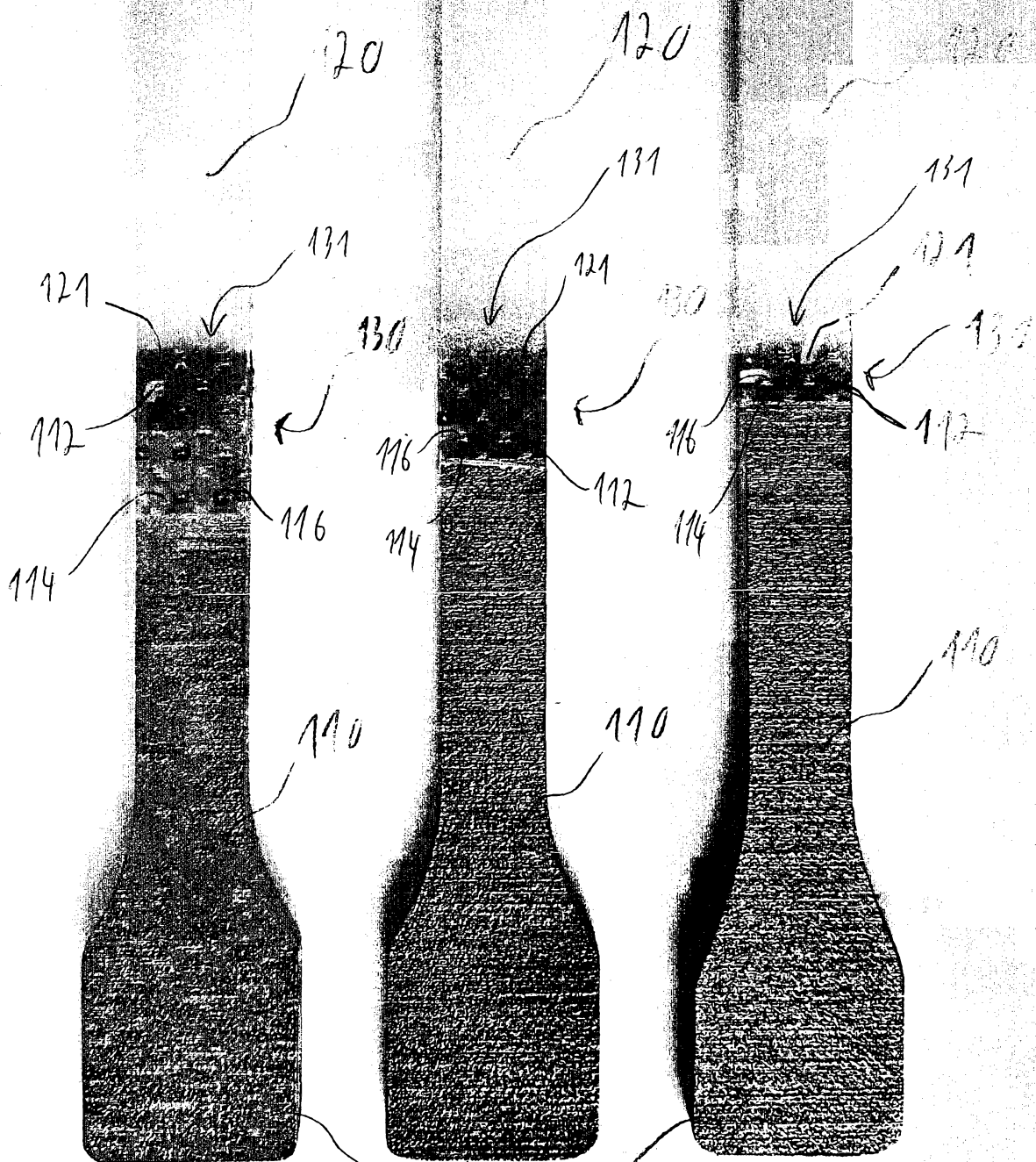


Fig 2a

15/24/30

Fig. 2b

Fig 2c

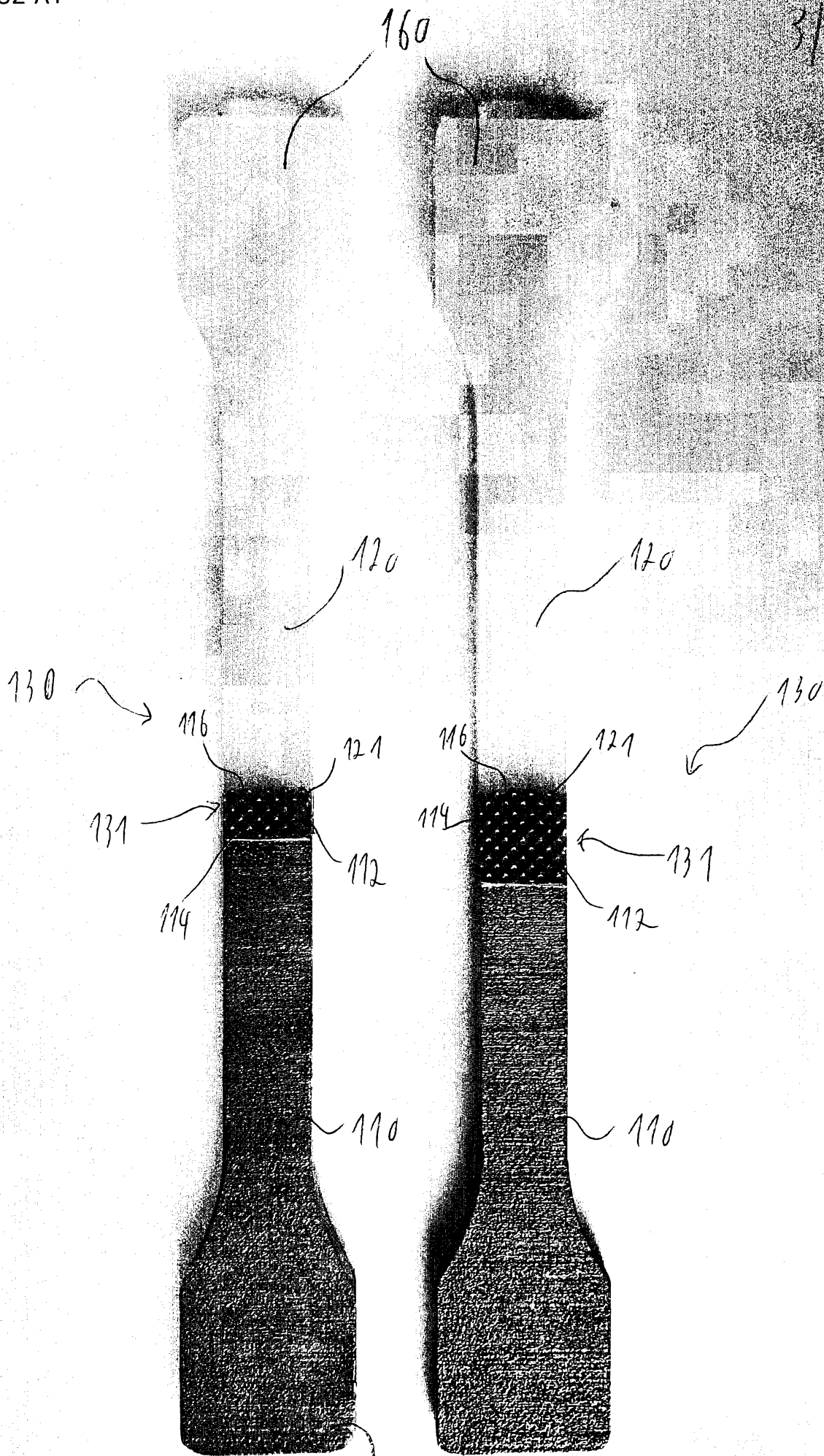


Fig. 3a^{25/30} 150

Fig. 3b

4/4

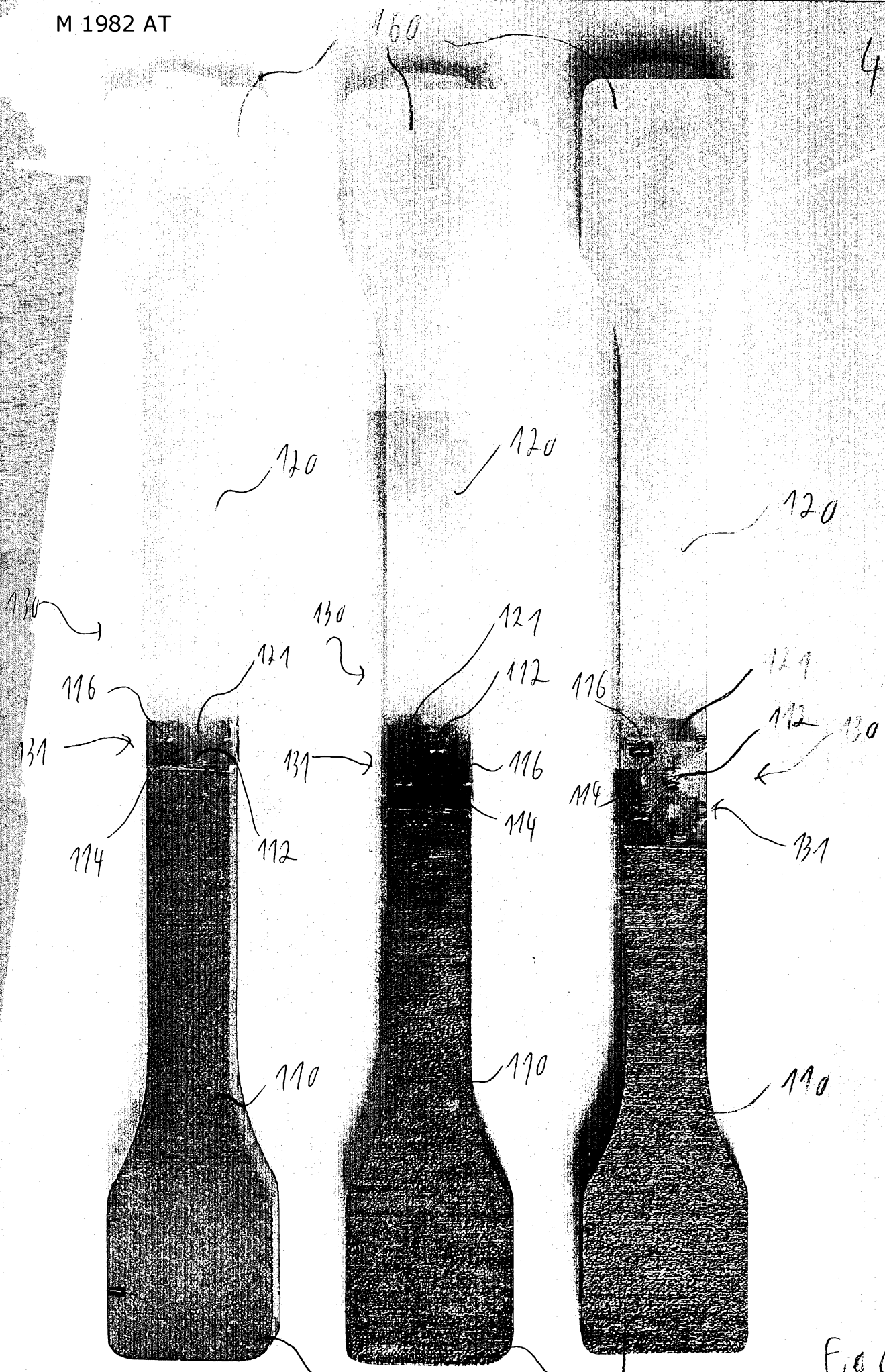
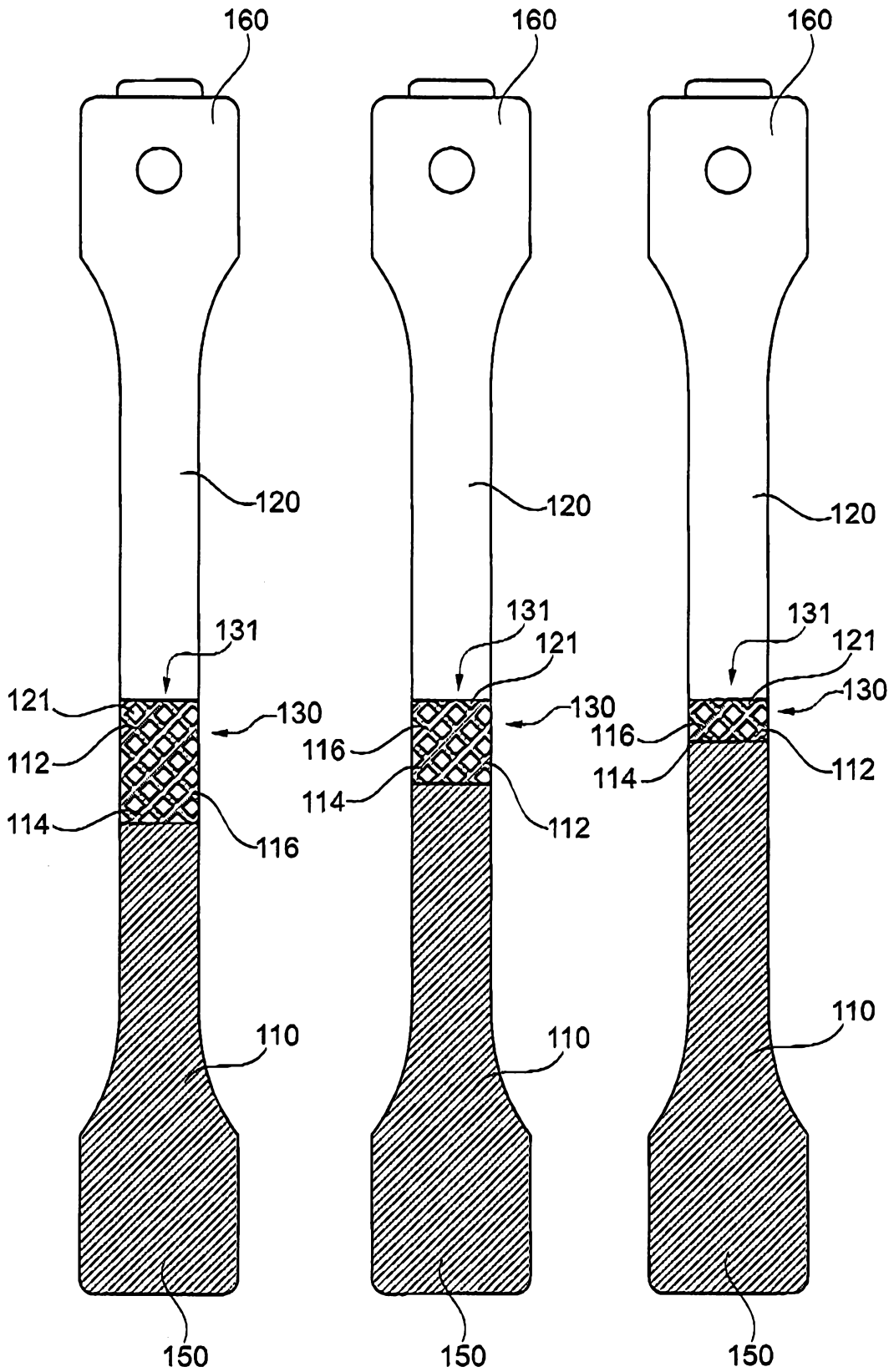


Fig. 4a

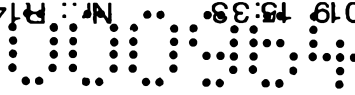
26/30 117.46

150

Fig. 4c



ZULETZT VORGELEGTE ZEICHNUNGEN



M 1982 AT

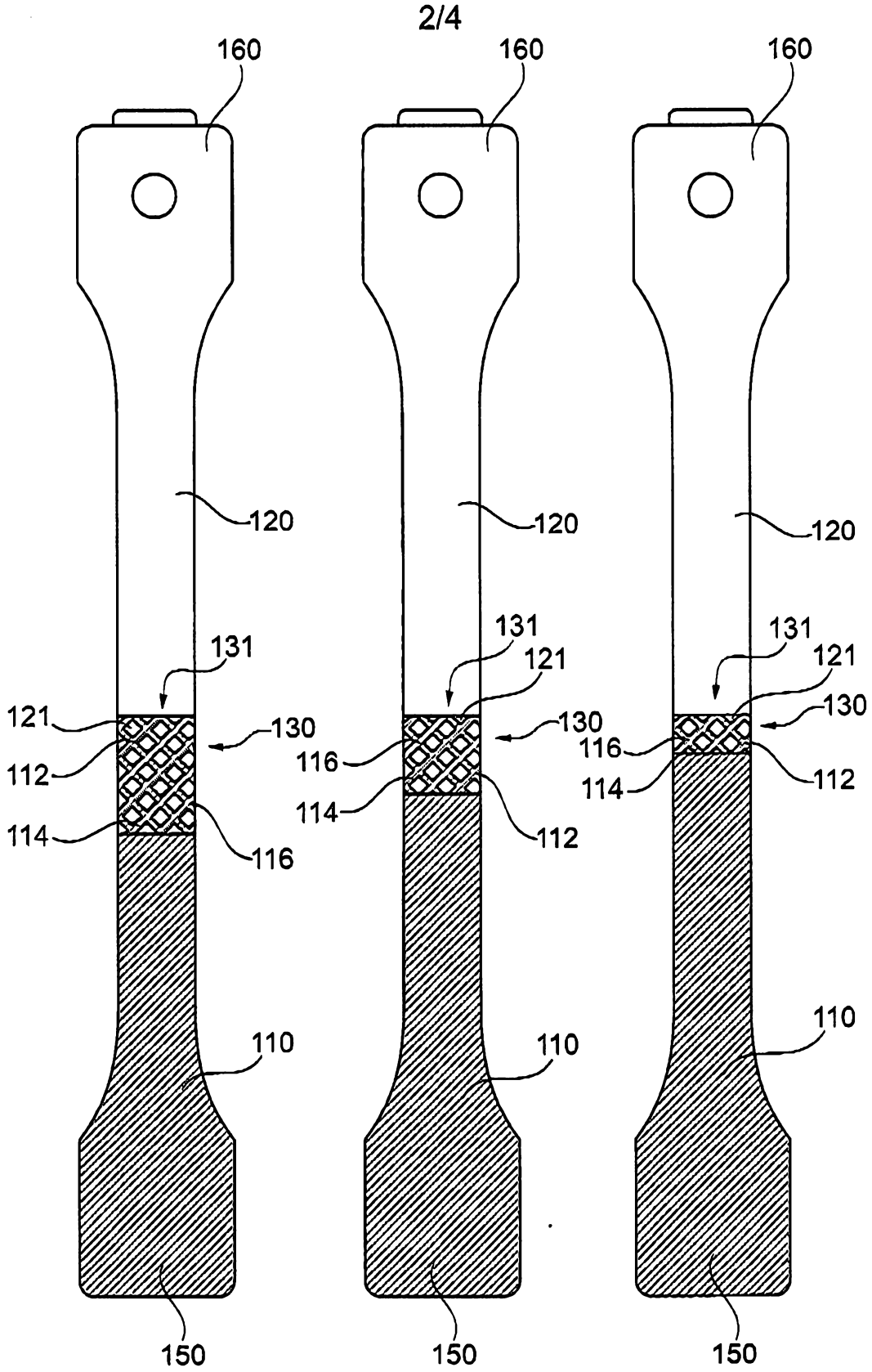
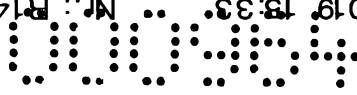


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

ZULETZT VORGELEGTE ZEICHNUNGEN



M 1982 AT

3/4

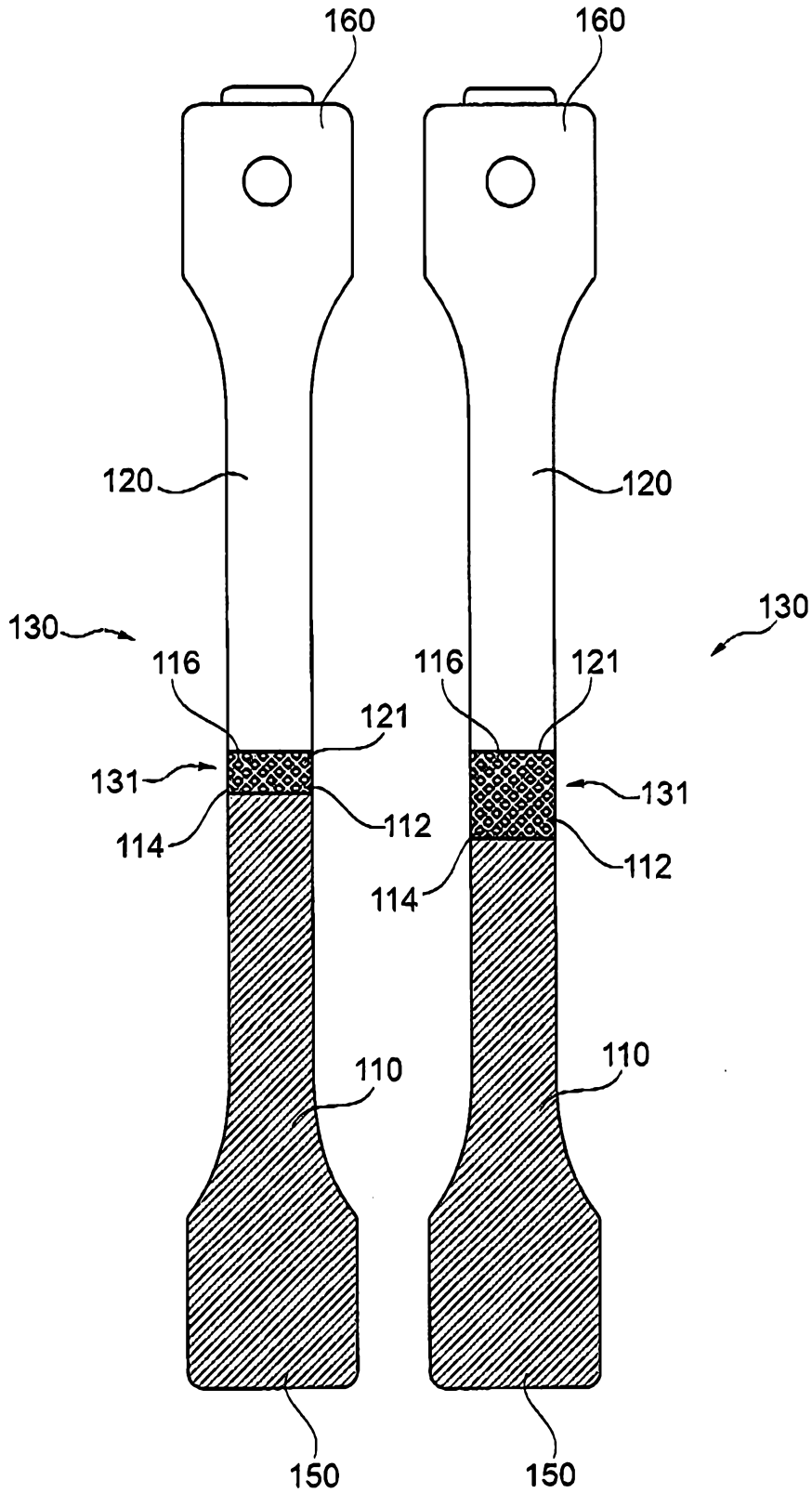
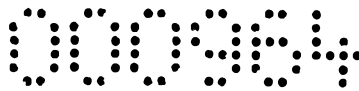


Fig. 3a

Fig. 3b

ZULETZT VORGELEGTE ZEICHNUNGEN



M 1982 AT

