



(11)

EP 4 520 456 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.03.2025 Patentblatt 2025/11

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B22D 19/00 (2006.01) B22D 19/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24198906.0**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B22D 19/0081; B22D 19/04

(22) Anmeldetag: **06.09.2024**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **PILLE, Christoph**
28359 Bremen (DE)
• **LEHMHUS, Dirk**
28359 Bremen (DE)
• **CLAUSEN, Jan**
28359 Bremen (DE)
• **DUCKSTEIN, Rowena**
38108 Braunschweig (DE)

(30) Priorität: **08.09.2023 DE 102023208719**

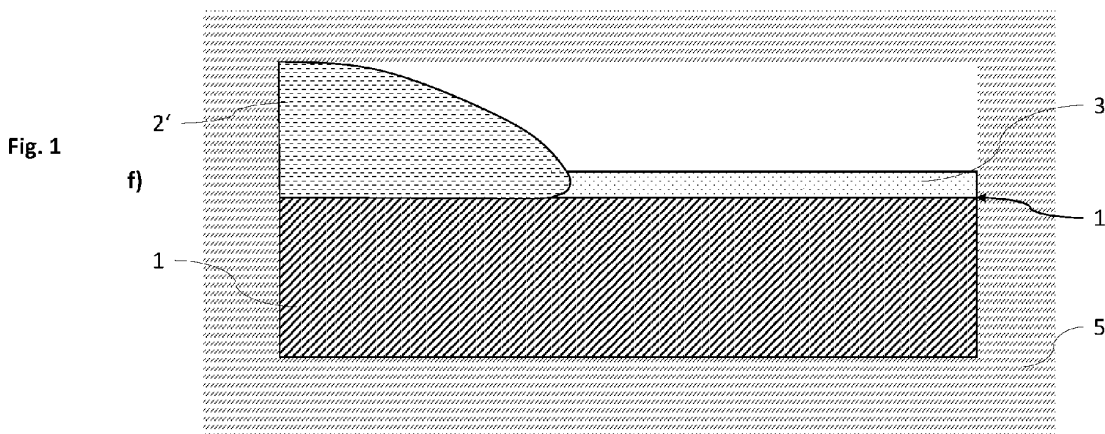
(71) Anmelder: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner mbB**
Patent- und Rechtsanwälte
Joachimsthaler Straße 10-12
10719 Berlin (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER STOFFSCHLÜSSIGEN VERBINDUNG ZWISCHEN EINEM EINLEGETEIL UND GUSSMATERIAL UND ZWISCHENPRODUKT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen einem Einlegeteil (1) und einem Gussmaterial (2), wobei eine Schutzschicht (3) auf eine Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) aufgebracht wird, das Einlegeteil (1), das die Schutzschicht (3) aufweist, in Kontakt mit dem Gussmaterial (2) in Form einer Schmelze (2') gebracht wird, die Schutzschicht (3) durch den Kontakt mit der Schmelze (2') entfernt wird, so dass die Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) wieder freigelegt wird, und das Guss-

material (2) in direkten Kontakt mit der Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) gelangt, und mit dieser Oberfläche (1') die stoffschlüssige Verbindung ausbildet. Die Erfindung betrifft auch ein Zwischenprodukt, zur Verwendung in einem Gießverfahren, wobei das Zwischenprodukt gebildet ist aus einem als Einlegeteil (1) vorgesehenen Element, wobei eine Schutzschicht (3) auf einer Oberfläche (1') des als Einlegeteil (1) vorgesehenen Elements angeordnet ist.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Gießereitechnik. Sie betrifft Verfahren zur Herstellung einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen einem Einlegeteil und Gussmaterial, insbesondere Aluminium. Sie betrifft außerdem ein Zwischenprodukt zur Verwendung in einem Gießverfahren.

Hintergrund und technische Problemstellungen

[0002] Aluminium bietet aufgrund seiner geringen Dichte, hohen spezifischen Festigkeit und guten natürlichen Korrosionsbeständigkeit umfangreiche Potenziale für den Leichtbau. Angewendet wird der Werkstoff als Guss- und Knetlegierung insbesondere im Automobilbau für die Karosserie. Etabliert sind montierte Aluminium-Konstruktionen bestehend aus komplex geformten Gussstrukturen und einfachen Blech-/Profilstrukturen, die miteinander auf konventionelle Weise gefügt werden. Wünschenswert ist eine gießtechnisch realisierte Verbindung, bei der Blech- und/oder Profilelemente (= "Einlegeteile", "Einlegeteil" oder "Einleger") vorzugsweise direkt während des Gießprozesses stoffschlüssig mit Gussstrukturen verbunden werden direkt während des Gießprozesses, indem die Einlegeteile von der Metallschmelze angegossen bzw. umgossen werden, an der Oberfläche aufschmelzen und anschließend eine stoffschlüssige Verbindung entsteht. Dieses Konzept wird in der Fachwelt als Verbundgießen bezeichnet und ist ein effektiver Weg, um unter Vermeidung zusätzlicher Fügeoperationen eine Verbindung zwischen einem Gussteil und einer weiteren Bauteilkomponente (= Einlegeteil) zu erzielen. Dabei kann das Einlegeteil aus identischem, artgleichem (z. B. Aluminium-Einleger in Al-Guss, Stahl-Einleger in Gusseisen oder Stahlguss etc.) oder artfremden Material bestehen. Die Ausbildung der Verbindung zwischen Guss- und Einlegeteil kann über Kraft-, Form- oder Stoffschluss sowie über Kombinationen dieser grundlegenden Mechanismen realisiert werden.

[0003] Die Anforderungen an die Verbindung unterscheiden sich dabei entsprechend dem Verwendungszweck des herzustellenden Zusammenbaus v.a. in der Übertragung von Kräften, Wärme und/oder elektrischer Energie. In allen Fällen, insbesondere aber bei der Übertragung von Wärme oder elektrischer Energie, wird ein stoffschlüssiger Verbund bevorzugt. Entsprechend stellt das Verbundgießen von schmelzflüssigem Aluminiummaterial mit festem Aluminium-Halbzeugmaterial als Einlegeteil - unter der Zielstellung einer stoffschlüssigen Verbindung - eine bisher technisch nicht zufriedenstellend gelöste Herausforderung dar.

[0004] Problematisch erweist sich hierbei die auf Aluminiumoberflächen entstehende Korrosionsschutzschicht aus Aluminiumoxid (Al_2O_3), die auf natürliche Weise bereits bei Kontakt mit geringen Mengen an

Sauerstoff entsteht. Es bildet sich eine fest haftende Oxidschicht aus, die aufgrund ihrer hohen Festigkeit und einem Schmelzpunkt von rund 2.000°C als eine "Sperrschicht" auf dem anzugießenden Einlegeteil wirkt und das Anschmelzen des Aluminium-Halbzeug bei Kontakt mit Aluminiumschmelze behindert.

[0005] Wichtig ist hierbei, zu unterscheiden zwischen Gießverfahren mit hoher und mit geringer Temperatureinwirkung bei den Gieß- und Erstarrungsphasen. Beim sogenannten Schwerkraft- oder Kokillengießen füllt Aluminiumschmelze langsam fließend die Gießform. Dabei kann die Schmelze vergleichsweise langsam entlang des Einlegeteils fließen und somit vergleichsweise hohen Wärmeeintrag in das Einlegeteil bewirken. Hinzu kommt, dass in diesen Verfahren i.d.R. vergleichsweise dickwandige Wandstärken gegossen werden (bis zu mehreren Zentimeter), wodurch der Effekt des Wärmeeintrags von der Schmelze in das Einlegeteil verstärkt wird. Beide Effekte können dazu führen, dass der Aluminium-Werkstoff des Einlegeteils erweicht oder gar aufgeschmolzen wird, wodurch das Einlegeteil instabil wird und keinen festen Untergrund mehr bietet für eine Oxid- oder anders geartete Sperrschicht. Dadurch kann diese einreißen oder einbrechen und sich vom Einlegeteil ablösen. Weiterhin kann die Sperrschicht auf diese Weise von der fließenden Metallschmelze mitgerissen und in das Bauteil oder an dessen Oberfläche gespült werden. Das an- oder aufgeschmolzene Halbzeug des Einlegeteils hat nun direkten Kontakt zur Metallschmelze und kann eine stoffschlüssige Verbindung eingehen. Beim Druckgießen hingegen erfolgt die Füllung der Gießform und somit das Ein- oder Umgießen des Einlegeteils vergleichsweise schnell binnen weniger bis hin zu ca. 100 Millisekunden. Zudem ist der Prozess charakterisiert durch eine eher sprühende, in Tröpfchen verteilte Füllung der Form, weniger durch einen laminaren Schmelzeffluss. Dadurch kann der strömende Effekt zur Temperaturübertragung von der Schmelze auf das Einlegeteil vergleichsweise geringer sein. Weiterhin werden im Druckguss i.d.R. Bauteile geringer Wandstärke zwischen 2 -10 mm hergestellt, wodurch weniger Volumen an Metallschmelze für eine Temperaturübertragung von der Schmelze auf das Einlegeteil bereitsteht. Im Druckgießverfahren sind daher keine technischen Lösungen bekannt, die das Aufreißen und Ablösen der Oxidschichten auf Aluminium-Einlegeteilen beabsichtigen bzw. ermöglichen. Die Verbesserung der stoffschlüssigen Anbindung, insbesondere in Druckgießverfahren, ist daher ein Aspekt dieser Anmeldung, doch auch bei anderen Gießverfahren können die Vorteile der Erfindung zum Tragen kommen.

Stand der Technik

[0006] DE 10 2020 206 009 A1 bezieht sich auf ein Verfahren zum Beschichten eines Bauteils aus einem Grundwerkstoff, das eine, insbesondere geschlossene Deckschicht aus einem ersten Deckmaterial trägt, mit

einem Beschichtungswerkstoff. Um einen guten stoffschlüssigen Verbund des Grundwerkstoffs des Bauteils mit dem Beschichtungswerkstoff zu erreichen, ist vorgesehen, dass der Beschichtungswerkstoff in Form von Pulverpartikeln mittels eines Prozessgasstroms durch Kaltgasspritzen auf das Bauteil aufgebracht wird, wobei der Prozessgasstrom derart eingestellt wird, dass er sowohl erste Pulverpartikel enthält, die aufgrund ihrer Geschwindigkeit jeweils einen Teil des Deckmaterials abtragen, als auch zweite Partikel, die aufgrund ihrer Geschwindigkeit beim Aufprall auf der Oberfläche des Bauteils eine Verformung erfahren und mit der Bauteiloberfläche verschweißen, wobei die Oxidschicht durchschlagen und eine Verbindung zwischen aufgesprühtem Material und Einleger erzeugt wird. Die neue Oberfläche besteht damit aus dem aufgesprühten Material, für das Werkstoffe mit geringer Oxidationsneigung gewählt werden, die zudem die Verbindungsbildung beim Gießen unterstützen. Das Verfahren führt dabei speziell im Druckguss zu einer Zwischenschicht zwischen Gussteil und Einleger, die in ihren Eigenschaften von beiden Werkstoffen abweicht und das Bauteilverhalten insgesamt negativ beeinflussen kann.

[0007] EP 0 854 763 B1 befasst sich damit, dass die Festigkeit der intermetallischen Bindung zwischen einem Motoren-Bauteil aus einer Aluminium-Basis-Legierung und einem Bewehrungsteil aus austenitischem Gusseisen erhöht werden soll. Hierzu wird das Bewehrungsteil vor der Durchführung des im Stand der Technik bekannten Alfin-Verfahrens in einer entkohlenden Atmosphäre geglüht, um eine von Graphitlamellen weitgehend freie Alfin-Schicht zu erhalten.

[0008] Die EP 0 498 719 A1 beschreibt ein zweistufiges Beschichtungsverfahren - Aufbringen eines oxidationsbeständigen Metalls und darauf eine weitere Schicht, die durch den Aluminiumgießprozess angelöst oder aufgelöst werden soll. Am Ende verfolgt die beschriebene Lösung die Bildung einer verbindungs bildenden Schicht zwischen Einleger und Gussmaterial als Zwischenschicht.

[0009] Weitere Ansätze (z.B. US 5 377 742 A, DE 19 736 790 A1) beschäftigen sich mit dem Aufbringen von oxidationshemmenden Schichten auf einem Aluminium-einleger. Hierbei soll diese Schicht neben der Oxidationshemmung auch die Verbindung zum Gussmaterial übernehmen.

[0010] Zink- oder Zinkatbeschichtungen (US 5 293 923 A, DE 10 2007 026 005 A1) verfolgen den technologischen Ansatz, dass diese Beschichtung bewusst als Haftvermittlerschicht zwischen den Fügepartnern im Verbundguss verbleibt. Auch hier wird die Bildung einer verbindungs bildenden Schicht zwischen Einleger und Gussmaterial als Zwischenschicht verfolgt.

[0011] Dokument US 5 273 099 A zeigt ein Verfahren zum Verbinden von Aluminium-Verbundteilen. Ein chemischer Film, der Kalium und Fluor enthält, wird auf einem Aluminiumelement gebildet oder ein Flussmittel, das Kalium und Fluor enthält, wird auf ein Aluminium-

element aufgetragen. Das beschichtete Aluminiumelement wird zusammen mit einem Einwegmuster in einem vorbestimmten zusammengesetzten Zustand in eine Form mit Formsand eingebettet. Dann wird eine geschmolzene Aluminiumlegierung in die Form gegossen, wodurch ein Gussteil aus einer Aluminiumlegierung geformt wird.

[0012] Dokument US 4 643 241 A zeigt ein Verfahren zur Herstellung eines Aluminium-Verbundmaterials, das durch Verbinden von Aluminium oder einer Aluminiumlegierung mit einem Bauteil aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, das im Voraus in einer bestimmten Form durch das Verfahren der inneren Abkühlung usw. geformt wird, einstückig zu bilden ist. Das Verfahren umfasst die Schritte der Bildung einer chemischen Umwandlungsbeschichtung aus Pentafluoraluminat (K_2AlF_5), indem eine Lösung, die Kaliumionen und Fluorionen enthält, in Kontakt mit der Oberfläche des Aluminiumelements gebracht wird.

[0013] Nichtpatentliteratur:

Schwankl, M. (2017): Al-Al-Verbundguss - Technologische Grundlagen und werkstoffkundliche Charakterisierung der stofflichen Anbindung von Aluminiumknetlegierungen im Aluminium Druckguss. Erlangen, FAU University Press, 2017.

Pintore, M. (2020): Gießtechnische Herstellung und technologische Charakterisierung von Kupfer-Aluminium-Schichtverbunden. München, TUM University Press, 2021.

Abriss der Erfindung

[0014] Ein Verfahren zur Erzeugung eines stoffschlüssigen Verbundes zwischen einem Gussteil und einem Einlegeteil, durch das die oben genannten Unzulänglichkeiten zumindest teilweise behoben werden, umfasst beispielsweise die in Anspruch 1 genannten Merkmale.

[0015] Ebenfalls behoben werden die Unzulänglichkeiten durch ein Zwischenprodukt zur Verwendung in einem Gießverfahren gemäß dem nebengeordneten Anspruch.

[0016] Vorteilhafte Ausführungsformen lassen sich den abhängigen Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung und den Figuren entnehmen.

[0017] Anmeldungsgemäß können die eingangs erwähnten Unzulänglichkeiten insbesondere dadurch behoben werden, dass nach einer Entfernung einer Sperrschicht auf dem Einleger eine die Neubildung derselben ganz oder zumindest teilweise verhindernde Schutzschicht auf einem Einlegeteil zum Einsatz kommt, die als "Opferschicht" ausgebildet wird.

[0018] Bei einem anmeldungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen einem Einlegeteil und einem Gussmaterial wird eine Schutzschicht auf eine Oberfläche des Einlegeteils aufgebracht. Das Einlegeteil, das die Schutzschicht auf-

weist, wird in Kontakt mit dem Gussmaterial in Form einer Schmelze gebracht. Die Schutzschicht wird durch den Kontakt mit der Schmelze entfernt, so dass die Oberfläche des Einlegeteils wieder freigelegt wird. Das Gussmaterial gelangt in direkten Kontakt mit der Oberfläche des Einlegeteils. Das Gussmaterial bildet mit dieser Oberfläche die stoffschlüssige Verbindung aus.

[0019] Ein anmeldungsgemäßes Zwischenprodukt zur Verwendung in einem Gießverfahren ist gebildet aus einem als Einlege teil vorgesehenen Element mit einer Schutzschicht, die auf einer Oberfläche des als Einlege teil vorgesehenen Elements angeordnet ist.

[0020] Bei dem Verfahren oder bei dem Zwischenprodukt ist die Oberfläche des Einlege teils, auf der die Schutzschicht angeordnet ist, beispielsweise oxidfrei oder oxidarm. Insbesondere Aluminium neigt unter prozessrelevanter Atmosphäre zu Oxidation. Häufig liegen daher Einlege teile zunächst mit einer Oxidschicht als Sperrschicht vor. Diese Sperrschicht wird dann zunächst entfernt, um die Oberfläche aus möglichst reinem nicht oxidierten Aluminium ("Kernmaterial" bzw. "Einlegermaterial") freizulegen, die später direkt mit der Schmelze in stoffschlüssige Verbindung gehen soll.

[0021] Es sind aber auch andersartige Sperrschichten denkbar, beispielsweise Hydroxidschichten. Anmeldungsgemäß sollen Einlege teile auch im weiteren Sinne frei von andersartigen Sperrschichten sein, die eine direkte stoffschlüssige Verbindung des Kernmaterials mit der Schmelze behindern würden.

[0022] Wie aus diesen Ausführungen ersichtlich ist, wird also eine direkte stoffschlüssige Verbindung des Einlegermaterials oder Kernmaterials mit dem Gussmaterial angestrebt, insbesondere auch ohne eine dazwischen angeordnete verbindungs bildende Schicht (intermetallische Phase o.ä.).

[0023] Die Sperrschicht kann in einem vorbereitenden Schritt des Verfahrens beispielsweise durch mechanisches Abtragen, galvanische Behandlung, Laserbearbeitung oder Plasmabehandlung entfernt werden. Nach Entfernung der Sperrschicht wird dann die Schutzschicht aufgebracht, die insbesondere vor erneuter Oxidation schützt.

[0024] Die Schutzschicht kann beispielsweise eine Sol-Gel-Schicht (vorzugsweise siliziumhaltig) und/oder eine Plasmapolymerschicht (vorzugsweise siliziumhaltig) und/oder Kunstharz und/oder Epoxidharz und/oder ein Polyelektrolytmultilayer (PEM) und/oder eine selbstorganisierende Monoschicht (SAM) und/oder Polymerschicht (welche vorzugsweise Stickstoff und/oder Schwefel und/oder Phosphor enthalten) und/oder metallische Schicht (u.a. welche mittels Sudverfahren und/oder alternativer Galvanikverfahren und/oder abgeschieden wurden) sein.

[0025] Die Schutzschicht wird vorzugsweise unmittelbar nach der möglichen Entfernung der Sperrschicht auf das Einlege teil aufgebracht und bedeckt die reaktive Oberfläche des Einlege teils. Durch die Schutzschicht kann eine weitere Reaktion mit der prozessrelevanten

Atmosphäre verhindert werden.

[0026] Die Entfernung der Sperrschicht und/oder Aufbringung der Schutzschicht erfolgt vorzugsweise in einer vor Luftsauerstoff schützenden Schutzumgebung, beispielsweise in Inertgasen wie bspw. Argon oder innerhalb einer Flüssigkeit, bspw. wässrig (schwach sauer pH-Wert ≤ 4 oder alkalisch pH-Wert ≥ 10). Vorzugsweise erfolgen beide Schritte in derselben Umgebung.

[0027] Die Entfernung der Sperrschicht und/oder Aufbringung der Schutzschicht erfolgt mittels inline- und/oder online-Monitoring, vorzugsweise mittels optischer, chemischer oder elektrochemischer Verfahren. Das Monitoring dient der Qualitätssicherung der Oberflächeneigenschaften des Einlegers.

[0028] Das Einlege teil mitsamt der Schutzschicht wird einem Gießvorgang zugeführt.

[0029] Während eines Gießvorganges wird die reaktive Oberfläche des Einlege teils wieder freigegeben, so dass eine Schmelze in Kontakt mit der sperrschichtfreien oder -armen Oberfläche des Einlege teils treten kann und die Ausbildung einer stoffschlüssigen Verbindung ermöglicht wird.

[0030] Beispielsweise wird das Einlege teil, das die Schutzschicht aufweist, in Kontakt mit dem Gussmaterial in Form einer Schmelze gebracht. Das Einlege teil kann dabei beispielsweise gänzlich von der Schmelze umgossen werden. Alternativ ist es möglich, dass die Oberfläche des Einlege teils nur bereichsweise mit der Schmelze in Berührung kommt.

[0031] Die Schutzschicht wird vorzugsweise durch den Kontakt mit der Schmelze entfernt, so dass die Oberfläche des Einlege teils wieder freigelegt wird.

[0032] Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die Schmelze derart auf die Schutzschicht wirkt, dass sie die Schutzschicht zersetzt, und/oder verdampft und/oder ablöst und/oder wegschwemmt und/oder mit der Schutzschicht in Legierung geht. In einer beispielhaften Ausführung des Verfahrens werden die Komponenten derart gewählt, dass die Schmelz- bzw. Dampf- bzw. Zersetzungspunkte der Schutzschicht unterhalb der Solidustemperatur des Kernmaterials des Einlege teils liegen.

[0033] Die vorliegende Anmeldung offenbart auch Verfahren, bei denen eine Substanz, vorzugsweise chlorid- oder fluoridhaltig, auf die Sperrschicht aufgetragen wird, welche während des Gießprozesses, insbesondere unter Temperaturzuführung, zu einer chemischen Zersetzung der Sperrschicht führt, so dass die Oberfläche des Einlege teils freigelegt wird, welche in situ mit der Schmelze in Kontakt kommt, ehe es zur Reoxidation der Oberfläche des Einlege teils kommt. Dabei kann die Sperrschicht, auf die die Substanz aufgetragen wurde, beispielsweise durch Einwirkung der Schmelze zersetzt und/oder verdampft und/oder abgelöst und/oder wegschwemmt werden. Die Anmelderin behält sich vor, solche Ausführungen zu beanspruchen.

[0034] Die Schmelze ist vorzugsweise eine Aluminiumschmelze. Die Schmelze kann aber auch eine Alu-

miniumlegierung sein und beispielsweise Silizium und/oder Zink und/oder Kupfer und/oder Magnesium enthalten. Ebenso kann es sich bei der Schmelze um Zink, Magnesium, Kupfer, Eisen bzw. Stahl, Nickel, Titan oder ein anderes metallisches Element handeln, sowie um Legierungen auf Basis der betreffenden Elemente. Die Schmelze, insbesondere Aluminiumschmelze, weist während des Gießens eine legierungsabhängige übliche Schmelzetemperatur auf, für Aluminiumlegierungen etwa im Bereich zwischen 550 - 850 °C.

[0035] Die Schmelze kann dann in direkten Kontakt mit der sperrschichtfreien oder -armen Oberfläche des Einlegeteils gelangen und schließlich kann das Gussmaterial mit dieser Oberfläche die stoffschlüssige Verbindung ausbilden.

[0036] Das Einlegeteil kann beispielsweise Aluminium umfassen. Insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung bestehen. Das Einlegeteil kann alternativ oder zusätzlich beispielsweise auch Magnesium und/oder Eisen bzw. Stahl und/oder Kupfer und/oder Titan und/oder Zink umfassen oder daraus bestehen oder aus einer Legierung dieser Materialien bestehen.

[0037] Mit besonderem Vorteil ist die Erfindung für Aluminium-Aluminium-Verbindungen einsetzbar, d.h. Schmelze und Einlegeteil sind aus Aluminium.

[0038] Die Schmelze kann insbesondere im Rahmen eines Druckgießverfahrens in den Kontakt mit dem Einlegeteil, insbesondere der Oberfläche des Einlegeteils gebracht werden.

[0039] In einer Ausführungsform des Verfahrens kann es vorgesehen sein, dass das Einlegeteil mitsamt der an seiner Oberfläche befindlichen Schutzschicht vorgewärmt wird. Das Einlegeteil mit der Schutzschicht kann dann in einem erwärmten Zustand in Kontakt mit der Schmelze gebracht werden. Dadurch können bspw. der Auflösungs- bzw. Ablösungsprozess der Schutzschicht und/oder die Ausbildung der stoffschlüssigen Verbindung begünstigt werden.

[0040] In einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine nachträgliche Wärmebehandlung an dem Einlegeteil und dem daran angeordneten Gussmaterial vorgenommen. Insbesondere kann die stoffschlüssige Verbindung zwischen diesen beiden Komponenten des Verbundbauteils durch die Wärmebehandlung erzeugt und/oder gefördert und/oder ausgereift werden. D.h., es ist möglich, dass die stoffschlüssige Verbindung im Nachgang erzeugt, gefördert oder ausgereift wird, wobei der Prozess zur Bildung der stoffschlüssigen Verbindung während des Umgießens nicht oder nicht ausreichend stattfindet oder nicht abgeschlossen wird, sondern im Nachbearbeitungsschritt ausgelöst und/oder abgeschlossen wird.

[0041] Ein Zwischenprodukt zur Verwendung in einem Gießverfahren ist aus einem als Einlegeteil vorgesehenen Element gebildet, wobei eine anmeldungsgemäße Schutzschicht auf einer Oberfläche des als Einlegeteil vorgesehenen Elements angeordnet ist.

[0042] Die Schutzschicht steht dabei beispielsweise in

direktem Kontakt mit der Oberfläche des als Einlegeteil vorgesehenen Elements, die frei von einer Sperrschicht und insbesondere oxidbefreit oder oxidarm ist.

[0043] Es versteht sich, dass die im Rahmen des Verfahrens hinsichtlich des Einlegeteils und/oder der Schutzschicht beschriebenen Aspekte auch für das Zwischenprodukt beansprucht werden können und umgekehrt.

[0044] Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden nun anhand der angehängten Figuren erläutert.

Kurzbeschreibung der Figuren

[0045] In den Figuren zeigt

- Fig. 1a ein Einlegeteil mit einer Sperrschicht,
- Fig. 1b ein Entfernen der Sperrschicht unter Schutzumgebung
- Fig. 1c ein Aufbringen einer Schutzschicht auf das Einlegeteil unter der Schutzumgebung,
- Fig. 1d ein Zwischenprodukt, bestehend aus dem Einlegeteil mit der Schutzschicht,
- Fig. 1e ein Gießwerkzeug, in das das Einlegeteil mit der Schutzschicht eingelegt ist,
- Fig. 1f ein Einbringen eines Gießmaterials in Form einer Schmelze in
- Fig. 1g das Gießwerkzeug während eines Gießvorganges, ein Wegspülen der Schutzschicht während des Gießvorgangs,
- Fig. 1h ein Lösen der Schutzschicht in der Schmelze,
- Fig. 1i ein Übergehen der Schutzschicht in den gasförmigen Zustand,
- Fig. 1j eine stoffschlüssige Verbindung zwischen der von der Schutzschicht befreiten Oberfläche des Einlegeteils und dem Gießmaterial.

Ausführliche Beschreibung der Figuren

[0046] Fig. 1a zeigt ein Einlegeteil 1, das mit einem Gussmaterial verbunden werden soll. Beispielsweise kann das Einlegeteil 1 ein Aluminium-Halbzeug sein. Fig. 1a zeigt dabei einen initialen Zustand, in dem eine gesamte Oberfläche 1' des Einlegeteils 1 mit einer Sperrschicht 4 natürlichen Aluminiumoxids bedeckt ist. Diese Sperrschicht 4 wird in einem vorbereitenden Schritt entfernt. Die Entfernung geschieht bspw. über einen mechanisch-abrasiven oder einen chemisch-galvanischen oder einen laserbasierten oder einen plasmabasierten Reinigungsprozess.

[0047] Fig. 1b zeigt den Prozess, bei dem die Sperrschicht 4 natürlichen Aluminiumoxids von der Oberfläche 1' des Einlegeteils 1 entfernt wurde. Dadurch wird "blankes" und oxidfreies oder oxidarmes Aluminium an der Oberfläche 1' freigelegt.

[0048] Zur kurzzeitigen Vermeidung von Neuoxidation erfolgt der Prozess der Entfernung unter Ausschluss von Luftsauerstoff, wie hier beispielhaft dargestellt unter ei-

ner Schutzumgebung 6, beispielsweise einer Schutzgasatmosphäre aus bspw. Argon o.ä., oder unter einer fluidischen Schutzumgebung.

[0049] Fig. 1c zeigt, dass zur dauerhaften Vermeidung von Neuoxidation eine Schutzschicht 3 auf die Oberfläche 1' des Einlegeteils 1 in einer Schutzumgebung 6 aufgetragen wird. Diese Schutzschicht 3 bildet vorzugsweise keine Verbindung zum Grundwerkstoff des Einlegeteils 1, ist aber vorzugsweise diffusionsdicht und verhindert somit den Kontakt von Luftsauerstoff und anderen deckschichtbildenden Elementen mit der Oberfläche 1'. Der Auftrag erfolgt daher vorzugsweise unmittelbar nach Prozessschritt 1 unter gleicher Schutzumgebung 6 aus dem vorhergehenden Prozessschritt, in dem die Sperrschicht 4 entfernt wird. Die Schutzschicht 3 ist beispielsweise aus einer Sol-Gel-Schicht, vorzugsweise einer siliziumhaltigen Sol-Gel-Schicht und/oder aus einer Plasmapolymerschicht, vorzugsweise einer siliziumhaltigen Plasmapolymerschicht und/oder aus Kunstharz und/oder aus Epoxidharz und/oder aus einem Polyelektrolytmultilayer (PEM) und/oder aus einer selbstorganisierenden Monoschicht (SAM) und/oder aus einer Polymerschicht, vorzugsweise Stickstoff und/oder Schwefel und/oder Phosphor enthaltend und/oder aus einer metallischen Schicht gebildet. Die Schutzschicht 3 wird beispielsweise in einem Sudverfahren gebildet und/oder in einem Galvanikverfahren und/oder durch Abscheidung.

[0050] Fig. 1d illustriert, dass die als Oxidationsschutzschicht dienende Schutzschicht 3 auf dem Einlegeteil 1 verbleibt, so dass dieses für Lagerung und Transport der Schutzumgebung 6, also beispielsweise dem Schutzgas oder Schutzfluid entnommen und an der Luft transportiert werden kann. Es handelt sich also um ein Zwischenprodukt für die Verwendung in einem Gießverfahren, wobei das Zwischenprodukt das Einlegeteil 1 enthält und wobei die Schutzschicht 3 auf einer Oberfläche 1' des Einlegeteils 1 Elements angeordnet ist. Dieses Zwischenprodukt kann also als Zulieferteil produziert und anschließend direkt in den Gießprozess zugeführt werden.

[0051] Fig. 1e bis 1j illustrieren die Bildung der stoffschlüssigen Verbindung: Das beschichtete (ggf. vorgewärmte) Einlegeteil 1 mitsamt der an seiner Oberfläche 1' befindlichen Schutzschicht 3 wird in ein Gießwerkzeug 5 eingesetzt (Fig. 1e).

[0052] Fig. 1f illustriert, dass das Einlegeteil 1 im dem Gießwerkzeug 5 mit einer Schmelze 2' (bspw. Aluminiumschmelze) vollständig oder vorzugsweise anteilig umgossen wird. Hierzu ist vorzugsweise ein druckunterstütztes Gießverfahren vorgesehen, insbesondere ein Druckgießverfahren, es kann aber ebenfalls ein Niederdruckgießverfahren oder Schwerkraftgießverfahren sein. Es ist dabei auch denkbar, dass das Einlegeteil nur bereichsweise angegossen wird.

[0053] Fig. 1g bis 1i illustrieren, dass die thermische und/oder mechanische Einwirkung der Schmelze beispielsweise ein Auf- oder Ablösen der Schutzschicht 3 von der Oberfläche 1' des Einlegeteils 1 bewirkt, wodurch

das blanke, sperrschichtarme oder -freie, insbesondere oxidarme oder oxidfreie Aluminium wieder freigelegt wird (daher auch die alternative Bezeichnung "Opferschicht"). Aufgrund der hohen Geschwindigkeit der Formfüllung im Druckgießverfahren und ggf. einer aktiv erzeugten Abwesenheit von Luftsauerstoff aufgrund eines Vakuums in der Gießform hat die freie Aluminiumoberfläche keine Reaktionszeit zur Bildung einer neuen Sperrschicht. Das schmelzflüssige Aluminium 2' kann somit direkten Kontakt zur Aluminiumoberfläche 1' herstellen und ein An- bzw. Aufschmelzen der Oberfläche vom Einlegeteil ermöglichen zur Bildung einer stoffschlüssigen Verbindung.

[0054] Die Bestandteile der Schutzschicht 3 werden vom Einlegeteil mindestens teilweise und vorzugsweise vollständig abgelöst und in das Gussteil oder an dessen Oberfläche transportiert bzw. geschwemmt (Fig. 1g). Beispielsweise kann die Schutzschicht in Überläufe gespült werden.

[0055] Wahlweise kann die Schutzschicht 3 alternativ oder zusätzlich auch aufgeschmolzen und/oder aufgelöst und in Legierung mit der Aluminiumschmelze gehen oder als gelöster Fremdstoff im Aluminiumguss verbleiben (Fig. 1h).

[0056] Wahlweise kann die Schutzschicht 3 durch die thermische Einwirkung des schmelzflüssigen Aluminiums 2' alternativ oder zusätzlich in den gasförmigen Zustand übergehen und parallel zur Füllung der Gießform 5 abgesaugt werden (Fig. 1i).

[0057] Fig. 1j zeigt das gegossene Verbundbauteil, bei dem die Schmelze zu einem Aluminiumgussmaterial 2 erstarrt ist, das das Einlegeteil 1 enthält.

[0058] Ggf. kann eine nachträgliche Wärmebehandlung erfolgen. Beispielsweise kann eine nachträgliche Wärmebehandlung des Verbundbauteils vorgesehen sein, die die stoffschlüssige Verbindung im Nachgang erzeugt, fördert oder ausreift. D.h., es ist denkbar, dass der Prozess zur Bildung der stoffschlüssigen Verbindung während des Umgießens (Fig. 1f und 1g oder 1h oder 1i) nicht oder nicht ausreichend stattfindet oder nicht abgeschlossen wird, sondern im Nachbearbeitungsschritt ausgelöst und/oder abgeschlossen wird.

[0059] Die vorliegende Offenbarung umfasst unter anderem die folgenden Aspekte, die für das Verständnis der Erfindung hilfreich sein können:

1. Verfahren zur Herstellung einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen einem Einlegeteil (1) und einem Gussmaterial (2), wobei

eine Schutzschicht (3) auf eine Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) aufgebracht wird, das Einlegeteil (1), das die Schutzschicht (3) aufweist, in Kontakt mit dem Gussmaterial (2) in Form einer Schmelze (2') gebracht wird, die Schutzschicht (3) durch den Kontakt mit der Schmelze (2') entfernt wird, so dass die Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) wieder freigelegt

- wird,
und das Gussmaterial (2) in direkten Kontakt mit
der Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) gelangt,
und mit dieser Oberfläche (1') die stoffschlüssi-
ge Verbindung ausbildet. 5
2. Verfahren nach Aspekt 1, wobei vor dem Aufbrin-
gen der Schutzschicht (3) eine Sperrschicht (4) von
der Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) entfernt wird. 10
3. Verfahren nach Aspekt 2, wobei die Sperrschicht
(4) unter einer Schutzumgebung (6) entfernt wird.
4. Verfahren nach Aspekt 2 oder 3, wobei die Sperr-
schicht (4) über einen mechanisch-abrasiven oder
einen chemisch (-galvanischen) oder einen laser-
basierten oder einen plasmabasierten Reinigungs-
prozess entfernt wird. 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei die Schutzschicht (3) 20
- aus einer Sol-Gel-Schicht, vorzugsweise einer
siliziumhaltigen Sol-Gel-schicht, und/oder
aus einer Plasmapolymerschicht, vorzugsweise
einer siliziumhaltigen Plasmapolymerschicht,
und/oder
aus Kunstharz und/oder
aus Epoxidharz und/oder
aus einem Polyelektrolytmultilayer (PEM) un-
d/oder 30
- aus einer selbstorganisierenden Monoschicht
(SAM) und/oder
aus einer Polymerschicht, vorzugsweise Stick-
stoff und/oder Schwefel 35
- und/oder Phosphor enthaltend, und/oder
aus einer metallischen Schicht
gebildet ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei die Schutzschicht (3) in einem Sudver-
fahren gebildet wird und/oder in einem Galvanikver-
fahren gebildet wird und/oder abgeschieden wird. 40
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei das Einlegeteil (1) mitsamt der an sei-
ner Oberfläche (1') befindlichen Schutzschicht (3)
vorgewärmt wird und in einem erwärmten Zustand in
Kontakt mit der Schmelze (2') gebracht wird. 45
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei die Entfernung der Sperrschicht (4)
und/oder Aufbringung der Schutzschicht (3) mittels
inline- und/oder online-Monitoring, vorzugsweise
mittels optischer, chemischer oder elektrochemi-
scher Verfahren, erfolgt. Das Monitoring dient der
Qualitätssicherung der Oberflächeneigenschaften
des Einlegers. 50
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei die Schmelze (2') Aluminium und/oder
Zink und/oder Kupfer und/oder Magnesium und/o-
der Eisen und/oder Silizium und/oder Stahl und/oder
Nickel und/oder Titan enthält.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei das Einlegeteil (1) aus Aluminium oder
Magnesium oder Eisen oder Kupfer oder Titan oder
Zink oder einer Legierung dieser Materialien gebil-
det ist.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei die Schmelze (2') in einem druckun-
terstützten Gießverfahren, insbesondere einem
Druckgießverfahren in Kontakt mit dem Einlegeteil
(1) gebracht wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei die Schmelze (2') die Schutzschicht (3)
ersetzt und/oder verdampft und/oder ablöst und/o-
der wegschwemmt und/oder die Schmelze (2') mit
der Schutzschicht (3) in Legierung geht.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden As-
pekte, wobei eine nachträgliche Wärmebehandlung
an dem Einlegeteil (1) und dem daran angeordneten
Gussmaterial (2) vorgenommen wird, wobei die
stoffschlüssige Verbindung durch die Wärmebe-
handlung erzeugt und/oder gefördert und/oder aus-
gereift wird.
14. Zwischenprodukt zur Verwendung in einem
Gießverfahren, wobei das Zwischenprodukt gebildet
ist aus einem als Einlegeteil (1) vorgesehenen Ele-
ment,
wobei eine Schutzschicht (3) auf einer Oberfläche
(1') des als Einlegeteil (1) vorgesehenen Elements
angeordnet ist.
15. Zwischenprodukt nach Aspekt 14, wobei die
Schutzschicht (3)
- aus einer Sol-Gel-Schicht, vorzugsweise einer
siliziumhaltigen Sol-Gel-schicht, und/oder
aus einer Plasmapolymerschicht, vorzugsweise
einer siliziumhaltigen Plasmapolymerschicht,
und/oder
aus Kunstharz und/oder
aus Epoxidharz und/oder
aus einem Polyelektrolytmultilayer (PEM) un-
d/oder
aus einer selbstorganisierenden Monoschicht
(SAM) und/oder
aus einer Polymerschicht, vorzugsweise Stick-
stoff und/oder Schwefel
und/oder Phosphor enthaltend, und/oder
aus einer metallischen Schicht

gebildet ist.

16. Zwischenprodukt nach Aspekt 14 oder 15, wobei das Einlegeteil (1) aus Aluminium gebildet ist.

17. Zwischenprodukt nach einem der Aspekte 14 bis 16, wobei die Schutzschicht (3) in direktem Kontakt mit einem Kernmaterial des Einlegeteils (1) steht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer stoffschlüssigen Verbindung zwischen einem Einlegeteil (1) und einem Gussmaterial (2), wobei eine Schutzschicht (3) auf eine Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) aufgebracht wird,

das Einlegeteil (1), das die Schutzschicht (3) aufweist, in Kontakt mit dem Gussmaterial (2) in Form einer Schmelze (2') gebracht wird, die Schutzschicht (3) durch den Kontakt mit der Schmelze (2') entfernt wird, so dass die Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) wieder freigelegt wird, und das Gussmaterial (2) in direkten Kontakt mit der Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) gelangt, und mit dieser Oberfläche (1') die stoffschlüssige Verbindung ausbildet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei vor dem Aufbringen der Schutzschicht (3) eine Sperrschicht (4) von der Oberfläche (1') des Einlegeteils (1) entfernt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Sperrschicht (4) unter einer Schutzumgebung (6) entfernt wird und/oder wobei die Sperrschicht (4) über einen mechanisch-abrasiven oder einen chemisch (-galvanischen) oder einen laserbasierten oder einen plasmabasierten Reinigungsprozess entfernt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schutzschicht (3)

aus einer Sol-Gel-Schicht, vorzugsweise einer siliziumhaltigen Sol-Gel-schicht, und/oder aus einer Plasmapolymerschicht, vorzugsweise einer siliziumhaltigen Plasmapolymerschicht, und/oder aus Kunstharz und/oder aus Epoxidharz und/oder aus einem Polyelektrolytmultilayer (PEM) und/oder aus einer selbstorganisierenden Monoschicht (SAM) und/oder aus einer Polymerschicht, vorzugsweise Stickstoff und/oder Schwefel und/oder Phosphor enthaltend, und/oder

aus einer metallischen Schicht gebildet ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schutzschicht (3) in einem Sudverfahren gebildet wird und/oder in einem Galvanikverfahren gebildet wird und/oder abgeschieden wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Einlegeteil (1) mitsamt der an seiner Oberfläche (1') befindlichen Schutzschicht (3) vorgewärmt wird und in einem erwärmten Zustand in Kontakt mit der Schmelze (2') gebracht wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Entfernung der Sperrschicht (4) und/oder Aufbringung der Schutzschicht (3) mittels inline- und/oder online-Monitoring, vorzugsweise mittels optischer, chemischer oder elektrochemischer Verfahren, erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schmelze (2') Aluminium und/oder Zink und/oder Kupfer und/oder Magnesium und/oder Eisen und/oder Silizium und/oder Stahl und/oder Nickel und/oder Titan enthält.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Einlegeteil (1) aus Aluminium oder Magnesium oder Eisen oder Kupfer oder Titan oder Zink oder einer Legierung dieser Materialien gebildet ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schmelze (2') in einem druckunterstützten Gießverfahren, insbesondere einem Druckgießverfahren in Kontakt mit dem Einlegeteil (1) gebracht wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schmelze (2') die Schutzschicht (3) zersetzt und/oder verdampft und/oder ablöst und/oder wegschwemmt und/oder die Schmelze (2') mit der Schutzschicht (3) in Legierung geht.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine nachträgliche Wärmebehandlung an dem Einlegeteil (1) und dem daran angeordneten Gussmaterial (2) vorgenommen wird, wobei die stoffschlüssige Verbindung durch die Wärmebehandlung erzeugt und/oder gefördert und/oder ausgereift wird.
13. Zwischenprodukt zur Verwendung in einem Gießverfahren, wobei das Zwischenprodukt gebildet ist aus einem als Einlegeteil (1) vorgesehenen Element, wobei eine Schutzschicht (3) auf einer Oberfläche

(1') des als Einlegeteil (1) vorgesehenen Elements angeordnet ist.

14. Zwischenprodukt nach Anspruch 13, wobei die Schutzschicht (3) aus einer Sol-Gel-Schicht, vorzugsweise einer siliziumhaltigen Sol-Gel-schicht, und/oder

aus einer Plasmapolymerschicht, vorzugsweise einer siliziumhaltigen Plasmapolymerschicht, und/oder
aus Kunstharz und/oder
aus Epoxidharz und/oder
aus einem Polyelektrolytmultilayer (PEM) und/oder
aus einer selbstorganisierenden Monoschicht (SAM) und/oder
aus einer Polymerschicht, vorzugsweise Stickstoff und/oder Schwefel und/oder Phosphor enthaltend, und/oder
aus einer metallischen Schicht gebildet ist;
und/oder
wobei das Einlegeteil (1) aus Aluminium gebildet ist.

15. Zwischenprodukt nach einem der Ansprüche 13 oder 14, wobei die Schutzschicht (3) in direktem Kontakt mit einem Kernmaterial des Einlegeteils (1) steht.

35

40

45

50

55

Fig. 1

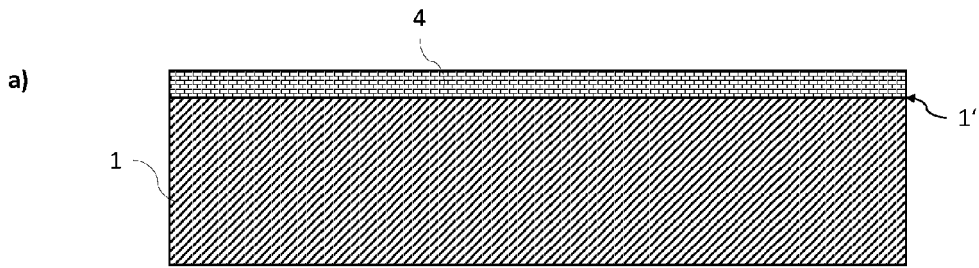


Fig. 1

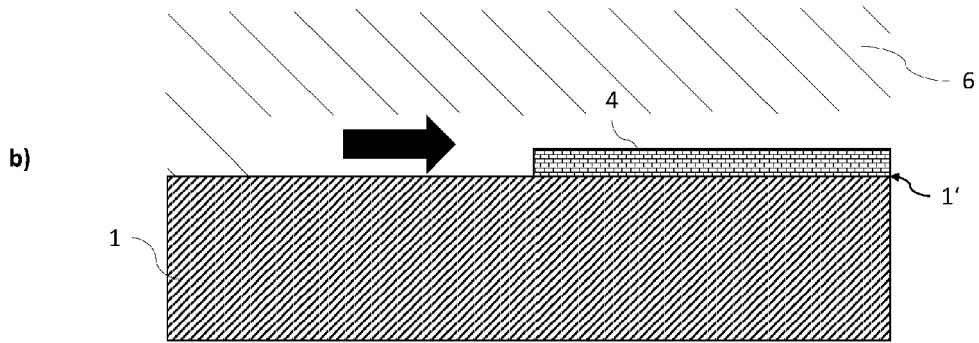


Fig. 1

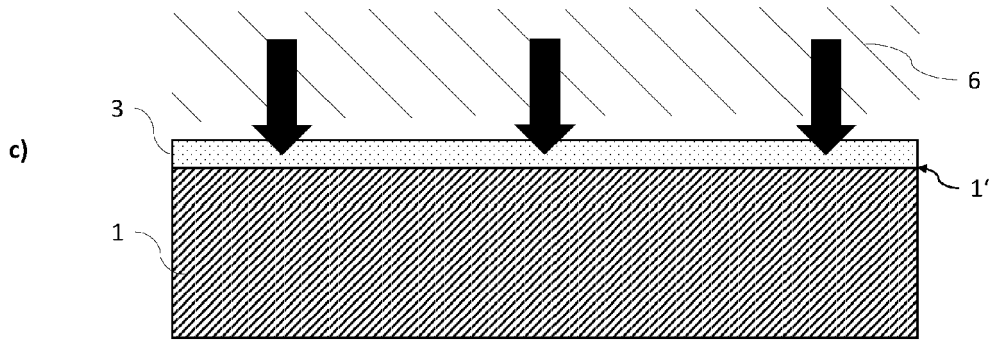


Fig. 1

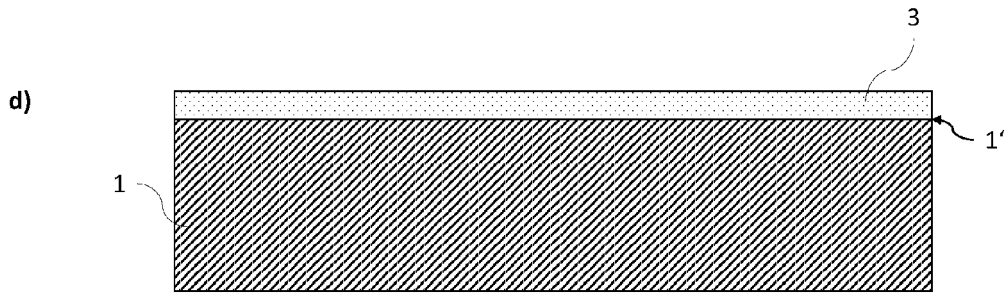


Fig. 1

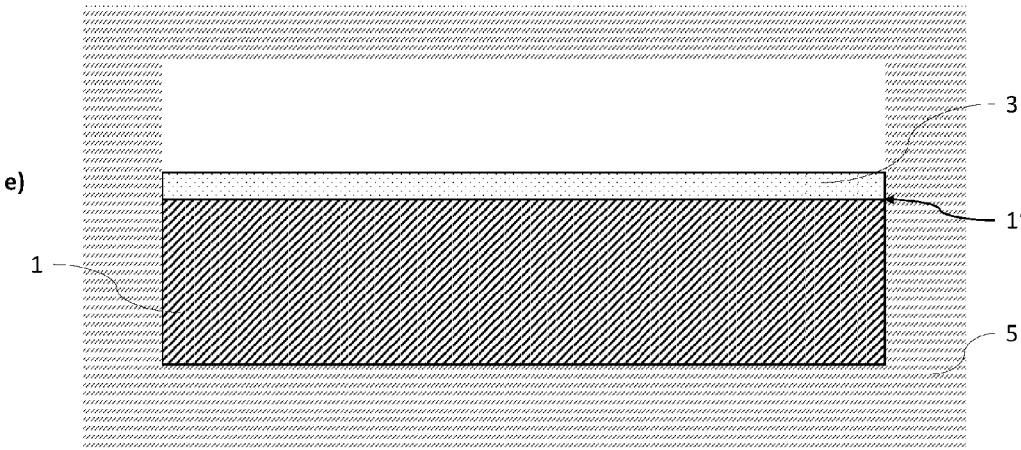


Fig. 1

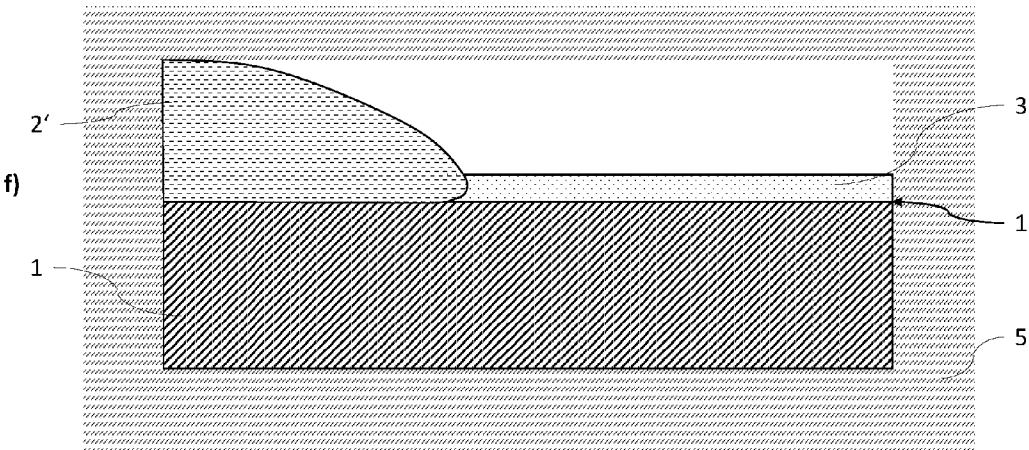


Fig. 1

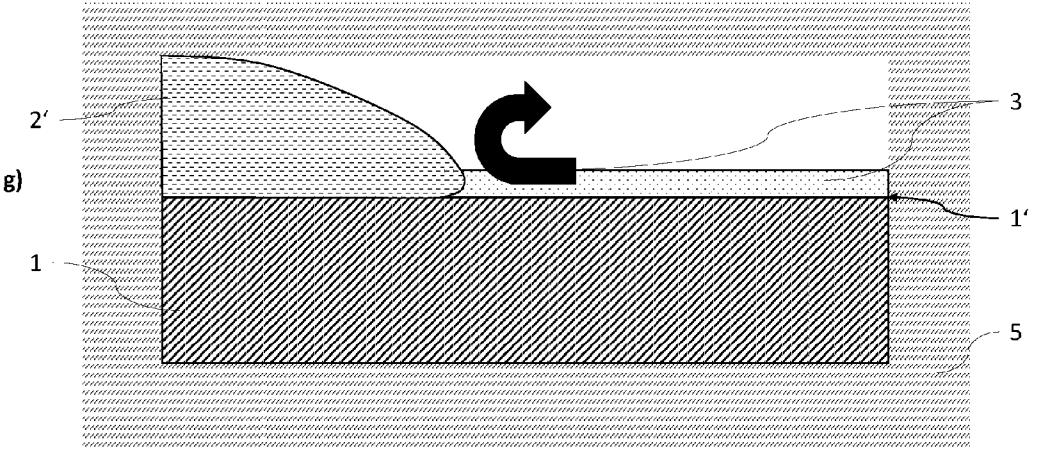


Fig. 1

h)

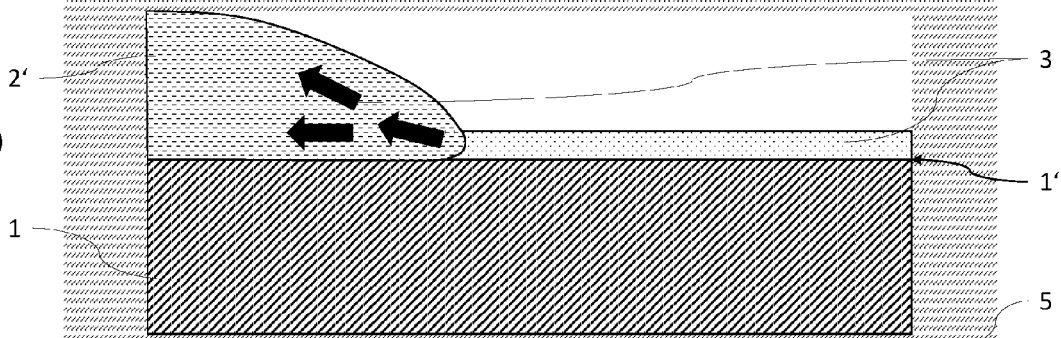


Fig. 1

i)

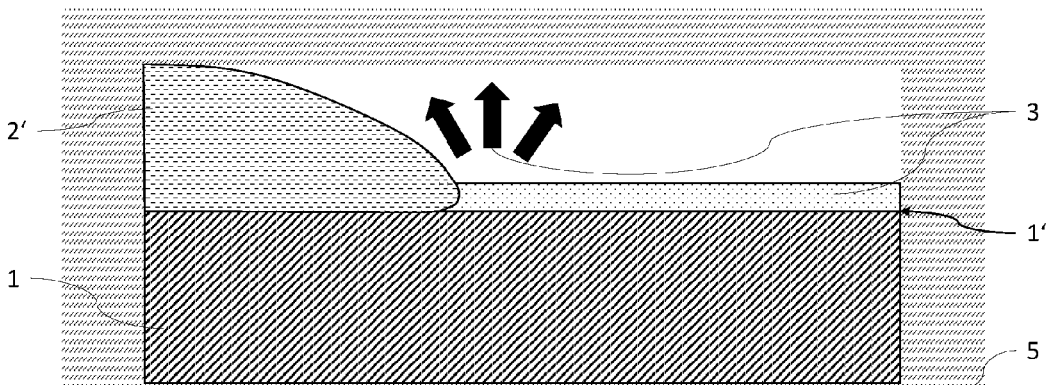
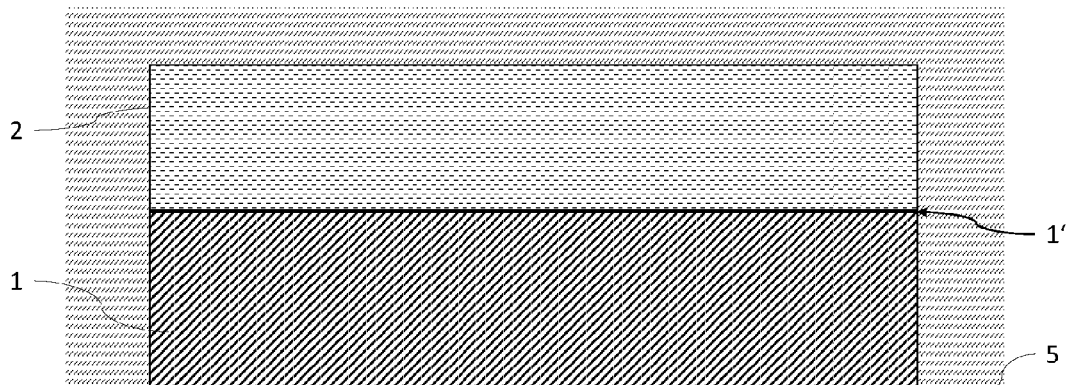


Fig. 1

j)



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

- DE 102020206009 A1 [0006]
- EP 0854763 B1 [0007]
- EP 0498719 A1 [0008]
- US 5377742 A [0009]
- DE 19736790 A1 [0009]
- US 5293923 A [0010]
- DE 102007026005 A1 [0010]
- US 5273099 A [0011]
- US 4643241 A [0012]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **SCHWANKL, M.** Al-Al-Verbundguss - Technologische Grundlagen und werkstoffkundliche Charakterisierung der stofflichen Anbindung von Aluminiumknetlegierungen im Aluminium Druckguss. FAU University Press, 2017 [0013]
- **PINTORE, M.** Gießtechnische Herstellung und technologische Charakterisierung von Kupfer-Aluminium-Schichtverbunden. TUM University Press, 2020 [0013]