



(11)

EP 2 025 433 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.08.2012 Patentblatt 2012/34

(51) Int Cl.:
B22D 19/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08019322.0**

(22) Anmeldetag: **10.10.2005**

(54) Gussbauteil mit integrierten Funktionselementen

Cast iron component with integrated function elements

Composant coulé doté d'éléments de fonction intégrés

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **08.10.2004 DE 102004049353**
22.04.2005 DE 102005018936

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.02.2009 Patentblatt 2009/08

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
05022013.6 / 1 645 350

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

(72) Erfinder:
• **Müller, Thorsten
28195 Bremen (DE)**

- **Wöstmann, Franz-Josef
48163 Münster (DE)**
- **Busse, Matthias
28757 Bremen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

- **AULTIMUS ET AL: "Remote Identification of Metal Castings" TRANSACTIONS OF THE AMERICAN FOUNDRYMEN'S SOCIETY,, Bd. 98-044, 1. Januar 1998 (1998-01-01), Seiten 605-608, XP009092614 ISSN: 0065-8375**
- **"The 28th conference on Senior Engineering Design Projects" COLLEGE OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES, [Online] 1999, XP002529267 Gefunden im Internet: URL: www.wmich.edu/engineer/sdp_28th-04.htm > [gefunden am 2007-04-16]**
- **"The 32th conference on Senior Engineering Design Projects" COLLEGE OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES, [Online] 15. April 2003 (2003-04-15), XP002529268 Gefunden im Internet: URL: www.wmich.edu/engineer/sdp_32h.htm > [gefunden am 2009-04-16]**

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).

EP 2 025 433 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung eines Gussbauteils mit integrierten Funktionselementen. Die Erfindung ermöglicht die Integration von Funktionselementen in metallische Gussteile (während des Gießprozesses) als Permanentkern. Es wird die Möglichkeit eröffnet, die Funktion von Gussstücken von der individuellen Kennzeichnung bis hin zur integrierten Belastungsüberwachung zu erweitern.

[0002] Aus der Veröffentlichung "Remote Identification of Metal Castings V.106, No 98-044, pp. 605-608 aus Transactions, American Foundrymen's Society" geht hervor, dass RF-Tags mit verschiedenen Feuerschutzschichten versehen sowie anschließend in einer Gussform platziert und im Sandgussverfahren in Aluminium eingegossen werden. Dabei werden diese RF-Tags unmittelbar unter der Bauteiloberfläche positioniert. Damit ein Auslesen der RF-Tags ermöglicht ist, wird die dem RF-Tag zugeordnete Bauteiloberfläche mechanisch bearbeitet.

[0003] Aus der Veröffentlichung "The 28th Conference on Senior Engineering Design Projects" (www.wmich.edu/engineer/sdp_28th-04.htm) geht unter der Überschrift "Remote Identification and Fiber Optic Sensing of Metal Casting" hervor, dass ein Minimumwert für ein feuerfestes Material zum Schutz von RFID und Faserglaskabeln in Gussbauteilen während dem Eingießen bestimmt werden. Dies hat das Ziel, die Funktionsfähigkeit von eingegossenen RFIDs und faseroptischen Kabeln zu testen, die vollständig in das gegossene Bauteil eingebunden sind.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil anzugeben, in dem Funktionselemente eingegossen sind, die auch nach dem Vergießen der Metallschmelze noch funktionstüchtig sind.

[0005] Diese Aufgabe wird durch das Bauteil nach Anspruch 1 gelöst. Unteransprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen an. Anspruch 4 lehrt eine vorteilhafte Verwendung der erfindungsgemäßen Bauteile.

[0006] Die erfindungsgemäßen Bauteile zeichnen sich dadurch aus, dass sie ein oder mehrere eingegossene Funktionselemente enthalten, dass das Funktionselement als RFID ausgebildet ist, und dass das in das Bauteil eingegossene Funktionselement vollständig bis auf einen dielektrischen Spalt vom vergossenen Material umgeben ist. Die zu integrierenden Funktionselemente werden vor dem Abguss in einer Gussform positioniert und während des Gießvorgangs durch die Metallschmelze umhüllt.

[0007] Als Funktionselemente kommen des weiteren adaptronischen Sensoren und/oder adaptronischen Aktoren (z. B. Piezokeramiken) sowie temperaturempfindliche Funktionselemente in Betracht. Diese Funktionselemente können beispielsweise auch elektronische Baugruppen sein, die aktiv oder passiv mit Energie versorgt werden, z.B. über Induktion, eine integrierte Batterie, einen Kondensator oder über eine mechanische, aut-

arke Bewegungseinheit. Die Verbindung zum Empfänger/Sender oder einer externen Energiequelle außerhalb des Gussstückes kann dabei insbesondere ohne direkte Kabeiverbindung (telemetrisch/wireless) erfolgen.

5 [0008] Die Funktionselemente können einzeln oder in Kombination integriert werden; neben Bauteilen mit integrierten Funktionselementen für eine Bauteilidentifizierung, sensorischen Bauteilen und aktorischen Bauteilen sind auch intelligente Bauteile mit integrierter Datenerfassung, Verarbeitung und Regelung herstellbar.

10 [0009] Einsatzgebiete für die erfindungsgemäßen Bauteile sind zum Beispiel hochbelastete Sicherheitsbauteile, deren Belastungszustand und Belastungsgeschichte mit den enthaltenen Funktionselementen permanent erfasst und beeinflusst werden kann. Damit kann eine erhöhte Sicherheit gegen Bauteilversagen im Betrieb erzielt werden und ein Leichtbau durch Anpassung von Sicherheitsfaktoren an die realen Umstände erfolgen. Als Beispiele sind Anwendungen in Kraftfahrzeugen und der Luftfahrt zu nennen, etwa Motorblöcke oder Fahrwerksteile von Kraftfahrzeugen oder Flugzeugen. Hier können mit Sensoren die im Betrieb aufkommenden Belastungen erfasst und gespeichert werden, um z.B. eine Meldung bei einsetzender Bauteilschädigung, oder bei Überlastung des Bauteils über Funk oder Induktion an die Fahrzeugelektronik gemeldet werden. Bei Einsatz von Aktoren können gezielt Schwingungen in das Bauteil eingebracht werden. Durch Kombination mit Sensoren und elektronischen Reglern lassen sich dadurch Bauteilschwingungen unterdrücken. Durch die Kombination mit einem Speichermodul wird es möglich die Lebensgeschichte des Bauteils zu erfassen.

25 [0010] Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Prüftechnik von Bauteilen und die Bauteilentwicklung, da durch die Integration der Funktionselemente auftretende Kräfte direkt im Bauteil erfasst und aufgezeichnet werden können.

30 [0011] Zur Vermeidung einer Beschädigung der zu integrierenden Elemente durch einen zu hohen Wärmeeintrag stehen - falls erforderlich - verschiedene Möglichkeiten entsprechend der eingesetzten Elemente zur Auswahl.

35 [0012] Funktionselemente, die von Haus aus eine hohe kurzzeitige Temperaturbelastung tolerieren, insbesondere elektronische oder piezoelektrische Elemente, können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren üblicherweise direkt ohne weitere Maßnahmen eingegossen werden.

40 [0013] Sind die Spitzentemperaturen, wie sie z.B. beim Aluminium- und Magnesiumguss auftreten, zu hoch oder ist die Temperaturempfindlichkeit des einzugießenden Funktionselements zu groß, so kann der Wärmeeintrag in die zu integrierenden Komponenten reduziert werden, indem - insbesondere in den Bereichen, in denen sich Funktionselemente befinden - über die Gießform die Wärme durch geeignete Temperierungsmaßnahmen, wie Kühlelemente oder Heiz-Kühlgeräte abgeführt wird.

45 [0014] Alternativ oder zusätzlich kann zum Schutz der

Funktionselemente eine Umhüllung aus einem thermisch isolierenden Material (thermische Kapselung) vorgenommen werden bzw. ein derartig umhülltes Funktionselement für das erfindungsgemäße Verfahren verwendet werden. Hierdurch wird der Wärmeeintrag in die zu integrierenden Elemente unter die max. zulässige Wärmemenge reduziert. Als Schutzschicht wird bevorzugt eine Masse mit geringer Wärmeleitfähigkeit eingesetzt. Geeignete Schutzschichtmaterialien sind insbesondere Kunststoff, Keramik oder niedrigschmelzende Metalllegierungen (d.h. Legierungen deren Schmelzpunkt bzw. deren Solidustemperatur und bevorzugt auch deren Liquidustemperatur unterhalb der Temperatur liegt, ab der die Funktionselemente in ihrer Funktion durch die eingebrachte Energie dauerhaft beeinträchtigt werden). Als niedrigschmelzende Metalllegierungen sind z.B.

[0015] Legierungen, die Bismut (bevorzugt mehr als 50 Gew.-%) enthalten geeignet. Die Schutzschicht kann sich während des Gussvorgangs und gegebenenfalls auch des Erstarrungsvorgangs in der vergossenen Metallschmelze auflösen (insbesondere eine Schutzschicht aus einer niedrigschmelzenden Metalllegierung) oder dispergieren (insbesondere wenn bei schnelleren Strömungsgeschwindigkeiten der vergossenen Metallschmelze Partikel der Schutzschicht mitgerissen werden), sie kann aber auch - zumindest zum Teil - auf der Oberfläche des Funktionselements verbleiben oder sich zersetzen.

[0016] Die Schichtdicke der Schutzschicht kann z.B. mittels Simulationsprogrammen anhand der Materialdicke des Metalls, das das Funktionselement umgibt, der Temperatur der Schmelze, dem Wärmehalt und der Wärmeabfuhr über die Gussform berechnet werden. Bevorzugt wird die Schichtdicke dabei so gewählt, dass sie möglichst dünn ist, da die im fertigen Bauteil verbleibende Schutzschicht bzw. Reste hiervon in ungünstigen Fällen unerwünschte "Sollbruchstellen" im Bauteil darstellen können. Die Schutzschicht kann das Funktionselement auch nur teilweise umhüllen - etwa nur in Bereichen, die besonders temperaturempfindlich sind oder in denen aufgrund der Geometrie des herzustellenden Bauteils ein größerer Wärmeeintrag aus der zu vergießenden Metallschmelze zu erwarten ist.

[0017] Die sensorischen oder aktorischen Funktionselemente werden aber bevorzugt ohne Schutzschicht vergossen, da durch einen direkten Stoffschluss zwischen Bauteilmaterial und Sensor/Aktor Fehlerquellen reduziert werden können. Wird dennoch eine Schutzschicht benötigt, so wird diese bevorzugt aus Materialien mit bekannten mechanischen Eigenschaften ausgeführt, die eine rechnerische Korrektur ermöglichen. Hier kommen insbesondere keramische Schichten in Frage.

[0018] Unter Metallschmelze wird erfindungsgemäß jedes Material verstanden, das ein oder mehrere Metalle bzw. Legierungen enthält oder aus diesen besteht und das mit den erfindungsgemäß anwendbaren Gießverfahren vergießbar ist (also z.B. auch tixotrope Materialien).

Werden Schmelzen eingesetzt, die nicht aus reinem Metall bzw. Legierung oder Gemischen hieraus besteht, so beträgt der Anteil der restlichen Zuschlagstoffe (z.B. keramische Bestandteile) bevorzugt nicht mehr als 40%.

[0019] Die erfindungsgemäßen Funktionselemente werden wie herkömmliche Permanentkerne in der Formkavität positioniert und anschließend vergossen. Als Gießverfahren kommen alle Verfahren in Betracht, die eine hinreichend schnelle Temperaturabfuhr ermöglichen. Hier ist insbesondere der Warmkammer- und Kaltkammerdruckguss, einschließlich des Squeeze Casting und Thixocasting zu nennen. Ebenso kommen die Schwerkraft-, Niederdruck- und Kipp- oder Schwenk-Kokillengießverfahren für den Einsatz in Betracht, da durch die metallische Form eine gute Temperierung gewährleistet ist. Für den Einsatz in konventionellen Sandgussverfahren, wie dem hand- oder maschinengeformten Schwerkraft- und Niederdrucksandgussverfahren, wie dem Kempaketverfahren, dem Vollformgießverfahren und dem Lost Foam-Verfahren muss die thermische Kapselung entsprechend der geringeren Wärmeabfuhr über den Formstoff erhöht werden oder eine ausreichende Wärmeabfuhr durch Kühlelemente gewährleistet sein.

[0020] Im Folgenden wird - ohne Einschränkung der Allgemeinheit - das erfindungsgemäße Bauteil näher anhand von Abbildungen und einem Beispiel erläutert. Es zeigen:

- Figur 1: Musterbauteil (1) ohne eingegossene Funktionselemente
- Figur 2: Musterbauteil (1) mit RFID (2) und dielektrischem Spalt (3)
- Figur 2a: Detailansicht von Figur 2
- Figur 3: Musterbauteil mit Piezokeramik(4), Elektronik (6) und RFID (2)

Beispiel:

[0021] Durchgeführt wurde das Gussverfahren zur Herstellung eines Bauteils gemäß Figur 2 bis 3 auf einer Kaltkammer-Druckgießmaschine vom Typ Bühler SC/N 66. Als Gießwerkstoff kam AlSi9Cu3 zum Einsatz.

[0022] Es wurden RFIDs und Piezokeramiken mit einem der Form angepassten Halter in der Kavität der Druckgussform positioniert. Der Einsatz wurde so gewählt, dass er nicht durch das schnell anströmende Metall verrückt oder zerstört wird.

[0023] Die Bereiche im Bauteil, die für die Aufnahme eines Einlegeteils geeignet sind, sind individuell in Abhängigkeit der Bauteilgeometrie sowie der Anschnitte zu wählen. Ist eine bestimmte Position vorgegeben, müssen ggf. konstruktive Änderungen an Anschnitt bzw. Bauteilgeometrie vorgenommen werden. Im vorliegenden Fall wurden die RFIDs und Piezokeramiken an den Po-

sitionen, die den Figuren 2 bis 4 zu entnehmen sind, vergossen.

[0024] Nach der Positionierung der Funktionselemente wurde die Form geschlossen und der Schuss ausgelöst. Die Formfüllung erfolgte innerhalb von 25 ms. Das Gusstück wurde sofort nach der Entnahme aus der Form mit Luft oder Wasser abgekühlt; die Funktionselemente waren voll funktionstüchtig und konnten bestimmungsgemäß verwendet werden.

Patentansprüche

1. Mittels eines Gussverfahrens hergestelltes Bauteil (1) aus Metall, das ein oder mehrere Funktionselemente (2) enthält, wobei das Funktionselement (2) als RFID ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das in das Bauteil (1) eingegossene Funktionselement (2) vollständig bis auf einen dielektrischen Spalt (3) von vergossenem Metall umgeben ist. 20
2. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Funktionselement (2) für eine Bauteilidentifizierung vorgesehen ist oder intelligente Bauteile mit integrierter Datenerfassung, Verarbeitung und Regelung umfasst. 25
3. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Funktionselement (2) und dem vergossenen Metall zumindest teilweise eine thermisch isolierende Schutzschicht oder die Reste einer thermisch isolierenden Schutzschicht vorhanden sind. 30
4. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzschicht aus einem Kunststoff oder einer Keramik oder einer niedrigschmelzenden Metalllegierung besteht. 35
5. Verwendung eines Bauteils nach den Ansprüchen 1 bis 4 in Kraftfahrzeugen oder in der Luftfahrt, insbesondere in Motorblöcken oder Fahrwerken. 40

Claims

1. Metal component part (1) produced by means of a casting process and containing one or more function elements (2), wherein the function element (2) is configured as RFID, **characterised in that** the function element (2) cast into the component part (1) is completely surrounded by cast metal except for a dielectric gap (3). 50

2. Component part according to claim 1, **characterised in that** the function element (2) is provided for a component identification or comprises intelligent components with integrated data capture, processing and control. 5

3. Component part according to claim 1, **characterised in that** a thermally insulating protective layer or the residues of a thermally insulating protective layer are provided at least partially between the function element (2) and the cast metal. 10

4. Component part according to claim 1, **characterised in that** the protective layer is made from a plastic or a ceramic or a low-melt metal alloy. 15

5. Use of a component part according to claims 1 to 4 in motor vehicles or in aviation, in particular in engine blocks or running gear. 20

Revendications

1. Pièce de fonderie (1) en métal comportant un ou plusieurs éléments fonctionnels (2), cet élément fonctionnel (2) étant réalisé sous la forme d'un élément RFID, **caractérisée en ce que** l'élément fonctionnel (2) intégré dans la pièce (1) est entouré complètement de métal fondu jusque sur un intervalle diélectrique (3). 25
2. Pièce selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'élément fonctionnel (2) est destiné à l'identification de composants ou comporte des composants intelligents avec intégration de saisie de données, de traitement et de régulation. 30
3. Pièce selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'** entre l'élément fonctionnel (2) et le métal fondu, il est prévu au moins en partie une couche protectrice thermiquement isolante ou les résidus d'une couche protectrice thermiquement isolante. 35
4. Pièce selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la couche protectrice est en une matière plastique ou en une matière céramique ou en un alliage métallique à faible point de fusion. 40
5. Utilisation d'un composant selon les revendications 1 à 4, dans des véhicules automobiles ou pour la construction aéronautique, notamment dans des blocs-moteurs ou des châssis. 45

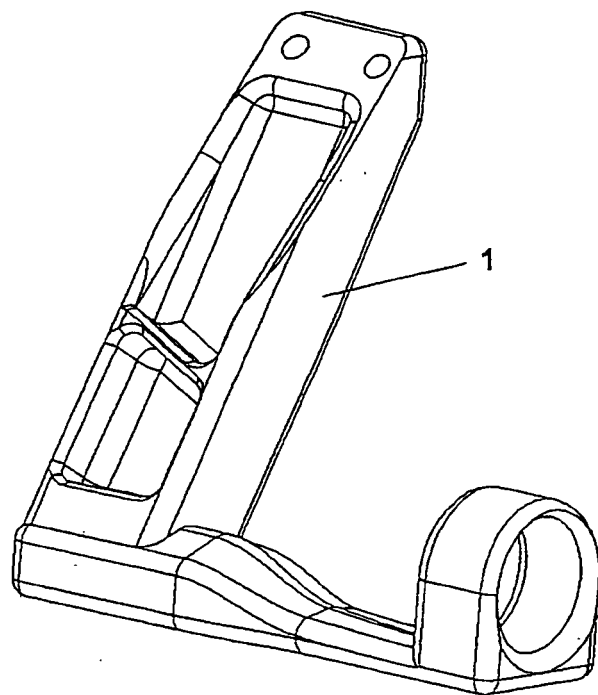


Fig. 1

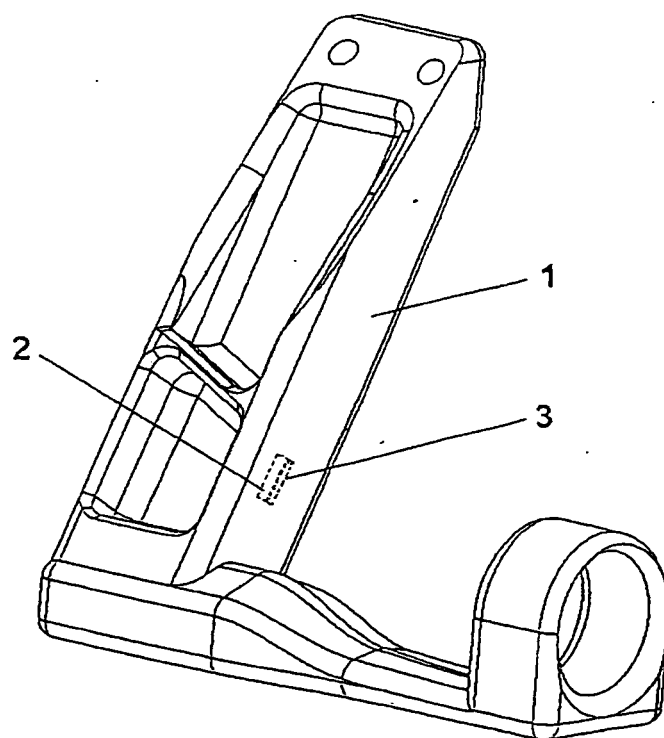


Fig. 2

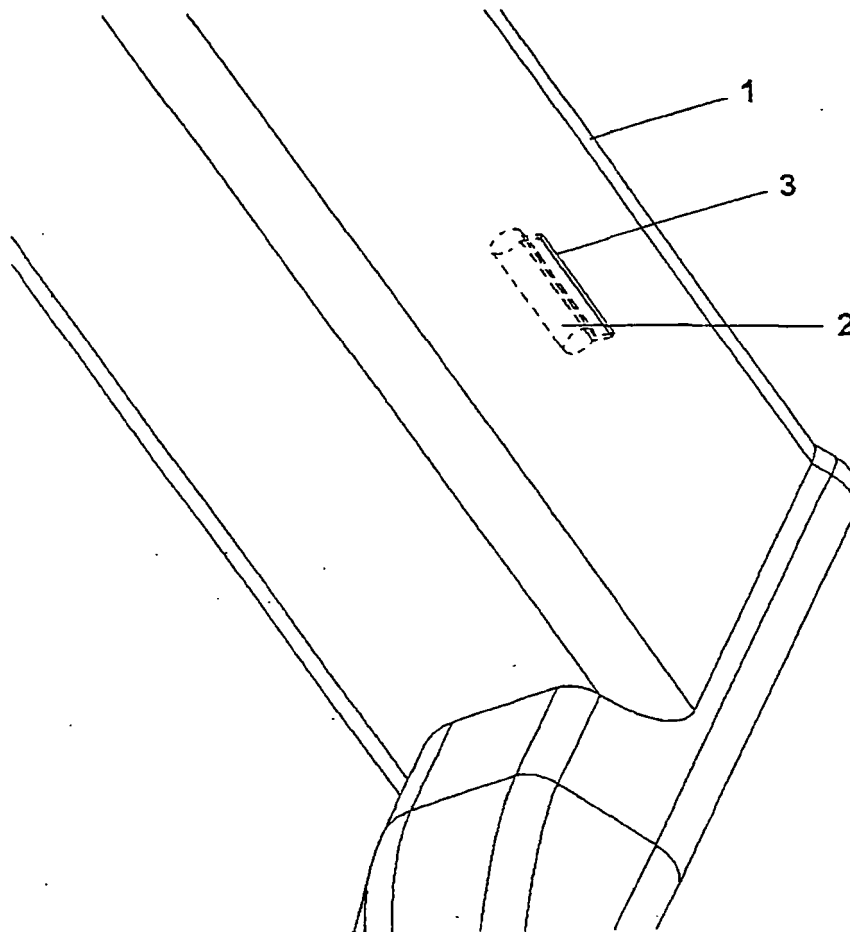


Fig. 2a

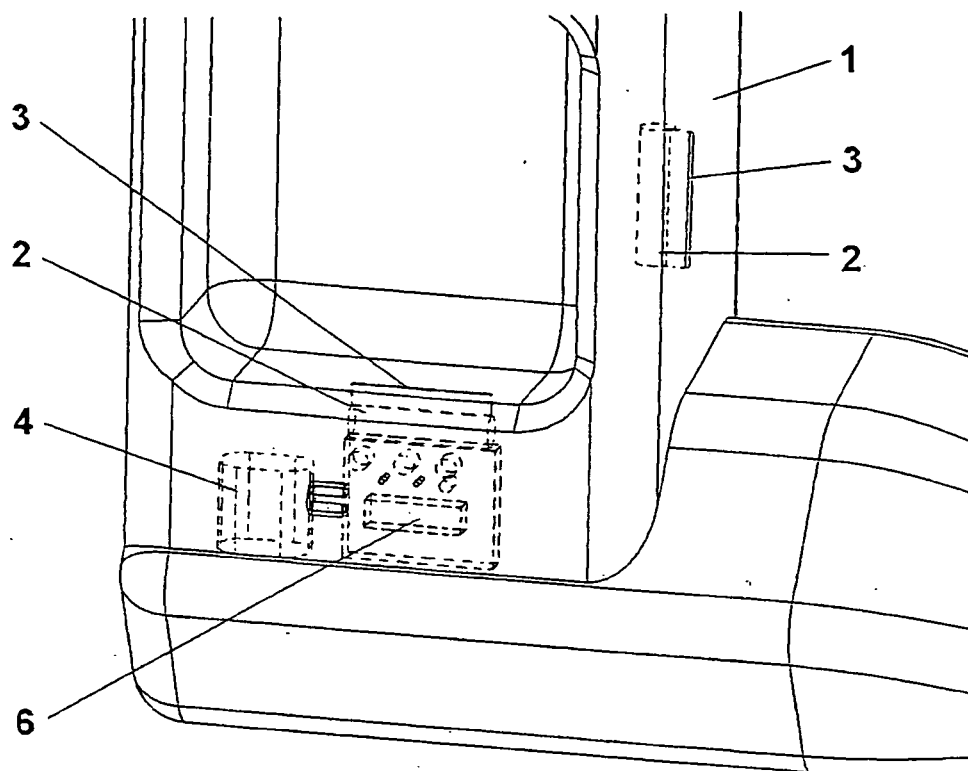


Fig.3

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 Nicht-Patentliteratur

- Remote Identification of Metal Castings. American Foundrymen's Society, vol. 106, 605-608 [0002]