



(11) **EP 2 025 433 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.02.2009 Patentblatt 2009/08

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

(21) Anmeldenummer: **08019322.0**

(22) Anmeldetag: **10.10.2005**

(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

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

(71) Anmelder: **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)**

(74) Vertreter: **Maser, Jochen
Mammel & Maser
Patentanwälte
Tilsiter Strasse 3
D-71065 Sindelfingen (DE)**

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 05-11-2008 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Gussbauteil mit integrierten Funktionselementen**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung eines Gussbauteils mit integrierten Funktionselementen, wobei das Funktionselement (2) als RFID ausgebildet ist oder elektronische Komponenten für eine drahtlose Übertragung durch Infrarot oder Funk aufweist, das in das Bauteil (1) eingegossene Funktionselement (2) vollständig bis auf einen dielektrischen Spalt (3) vom vergossenen Metall umgeben ist und der dielektrische Spalt (3) sich zwischen dem Funktionselement (2) und einer Bauteiloberfläche des Bauteils (1) erstreckt.

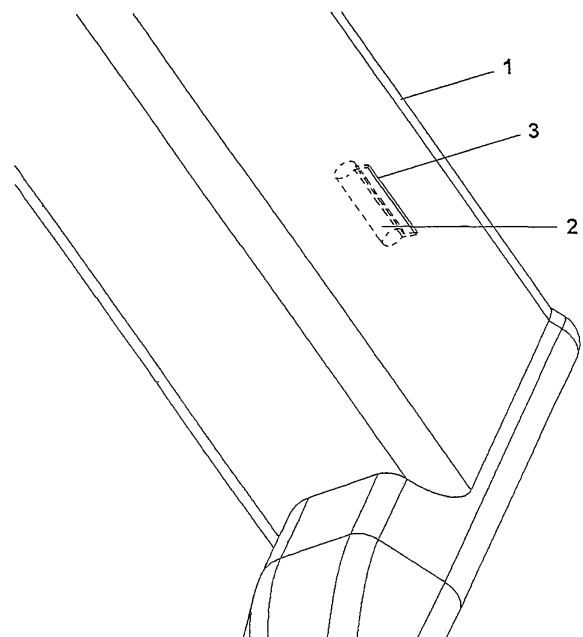


Fig. 2a

EP 2 025 433 A2

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

[0003] Diese Aufgabe wird durch das Bauteil nach Anspruch 1 gelöst. Unteransprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen an. Anspruch 4 lehrt eine vorteilhafte Verwendung der erfindungsgemäßen Bauteile.

[0004] Die erfindungsgemäßen Bauteile zeichnen sich dadurch aus, dass sie ein oder mehrere eingegossene Funktionselemente enthalten, dass das Funktionselement als RFID ausgebildet ist oder elektronische Komponenten für eine drahtlose Übertragung durch Infrarot oder Funk aufweist, dass das in das Bauteil eingegossene Funktionselement vollständig bis auf einen dielektrischen Spalt vom vergossenen Material umgeben ist und dass der dielektrische Spalt sich zwischen dem Funktionselement und einer Bauteiloberfläche des Bauteils erstreckt. Die zu integrierenden Funktionselemente werden vor dem Abguss in einer Gussform positioniert und während des Gießvorgangs durch die Metallschmelze umhüllt. Die in den Bauteilen eingegossenen Funktionselemente sind dann bevorzugt vollständig von vergossenem Metall umgeben. Erfindungsgemäß sind auch Bauteile umfasst, bei denen das vergossene Metall das Funktionselement nicht vollständig umgibt, weil dielektrische Spalte für RFIDs o.ä. vorgesehen sind. Bei einer teilweisen Umhüllung der Elemente und einer direkten Verbindung zur Bauteiloberfläche über die eingegossenen Elemente oder die Umhüllung können die Auslässe auch für die Datenübertragung durch optische oder induktive Signale genutzt werden. Für die drahtlose Übertragung können elektronische Komponenten, mittels derer eine Übertragung durch Infrarot oder Funk (z.B. Bluetooth) möglich ist, oder auch Transponder bzw. RFID eingesetzt werden.

[0005] Als Funktionselemente kommen des weiteren adaptronische Sensoren und/oder adaptronische 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, autarke Bewegungseinheit. Die Verbindung zum Empfänger/Sender oder einer externen Energiequelle außerhalb des Gussstückes kann dabei insbesondere ohne direkte Ka-

belverbindung (telemetrisch/wireless) erfolgen.

[0006] 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.

[0007] 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 auftretenden 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.

[0008] 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.

[0009] Zur Vermeidung einer Beschädigung der zu integrierenden Elemente durch einen zu hohen Wärmeeintrag stehen - falls erforderlich - verschiedene Möglichkeiten entsprechend der eingesetzten Elemente zur Auswahl.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] Alternativ oder zusätzlich kann zum Schutz der Funktionselemente eine Umhüllung aus einem thermisch isolierenden Material (thermische Kapselung) vorgenommen werden bzw. ein derartig umhülltes Funkti-

onselement 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.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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. ke-

ramische Bestandteile) bevorzugt nicht mehr als 40%.

[0017] 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 Kernpaketverfahren, 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.

[0018] 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:

[0019] 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 AISi9Cu3 zum Einsatz.

[0020] 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.

[0021] 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 Positionen, die den Figuren 2 bis 4 zu entnehmen sind, vergossen.

[0022] Nach der Positionierung der Funktionselemen-

te 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. 5

Patentansprüche

1. Mittels eines Gussverfahrens herstellbares Bauteil (1) aus Metall, das ein oder mehrere Funktionselemente (2) enthält, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das in das Bauteil (1) eingegossene Funktionselement (2) vollständig bis auf einen dielektrischen Spalt (3) vom vergossenen Metall umgeben ist, und
dass der dielektrische Spalt (3) sich zwischen dem Funktionselement (2) und einer Bauteiloberfläche des Bauteils (1) erstreckt. 10 15 20
2. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Funktionselement (2) als Transponder oder RFID ausgebildet ist. 25
3. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Funktionselement (2) elektronische Komponenten für eine drahtlose Übertragung durch Infrarot oder Funk aufweist. 30
4. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Funktionselement (2) elektronische Baugruppen für die Übertragung von optischen oder induktiven Signalen umfasst. 35
5. 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. 40
6. 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. 45
7. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Schutzschicht aus einem Kunststoff oder einer Keramik oder einer niedrigschmelzenden Metalllegierung besteht. 50
8. Verwendung eines Bauteils nach den Ansprüchen 1 bis 7 in Kraftfahrzeugen oder in der Luftfahrt, insbesondere in Motorblöcken oder Fahrwerken. 55

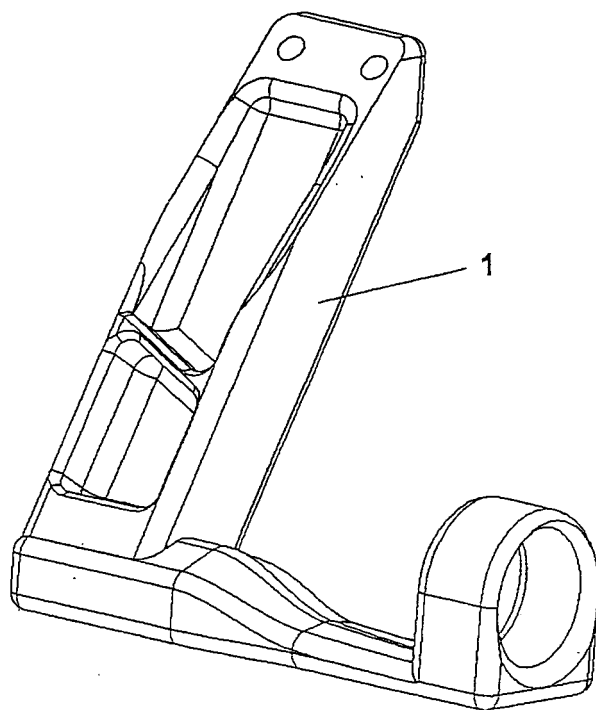


Fig. 1

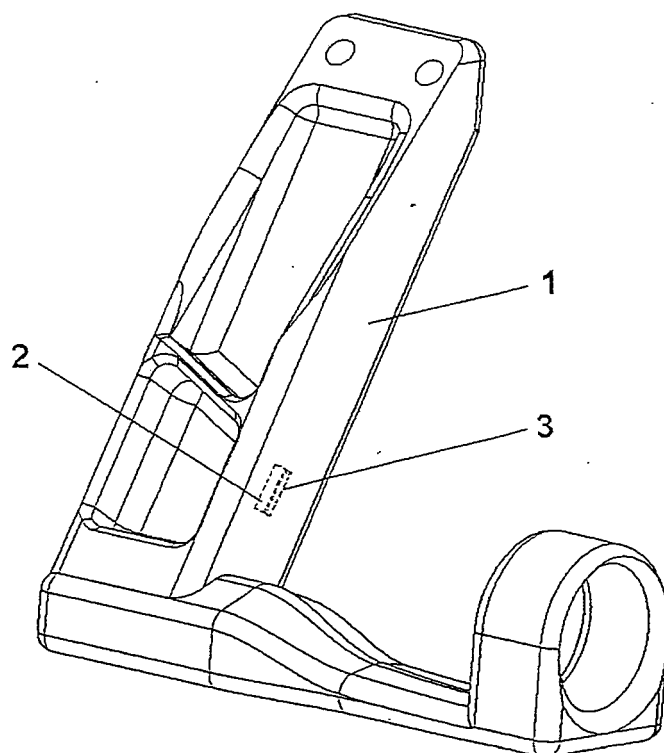


Fig. 2

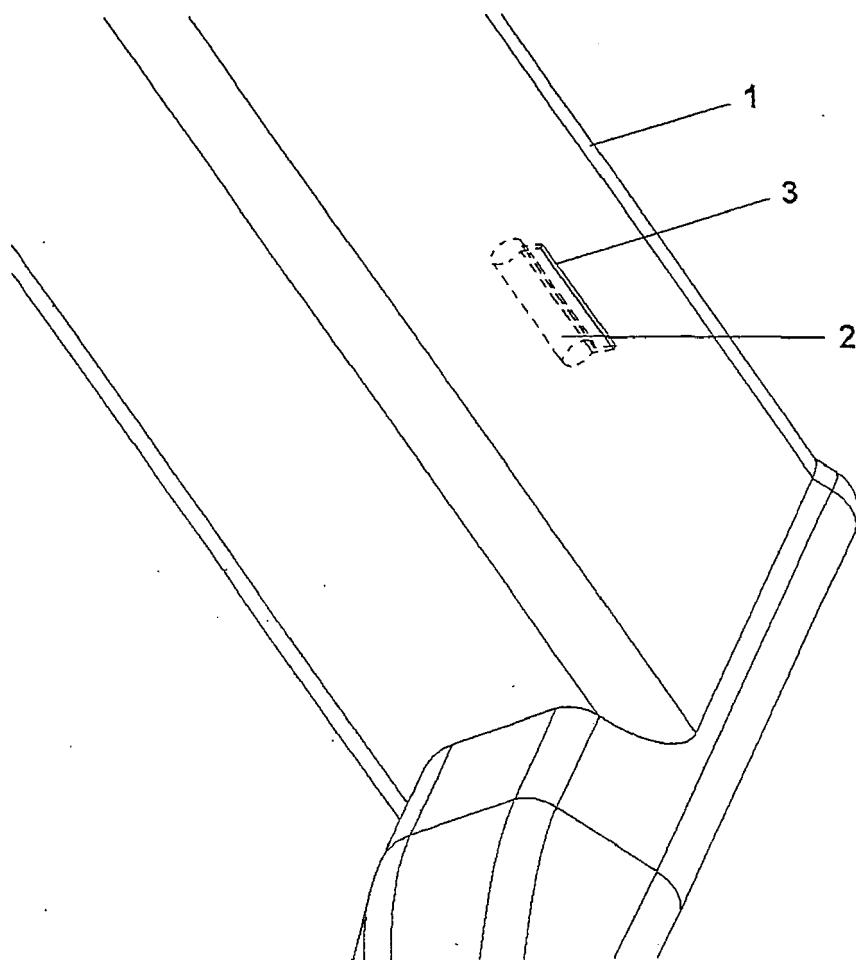


Fig. 2a

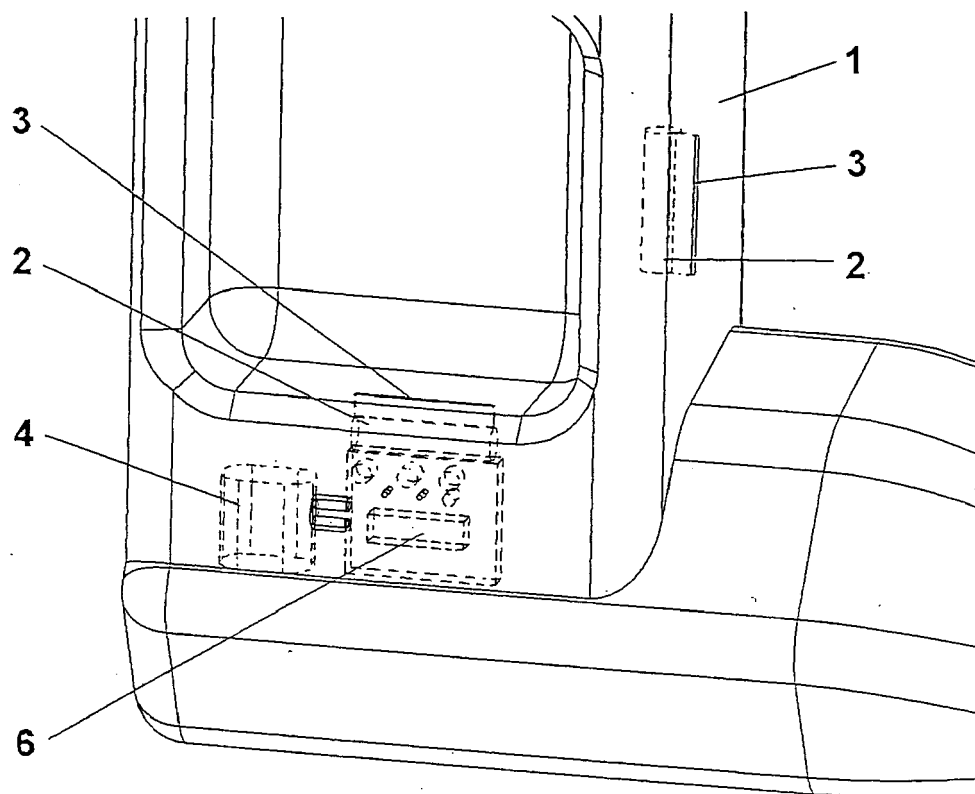


Fig.3