



(10) **DE 10 2015 114 604 B4** 2020.11.19

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 114 604.5**
(22) Anmeldetag: **01.09.2015**
(43) Offenlegungstag: **02.03.2017**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.11.2020**

(51) Int Cl.: **B29C 69/00** (2006.01)
B29C 51/00 (2006.01)
B29C 64/106 (2017.01)
B33Y 10/00 (2015.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Universität Stuttgart, 70174 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:
**Lorenz & Kollegen Patentanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB, 89522
Heidenheim, DE**

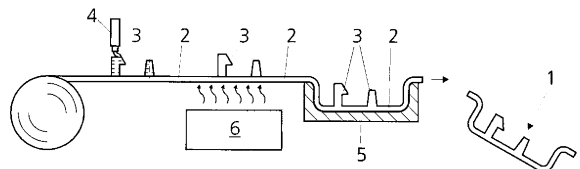
(72) Erfinder:
**Bonten, Christian, Prof. Dr., 47804 Krefeld, DE;
Landsecker, Kai, 70372 Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	5 196 151	A
EP	2 081 745	B1
WO	2010/ 051 866	A1
JP	H08- 229 977	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus Kunststoff**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines Bauteils (1) aus Kunststoff, wobei ein plattenförmiges Halbzeug (2) in einem Umformwerkzeug (5) mittels Thermoformen umgeformt wird, wobei ein Anbauteil (3) mittels 3D-Drucken erzeugt wird, und wobei das Anbauteil (3) durch die bei dem 3D-Drucken entstehende Wärme während des Erzeugens des Anbauteils (3) außerhalb des Umformwerkzeugs (5) mit dem Halbzeug (2) verbunden wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus Kunststoff mittels Thermoformen.

[0002] Bei dem aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannten Verfahren des Thermoformens werden zumeist flächige, aus einem thermoplastischen Material bestehende Halbzeuge, wie beispielsweise Folien oder Platten, bis in den thermoelastischen Zustand hinein erwärmt und anschließend mechanisch und/oder durch das Aufbringen einer Druckdifferenz zwischen einer Oberseite und einer Unterseite des Halbzeugs zu einem dreidimensionalen Formteil umgeformt. Hierbei ist eine Positiv- und eine Negativumformung möglich.

[0003] Obwohl das Thermoformen sehr viele Vorteile bietet, besteht ein Nachteil dieses Verfahrens darin, dass die auf diese Weise herstellbaren Formteile überwiegend becher- oder schalenförmig sind und nur mit einer verhältnismäßig geringen Komplexität ausgeführt werden können. Deshalb ist auch die Integration von Funktionsteilen, wie beispielsweise Haken oder Schraubdomen, oder Versteifungselementen in ein Thermoformteil nicht möglich. Auch Rippen oder dergleichen können beim Thermoformen nicht hergestellt werden. Aus diesem Grund finden technische Thermoformteile insbesondere Anwendung als einfache Gehäuse oder Verkleidungsteile in Fahrzeugen.

[0004] Üblicherweise wird zur Herstellung von komplexeren Bauteilen daher ein Spritzgießverfahren eingesetzt, zumal bei mittels Thermoformen hergestellten Bauteilen die nachträgliche Montage von Anbauteilen aller Art, wie beispielsweise Verbindungs- oder Versteifungselementen, zum einen weitere Vorrichtungen und zum anderen einen erhöhten Personalaufwand erfordert und daher mit sehr hohen Kosten verbunden ist.

[0005] Der Nachteil des Spritzgießverfahrens besteht jedoch darin, dass aufgrund der beim Spritzgießen notwendigen, sehr hohen und durch das Spritzgießwerkzeug aufzunehmenden Drücke insbesondere bei großen Bauteilen die zur Durchführung des Spritzgießverfahrens erforderlichen Werkzeuge meist sehr groß und damit entsprechend teuer sind.

[0006] Auch bei der ebenfalls mit Spritzgießwerkzeugen durchgeführten Hinterspritztechnik, bei der zunächst aus einer Folie ein Thermoformteil erstellt, in das Spritzgießwerkzeug eingelegt und mit Kunststoffschmelze hinterspritzt wird, sind bei großflächigen Formteilen große und sehr aufwändige Werkzeuge erforderlich.

[0007] Aus der JP H08 229 977 A ist ein Verfahren zum Herstellen eines Kunststoffbauteils bekannt, bei dem in einer Vakuumform ein Kernmaterial mit einem Umhüllungsmaterial versehen und gleichzeitig ein geschmolzener, mittels einer Extrudiervorrichtung ausgegebener Kunststoff erzeugt und an dem Kernmaterial angeschweißt wird. Problematisch ist jedoch die hohe Komplexität dieses Verfahrens, da das Ausgeben des geschmolzenen Kunststoffmaterials und die Verbindung desselben innerhalb der Vakuumform erfolgt.

[0008] In der US 5 196 151 A ist ein Verfahren zur Herstellung eines Materials auf Schaumstoffbasis beschrieben. Dabei wird während des Herstellens des Schaumstoffteils ein Einsatzteil an demselben angebracht.

[0009] Aus der WO 2010/051866 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Formteils mit einer Dekoroberfläche bekannt, bei dem das Formwerkzeug mittels eines konturnahen Heizelements aufgeheizt wird.

[0010] Die EP 2 081 745 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines wärmebeständigen Schaumformkörpers.

[0011] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus Kunststoff zu schaffen, das in der Lage ist, mit dem grundsätzlichen Verfahren des Thermoformens auch aufwändigere Bauteile mit einem oder mehreren Anbauteilen zu erzeugen.

[0012] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die in Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht durch die Kombination zweier vollkommen unterschiedlicher Verfahrensschritte eine kostengünstige und schnelle Produktion gehäuseartiger Bauteile mit großer Oberflächenqualität an einer Seite, insbesondere der Außenseite, und in vielfältiger Weise ausführbaren Funktionselementen an der anderen Seite, insbesondere im Inneren des Bauteils. Dabei werden durch die formlose Formgebung der Anbauteile mittels des generativen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen 3D-Druckens bisherige Restriktionen hinsichtlich des Bauteils aus der spritzgießgerechten Konstruktion aufgelöst, wodurch sich ein großes Einsparpotenzial bzw. zusätzliche Integrationsmöglichkeiten bestimmter Funktionen ergeben. Mittels des 3D-Druckens können beispielsweise auch derartige Hinterschneidungen hergestellt werden, die mit anderen Verfahren nicht oder nur mit äußerst großem Aufwand erzeugt werden können.

[0014] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es ermöglicht, die unterschiedlichsten Funktionsele-

mente sehr viel einfacher an dem Halbzeug anzu-
bringen als dies mit den bekannten Verfahren mög-
lich ist, wodurch das Thermoformen beispielsweise
gegenüber dem Spritzgießverfahren erheblich kon-
kurrenzfähiger wird und eine wirtschaftliche Alterna-
tive bei der Herstellung gehäuseartiger Produkte bie-
ten kann. Beispielsweise lassen sich Spiegelgehäu-
se, Türverkleidungen oder Stoßfänger für Kraftfahr-
zeuge mit dem erfindungsgemäßen Verfahren her-
stellen. Gegenüber dem Spritzgießverfahren liegt ein
weiterer großer Vorteil darin, dass die Umformdrü-
cke beim Thermoformen wesentlich geringer sind, so
dass eine erhebliche Energieeinsparung möglich ist.

[0015] Ein besonderer Vorteil der Verwendung des
3D-Druckens besteht darin, dass auf diese Weise
auch komplexere Anbauteile hergestellt werden kön-
nen, die dann unmittelbar mit dem Halbzeug verbun-
den werden. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt
dabei die bei dem 3D-Drucken entstehende Wärme
zur Verbindung des Anbauteils mit dem Halbzeug, so
dass hierfür, im Gegensatz zu den Lösungen gemäß
dem Stand der Technik, keine zusätzlichen Verfah-
rensschritte notwendig sind. Vielmehr ergibt sich auf
sehr einfache Weise eine unmittelbare Verbindung
des Anbauteils mit dem Halbzeug.

[0016] Des Weiteren ist es mit dem erfindungsgemä-
ßen Verfahren mit jedem Produktionsteil möglich, ei-
nen Farb- bzw. Dekorwechsel, jedoch auch einen Ge-
staltwechsel der Innenseite des Bauteils vorzuneh-
men, wodurch die Produktion wesentlich flexibilisiert
wird.

[0017] Der Begriff „generatives Verfahren“ wird hier-
in als Oberbegriff für eine Fertigung aus formlosem
oder form neutralem Material mittels chemischer und/
oder physikalischer Prozesse verwendet. Gemäß der
vorliegenden Erfindung wird zur Herstellung des An-
bauteils das 3D-Drucken eingesetzt.

[0018] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfin-
dung kann vorgesehen sein, dass das Anbauteil vor
dem Umformen des Halbzeugs mit dem Halbzeug
verbunden wird. Dabei kann das Anbauteil auf dem
nicht umgeformten Halbzeug so angebracht werden,
dass es sich nach dem Thermoformen an der ge-
wünschten Stelle befindet. Der Ort der Anbringung
sowie die Form des Anbauteils kann mit Hilfe geeig-
neter Simulationen errechnet werden.

[0019] Eine alternative Möglichkeit zur Verbindung
des Anbauteils mit dem Halbzeug ergibt sich, wenn
das Anbauteil nach dem Umformen des Halbzeugs
mit dem Halbzeug verbunden wird. Auf diese Weise
ist eine sehr exakte Positionierung des Anbauteils auf
dem Halbzeug gewährleistet, um so das mittels des
erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Bauteil
zu bilden.

[0020] Obwohl durch das 3D-Drucken eine gewis-
se Wärme in das Halbzeug eingebracht wird, die üb-
licherweise zum Verbinden des Anbauteils mit dem
Halbzeug ausreicht, kann vorgesehen sein, dass
das Halbzeug vor dem Thermoformen erwärmt wird.
Durch eine solche lokale Erwärmung der Fügestel-
le ist eine zusätzliche Absicherung für das Verfahren
zur Herstellung des Bauteils aus Kunststoff gegeben.

[0021] Alternativ oder zusätzlich kann dabei vorge-
sehen sein, dass das Halbzeug während des Verbind-
ens mit dem Anbauteil erwärmt wird. Auch auf diese
Weise kann gegebenenfalls die Prozesssicherheit für
das erfindungsgemäße Verfahren erhöht werden.

[0022] Um eine verbesserte Produktionskapazität zu
erzielen, kann in einer weiteren vorteilhaften Ausführ-
ungsform des Verfahrens vorgesehen sein, dass das
Halbzeug in endloser Form zu dem Thermoformen
zugeführt wird und nach dem Thermoformen in das
Bauteil vereinzelt wird.

[0023] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung
kann darin bestehen, dass das Halbzeug vor dem
Thermoformen durch Koextrusion aus wenigstens
zwei unterschiedlichen Kunststoffmaterialien herge-
stellt wird. Dies ermöglicht die Erzeugung sehr hoch-
wertiger Bauteile, die insbesondere eine hohe Ober-
flächenqualität aufweisen. Des Weiteren kann auf
diese Weise auf Kaschieren, Lackieren oder ähnliche
Verfahrensschritte verzichtet werden.

[0024] Nachfolgend ist ein Ausführungsbeispiel der
Erfindung anhand der Zeichnung prinzipiell dar-
gestellt.

[0025] Es zeigt:

Fig. 1 einen ersten Schritt bei einer ersten Aus-
führungsform des erfindungsgemäßen Verfah-
rens;

Fig. 2 ein mit dem Verfahrensschritt aus **Fig. 1**
hergestelltes Halbzeug;

Fig. 3 einen zweiten Schritt bei der ersten Aus-
führungsform des erfindungsgemäßen Verfah-
rens;

Fig. 4 ein mit dem Verfahrensschritt aus **Fig. 3**
hergestelltes Bauteil;

Fig. 5 eine zweite Ausführungsform des erfin-
dungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 6 eine dritte Ausführungsform des erfin-
dungsgemäßen Verfahrens; und

Fig. 7 eine vierte Ausführungsform des erfin-
dungsgemäßen Verfahrens.

[0026] **Fig. 1** zeigt einen ersten Schritt eines Ver-
fahrens zur Herstellung eines in **Fig. 4** dargestellten
Bauteils **1** aus Kunststoff. Dabei wird an ein platten-

förmiges Halbzeug **2** mittels eines generativen Verfahrens, hier mittels 3D-Drucken, ein Anbauteil **3** angebracht. Das Anbauteil **3** wird mittels einer geeigneten Einrichtung **4** zur generativen Erzeugung des Anbauteils **3** erzeugt. Im vorliegenden Fall handelt es sich bei der Einrichtung **4** um einen 3D-Drucker, mit dem das Anbauteil **3** mittels 3D-Drucken hergestellt werden kann. Während **Fig. 1** einen Schritt zur Erzeugung des Anbauteils **3** zeigt, ist ein weiteres Anbauteil **3** bereits mittels eines generativen Verfahrens fertiggestellt und mit dem Halbzeug **2** verbunden worden.

[0027] Bei dem 3D-Druck entsteht Wärme, die bei dem hierin beschriebenen Verfahren zur Herstellung des Bauteils **1** dazu genutzt wird, das Anbauteil **3** während des Erzeugens desselben mit dem Halbzeug **2** zu verbinden. Dabei schmilzt das Halbzeug **2** in dem Bereich, in dem das Anbauteil **3** an demselben angebracht wird, teilweise auf, was zu einer sehr dauerhaften Verbindung des Anbauteils **3** mit dem Halbzeug **2** führt. Das Anbauteil **3** befindet sich bei seiner Anbringung in einem zähflüssigen bzw. geschmolzenen Zustand, so dass es sich, wie erläutert, einfacher mit dem Halbzeug **2** verbindet. Diese Einbringung von Wärme mittels des 3D-Druckens hat den weiteren Vorteil, dass der Temperaturunterschied zwischen dem Halbzeug **2** und dem Anbauteil **3** verringert wird. Dadurch ergibt sich eine bessere Verbindung zwischen dem Anbauteil **3** und dem Halbzeug **2**.

[0028] **Fig. 2** zeigt das Halbzeug **2**, an dem die beiden Anbauteile **3** angebracht wurden. Selbstverständlich könnte auch eine andere Anzahl an Anbauteilen **3** an dem Halbzeug **2** angebracht werden. Des Weiteren könnten die Anbauteile **3** bzw. das wenigstens eine Anbauteil **3** die unterschiedlichsten Formen aufweisen. Bei dem wenigstens einen Anbauteil **3** handelt es sich um ein Funktionsteil, beispielsweise um einen Schnapphaken, das bei dem Bauteil **1** dazu dient, dasselbe an einer anderen Struktur anzubringen. Selbstverständlich sind auch andere Funktionen für das wenigstens eine Anbauteil **3** denkbar. Neben Schnapphaken kommen beispielsweise auch Schraubdomes oder Verrippungen als Anbauteile **3** in Frage. Selbstverständlich können die Anbauteile **3** auch wesentlich komplexer ausgeführt sein als in den Figuren dargestellt.

[0029] Ein weiterer Schritt des Verfahrens ist in **Fig. 3** dargestellt. Hierbei wird das Halbzeug **2** in einem Umformwerkzeug **5** mittels Thermoformen umgeformt, um das in **Fig. 4** dargestellte, fertige Bauteil **1** zu bilden. Beim Thermoformen kann sowohl eine Negativumformung als auch eine Positivumformung des Halbzeugs **2** durchgeführt werden.

[0030] Da nach dem Anbringen der Anbauteile **3** an dem Halbzeug **2** noch ein weiterer Schritt erfolgt, bis

das fertige, in **Fig. 4** dargestellte Bauteil **1** erzeugt ist, wird das Halbzeug **2** auch nach dem Anbringen der beiden Anbauteile **3** noch als Halbzeug **2** bezeichnet.

[0031] Bei der Ausführungsform des Verfahrens gemäß den **Fig. 1** bis **Fig. 4** wird das Anbauteil **3** also vor dem Umformen des Halbzeugs **2** mit demselben verbunden.

[0032] Dies ist auch bei der Ausführungsform von **Fig. 5** der Fall, bei der im Unterschied zu der Ausführungsform der **Fig. 1** bis **Fig. 4** das Halbzeug **2** in endloser Form zu dem Thermoformen zugeführt und nach dem Thermoformen in das Bauteil **1** vereinzelt wird. Zur Vereinzelung der Bauteile **1** kann in das Umformwerkzeug **5** eine geeignete Schneideinrichtung integriert werden. Des Weiteren ist bei der Ausführungsform von **Fig. 5** eine Heizeinrichtung **6** dargestellt, mit der das Halbzeug **2** vor dem Zuführen zu dem Umformwerkzeug **5** erwärmt wird. Die Heizeinrichtung kann auch als lokale Heizeinrichtung zum Erwärmen des Halbzeugs **2** zur Unterstützung des oben erläuterten Anbringens des Anbauteils **3** ausgeführt sein. In nicht dargestellter Weise könnte auch eine Heizeinrichtung vorgesehen sein, mit der das Halbzeug **2** vor dem Thermoformen und/oder während des Verbindens des Halbzeugs **2** mit dem Anbauteil **3** erwärmt werden könnte.

[0033] Bei der Ausführungsform von **Fig. 5** kann das Erzeugen des Anbauteils **3** als Inline-Druckprozess ausgeführt werden, bei dem parallel zu der Thermoformung eines Abschnitts des rollenartig zugeführten Halbzeugs **2** in einem anderen Abschnitt des Halbzeugs **2** das wenigstens eine Anbauteil **3** angebracht wird. Ein solcher Aufbau im Inline-Druckprozess eignet sich besonders für die Verarbeitung von Rollenware sowie von Inline-extrudierter Folie. In diesem Zusammenhang wird auch eine Rollenware bzw. eine Inline-extrudierte Folie als ein plattenartiges Halbzeug **2** angesehen.

[0034] Das Anbauteil **3** kann während der Bewegung des Halbzeugs **2** auf dasselbe aufgebracht werden. Hierzu kann eine Koppelung der Bewegung des Halbzeugs **2** und der Einrichtung **4** zur generativen Erzeugung des Anbauteils **3** vorgesehen sein. Möglicherweise kann das Anbauteil **3** bei einem solchen Inline-Verfahren auch zu einem Zeitpunkt an einen Abschnitt des Halbzeugs **2** angebracht werden, während sich das Halbzeug **2** in einer Stillstandsphase befindet, in der sich ein anderer Abschnitt des Halbzeugs in dem Umformwerkzeug **5** befindet und an diesem Abschnitt das Thermoformen durchgeführt wird.

[0035] Die Ausführungsform des Verfahrens gemäß **Fig. 6** ist sehr ähnlich zu derjenigen gemäß der **Fig. 1** bis **Fig. 4**, wobei im Unterschied dazu wiederum die bereits in **Fig. 5** dargestellte Heizeinrichtung **6** vorgesehen ist, mit der das Halbzeug **2** vor dem Zuführen

desselben zu dem Umformwerkzeug **5** erwärmt wird. Im Unterschied zu der Ausführungsform von **Fig. 5** wird hierbei das Halbzeug **2** einzeln und in Plattenform zu dem Umformwerkzeug **5** zugeführt.

[0036] Eine weitere Ausführungsform des Verfahrens zeigt **Fig. 7**. Hierbei wird in einem ersten Schritt das plattenförmige Halbzeug **2** mittels der Heizeinrichtung **6** erwärmt, wobei im vorliegenden Fall beidseits des Halbzeugs **2** eine jeweilige Heizeinrichtung **6** vorgesehen ist. Die beiden Heizeinrichtungen **6** können auch als ein Umluftofen ausgebildet sein, in dem sich das Halbzeug **2** befindet. Anschließend wird in dem Umformwerkzeug **5** die Thermoformung des Halbzeugs **2** durchgeführt. Nach dem Thermoformen wird das Anbauteil **3** bzw. werden die beiden Anbauteile **3** mittels des 3D-Druckens an dem Halbzeug **2** angebracht, so dass wiederum das Bauteil **1** entsteht. Auch bei dieser Ausführungsform, bei der das Anbauteil **3** also nach dem Umformen des Halbzeugs **2** mit demselben verbunden wird, wird die bei dem 3D-Drucken entstehende Wärme genutzt, um während des Erzeugens des Anbauteils **3** dasselbe mit dem Halbzeug **2** zu verbinden.

[0037] Der Druck der Anbauteile **3** im vor- oder nachgeschalteten Verarbeitungsprozess, wie in den **Fig. 1** bis **Fig. 4**, **Fig. 6** und **Fig. 7** dargestellt, eignet sich besonders bei der Verarbeitung von Plattenhalbzeugen.

[0038] Vorzugsweise wird das Anbauteil **3** bzw. werden die Anbauteile **3** also bei keiner der Ausführungsformen innerhalb des Umformwerkzeugs **5** an das Halbzeug **2** angebracht, was das Verfahren wesentlich vereinfacht.

[0039] Das zur Herstellung des Halbzeugs **2** bestehende Material kann im Prinzip jedes beliebige Kunststoffmaterial sein. Um besonders hochwertige Bauteile zu erzeugen, kann das Halbzeug **2** vor dem Thermoformen durch Koextrusion aus wenigstens zwei unterschiedlichen Kunststoffmaterialien hergestellt sein. Vorzugsweise wird für das Anbauteil **3** ein ähnlicher Kunststoff wie für das Halbzeug **2** eingesetzt, so dass eine sichere Verbindung der verwendeten Materialien gewährleistet ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils (1) aus Kunststoff, wobei ein plattenförmiges Halbzeug (2) in einem Umformwerkzeug (5) mittels Thermoformen umgeformt wird, wobei ein Anbauteil (3) mittels 3D-Drucken erzeugt wird, und wobei das Anbauteil (3) durch die bei dem 3D-Drucken entstehende Wärme während des Erzeugens des Anbauteils (3) außerhalb des Umformwerkzeugs (5) mit dem Halbzeug (2) verbunden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Anbauteil (3) vor dem Umformen des Halbzeugs (2) mit dem Halbzeug (2) verbunden wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Anbauteil (3) nach dem Umformen des Halbzeugs (2) mit dem Halbzeug (2) verbunden wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbzeug (2) vor dem Thermoformen erwärmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbzeug (2) während des Verbindens mit dem Anbauteil (3) erwärmt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbzeug (2) in endloser Form zu dem Thermoformen zugeführt wird und nach dem Thermoformen in das Bauteil (1) vereinzelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbzeug (2) vor dem Thermoformen durch Koextrusion aus wenigstens zwei unterschiedlichen Kunststoffmaterialien hergestellt wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

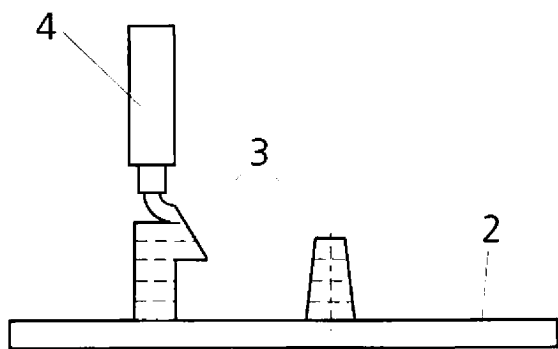


Fig. 1

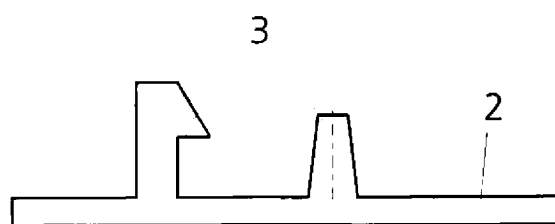


Fig. 2

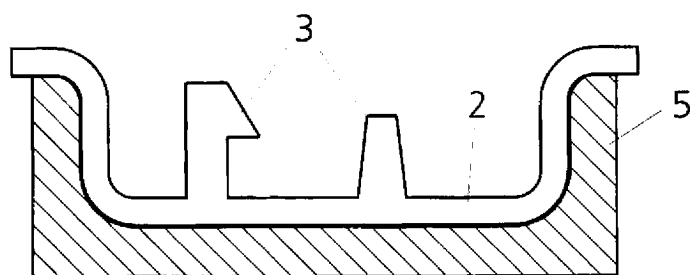


Fig. 3

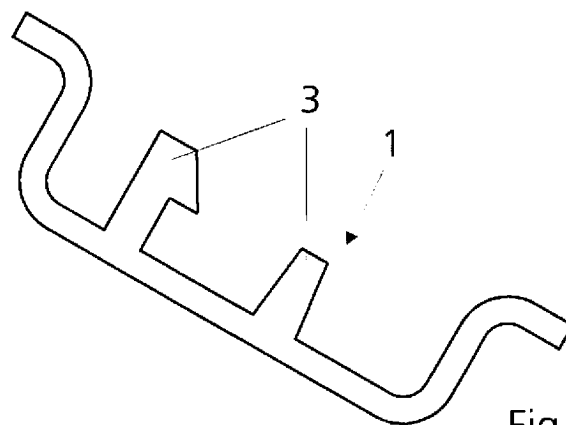


Fig. 4

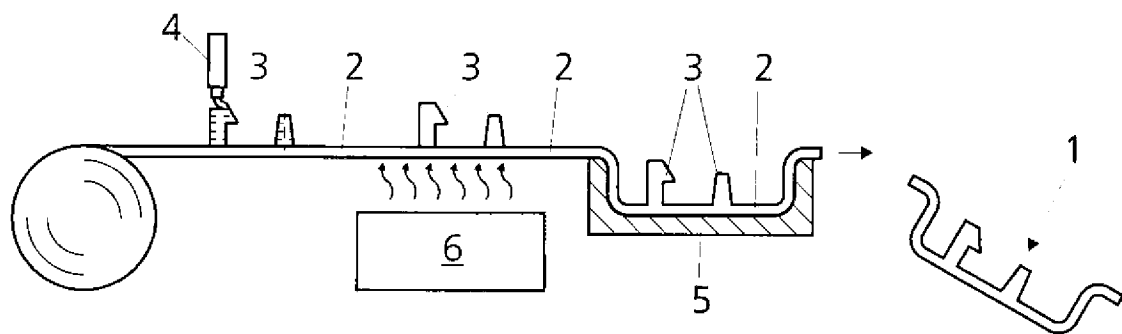


Fig. 5

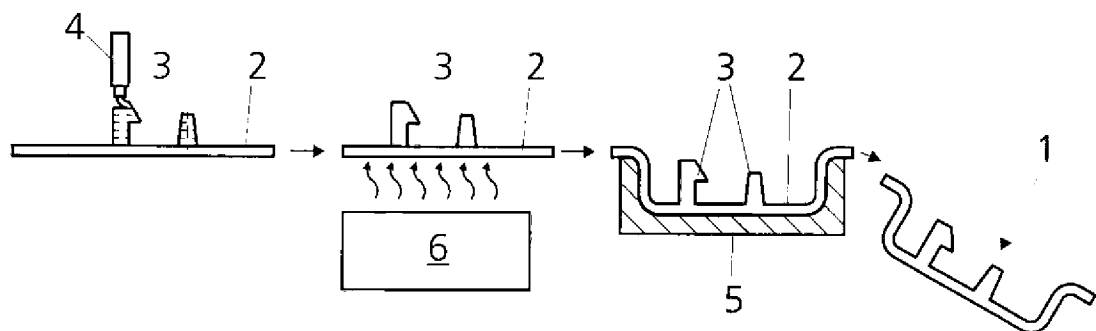


Fig. 6

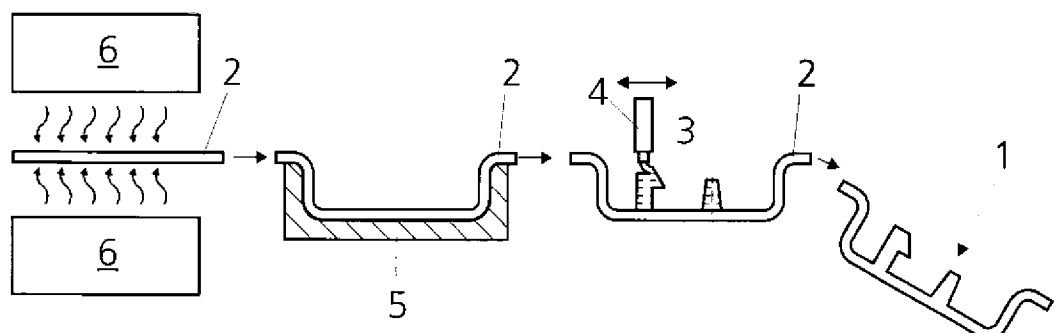


Fig. 7