

(19)



(11)

EP 2 094 412 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.09.2014 Patentblatt 2014/37

(51) Int Cl.:
B21D 13/02 ^(2006.01) **B21D 13/10** ^(2006.01)
E04C 2/32 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07825270.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/IB2007/002948

(22) Anmeldetag: **28.09.2007**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/062263 (29.05.2008 Gazette 2008/22)

(54) **BAUTEIL AUS EINEM FLACHMATERIAL UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG**

COMPONENT MADE OF A FLAT MATERIAL AND METHOD FOR THE PRODUCTION THEREOF

ÉLÉMENT STRUCTUREL CONSTITUÉ D'UN MATÉRIAU PLAT, ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION

(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 MT NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **23.11.2006 DE 102006055657**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.09.2009 Patentblatt 2009/36

(73) Patentinhaber:

- **Ellert, Jochen**
10407 Berlin (DE)
- **Behrens, Arno**
22143 Hamburg (DE)

(72) Erfinder:

- **Ellert, Jochen**
10407 Berlin (DE)
- **Behrens, Arno**
22143 Hamburg (DE)

(74) Vertreter: **PATWIL AG**
Bronschhoferstrasse 31
Postfach 907
9500 Wil (CH)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-B- 0 879 103 DE-A1- 10 006 348
DE-A1- 19 750 576 FR-A- 1 089 219
US-A- 2 233 592

- **BOBLAN I ET AL: 'First International Industrial Conference Bionik 2004' FORTSCHRITT-BERICHTS VDI Bd. 15, Nr. 2, 22 April 2004, Seiten 282 - 289, XP003025281**
- **MIRTSCH F ET AL: 'Vault-corrugated sheet metal on the basis of self-organization-fundamental principle, modification, simulation and new products' FIRST INTERNATIONAL INDUSTRIAL CONFERENCE BIONIK 2004 01 Januar 2004, Seiten 299 - 313, XP003025282**
- **WANTZEN B: "Dreidimensionale Strukturen durch Selbstorganisation", KONSTRUKTION, SPRINGER-VERLAG. BERLIN, DE, 6 June 2002 (2002-06-06), page 4, XP003025283,**
- **MIRTSCH F ET AL: "Wölbstrukturen geben Materialien neue Perspektiven", STAHL, VERL. STAHLISEN, DUESSELDORF, DE, no. 5, 1 January 2002 (2002-01-01), pages 58-60, XP003025284, ISSN: 0941-0821**
- **"SELF-ORGANIZATION ED - Hans-Jörg Bullinger; Lothar Behlau (ed)", 10 May 2009 (2009-05-10), TECHNOLOGY GUIDE PRINCIPLES APPLICATIONS TRENDS, SPRINGER BERLIN HEIDELBERG, PAGE(S) 60 - 63, XP003025285, ISBN: 978-3-540-88545-0**
- **MIRTSCH F: "Ressourceneffizienz und synergetische Eigenschaften durch wölbstrukturieren", SACHSISCHE FACHTAGUNG UMFORMTECHNIK DRESDEN, pages 1-12, XP003025286,**

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 2 094 412 B1

- WOLMER A S ED - DUDA A: "BIEGSAME PLATTEN UND SCHALEN PASSAGE", 1 January 1962 (1962-01-01), BIEGSAME PLATTEN UND SCHALEN, VEB VERLAG FÜR BAUWESEN, DE, PAGE(S) 100 - 105, XP003025287,

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Bauteil aus einem Flachmaterial mit einer zwischen zwei zueinander parallelen Hauptflächen gelegenen Mittelfläche, wobei das Flachmaterial mit einer Verformungsstruktur versehen ist, die sich nach Art einer Pressung teilweise senkrecht zur Mittelfläche erstreckt gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Derart ist die Verformungsstruktur in Hauptformrichtung senkrecht zur Mittelfläche eingebracht und wird im allgemeinen die für Beulmuster charakteristischen parabolischen Vertiefungen gegenüber der Mittelfläche aufweisen, während die Beulränder zumindest teilweise gegenüber der Mittelfläche eine, gegen die Hauptformrichtung gerichtete, Erhabenheit besitzen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Bauteile dieser Art sind beispielsweise aus der gattungsbildenden DE-C2-100 06 348 oder der DE-A1-197 50 576 bekannt, wobei Letzteres ein Verfahren zur Herstellung von Beulstrukturen im Walzprozess beschreibt. Nach der DE-C2 dient die Verformungsstruktur im Wesentlichen zur Erhöhung der Steifigkeit des Flachmaterials, wobei jedoch dort die versteifende Wirkung durch konzentrische, im Tiefpunkt der Beule eingebrachte Gegenbeulen vermindert wird. Auch bei DE-297 12 622 U1 dient die Strukturierung der Versteifung des Flachmaterials. Eine derartige Steifigkeitserhöhung ist nach der DE-A1-197 50 576 vor allem für den Fahrzeugbau, aber prinzipiell auch für alle flächigen Bauteile, von Interesse.

[0003] Nachteilig an den bekannten Bauteilen ist, dass ihre Steifigkeitserhöhung bald an Grenzen stößt. Daher liegt dieser Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Bauteil der eingangs genannten Art so auszugestalten, dass es eine größere Steifigkeit aufweist.

Kurzfassung der Erfindung

[0004] Erfindungsgemäß erfolgt dies durch ein Bauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Dadurch ergibt sich eine Struktur, die nicht nur in Pressrichtung beulenartig ausgeführt ist, sondern auch entgegen der Pressrichtung gegenüber der Mittelfläche zumindest teilweise eine Erhabenheit in den Beulrändern aufweist. Beide Verformungen, also die Beule in Kombination mit der Erhabenheit der Randzonen, ergeben einen höheren Widerstand gegenüber aufgebrachten Biegebeanspruchungen. Durch diese Kombination von Beulversteifung und der teilweisen Erhabenheit der Beulränder wird zudem die lokale Streckung des Flachmaterials im Bereich einer zu erzeugenden Beule erhöht, wodurch ein zusätzlicher Versteifungseffekt hervorgerufen wird.

[0005] Zudem ist für dieses Verfahren charakteristisch, dass durch die Erhabenheit des Beulrandes unter

der Druckwirkung eine Streckung und leichte Biegung im Beulbereich erzeugt wird, was die lokale Instabilität erhöht und dazu führt, dass die Beulen bereits unter einer sehr geringen Druckwirkung mehr oder weniger spontan einspringen. Dieses reduziert im Vergleich zu Prägeverfahren die zur Strukturierung erforderlichen Presskräfte erheblich.

[0006] Weiterhin ist dieses Verfahren als Nebenformelement in an sich bekannten Tief- oder Streckziehopoperationen usw. integrierbar und ermöglicht an das Strukturformfeld angrenzende, ebene Randzonen. Auch ermöglicht es ein nachträgliches, gegebenenfalls partielles, Weiterverformen von vorverformten Bauteilen. Die Bestimmung der erfindungsgemäßen optimalen Zellgröße erfolgt nach dem Prinzip des minimalen Energieaufwandes zur Beulenzugung und kann auf Grundlage von Finit-Elemente-Analysen vorgenommen werden.

[0007] Flachmaterialien mit dieser Struktur haben darüber hinaus einen günstigeren Einfluss auf das Schwingungs- und Anströmverhalten, z.B. bei Lüftungskanälen.

[0008] Das Werkzeug für ein Strukturformfeld kann aus Modulen aufgebaut werden, die eine Flexibilisierung der Montage, eine Verringerung der Fertigungsaufwendungen und Verbesserung der Instandhaltung ermöglichen.

[0009] Gegenstand der Erfindung ist ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauteiles, welches die Merkmale des Anspruchs 4 aufweist.

[0010] Dabei kann im Rahmen der Erfindung die Presskraft zur Erzeugung der Beulen sowie der Erhabenheit der Beulrandzonen über elastische Wirkmedien (oder ähnliches) auf das Bauteil aufgebracht wird. Die gezielte Erzeugung lokaler Instabilitäten bewirkt zudem, dass die Beulen schlagartig in die Kavitäten des Werkzeuges einspringen und ihre Geometrie eigenständig (frei) und paraboloid ausformen, so dass nicht, wie bei einem Prägevorgang, die Beulen in eine entsprechend geformte Kavität des Gegenwerkzeuges eingeformt werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0011] Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich an Hand der nachfolgenden Beschreibung von in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

- | | |
|---------|---|
| Fig. 1a | eine Perspektivansicht, |
| Fig. 1b | eine Draufsicht, |
| Fig. 1c | einen Schnitt nach der Linie A-A der Fig. 1b, und |
| Fig. 1d | ein Detail B der Fig. 1c in größerem Maßstab einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bauteiles; |

Fig. 2a	eine Perspektivansicht dreier Zellen an einem erfindungsgemäßen Bauteil in einer gegenüber Fig. 1a vergrößerten Darstellung, zu der die	<u>Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen</u>
Fig. 2b	eine schematisierte Ansicht liefert, in welcher gewölbte, höhere Zellbiegeränder strichliert, dagegen gerade, niedrigere Zellbiegeränder mit vollen Linien dargestellt sind; an Hand der	[0012] Ein erzeugtes tiefgezogenes Bauteil 1 (Fig. 1a) besitzt einen glatten Flansch 2, während ein Strukturfeld 4 selbst, einschließlich der Erhebungen von Zellbiegerändern 14, im Rahmen einer Tiefziehoperation in das Flachmaterial (Blech oder Kunststoff) als leicht erhabenes Nebenformelement 3 eingebracht wird. Die Verformungsstruktur 4 besitzt vorzugsweise die Form eines periodischen Gitters aneinander gereihter, beispielsweise hexagonaler, Zellen 5.
Fig. 3a bis 3c	soll an Hand von Schnittdarstellungen die Vorgangsweise nach dem Stande der Technik und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert werden, wobei Fig. 3a das unverformte Flachmaterial zeigt, Fig. 3b eine zellenartige Verformungsstruktur nach dem Stande der Technik, und Fig. 3c eine erfindungsgemäß hergestellte Verformungsstruktur veranschaulichen;	[0013] Hier sei gleich angemerkt, dass die Anordnung hexagonaler Zellen zwar bevorzugt ist, dass sich jedoch die Erfindung keineswegs darauf beschränkt. Denn es ist im Rahmen der Erfindung durchaus möglich, an Stelle eines zusammenhängenden Gitters auch über die tiefgezogene Bodenfläche des Bauteiles 1 verteilte einzelne, insbesondere zellenartige Verformungen vorzusehen, obwohl es natürlich klar ist, dass bei dem dargestellten vollständigen Gitter der Versteifungseffekt größer ist. Auch müssen Zellen gar nicht hexagonal sein, sondern können auch aus Dreiecken, Rechtecken, Doppeltrapezen, Rauten sowie aus rhomboiden, achteckigen, mit zwei einander gegenüberliegenden Stegen gestreckte (also asymmetrische) Sechsecke etc. bestehen, und dies mit geraden oder geschwungenen Beulrändern, die die Vertiefungen umranden. Dabei können sich mit geschwungenen Stegen auch ästhetisch ansprechende Musterungen erzielen lassen. Auch Kombinationen mit unterschiedlich geformten Zellen oder Beulränder sind möglich.
Fig. 4	zeigt einen möglichen Typ des im Rahmen des Verfahrens der Erfindung verwendbaren Pressengestells zur Einbringung des Strukturfeldes;	
Fig. 5	zeigt schematisch den Vorgang einer Tiefzieh-Hauptformgebung für das Bauteil mit einer gleichzeitigen Strukturverformung im Bereich des Tiefziehbodens;	
Fig. 6	zeigt, an Hand einer leicht gekrümmten Formfeldstruktur, die Pressanordnung mit einer über eine Elastomerplatte erfolgende Druckaufbringung und einem mit eingearbeiteten Kavitäten gemäß der zu erzeugenden Struktur versehenen Werkzeugboden (die Anordnung kann auch umgekehrt werden);	
Fig. 7a	stellt eine isometrische Ansicht eines modularen Eckbereichs-Aufbaues eines Formfeldstrukturwerkzeuges dar, welcher als Nebenformelement in bevorzugt verwendeten Tief- oder Streckziehwerkzeugen integrierbar ist, wozu	
Fig. 7b	eine Seitenansicht von links,	
Fig. 7c	eine Draufsicht, und	
Fig. 7d	eine Seitenansicht von oben veranschaulicht.	[0014] Während also, wie ersichtlich, der Tiefziehboden die dreidimensionale Verformungsstruktur 4 enthält, behält das Material (Blech, es können auch Kunststoffe sein) im Tiefziehflansch 2 (bedingt durch die Wirkung des Werkzeugniederhalters) seine ebene Form. Andererseits führen die in den Segmenten des Tiefziehwerkzeuges eingearbeitete Erhabenheiten zu einer Überhöhung der Zellbiegeränder 14. [0015] In Fig. 2a und b sind drei der hexagonalen Zellen 5 zusammenhängend und vergrößert dargestellt. Die Anordnung der hexagonalen Zellen ist dabei zweckmäßig so, wie man das auch von Bienenwaben her kennt, denn so wird üblicherweise die größte Versteifung erreicht. Das Besondere dieser Ausführungsform ist aber der Aufbau der Einzelzellen. Liegt z.B. ein längsorientiertes Blechwerkstück vor, so werden üblicherweise die diagonalen Beulbegrenzungsstege in Längsrichtung, die Querstege rechtwinklig zur Längsachse orientiert. Die besondere Gestaltung der in den Fig. 2a, 2b dargestellten Zelle 5 besteht nun darin, dass die diagonalen Begrenzungsstege bzw. Zellbiegeränder 14 mit der Hauptformrichtung entgegen gerichteten Überbögen versehen sind, also gegenüber der Mittelfläche 8 zuzüglich der anteiligen Materialdicke 12 eine Erhabenheit aufweisen (Fig. 2b), während die Querstege 15 niedriger sind und keine Überhöhungen aufweisen (Fig. 2b), also mit der Hauptfläche 7 des Flachmaterials abschließen. Die

überhöhten diagonalen Zellbegrenzungsstege bilden also so eine Linie 16, nämlich eine Zick-Zack-Linie, welche sich über die gesamte strukturierte Formfeldfläche des Werkstückes 4 erstreckt und auch bereits in Fig. 1a zu erkennen ist. Generell ist die Anordnung dieser Stege beliebig, vorzugsweise in Linienform, erzeugt aber in der Zick-Zack-Anordnung die größte Wirkung.

[0016] Die Fig. 3a zeigt die Lage der Hauptflächen 7, 9 des Flachmaterials vor der Verformung, wobei das Flachmaterial eine Mittelfläche 8 und eine Materialdicke 12 aufweist.

[0017] An Hand der vergrößerten Darstellungen in Fig. 3b und 3c soll nun der erfindungsgemäß erzielte Effekt gegenüber einem Blech nach dem Stand der Technik veranschaulicht werden. Die Fig. 3b zeigt eine Verformungsstruktur mit einer Zelle 5 in einem Flachmaterial, welches die Mittelfläche oder Mittelebene 8 aufweist. Die zellenartige Vertiefung 5 ist nun so gestaltet, dass das Flachmaterial aus der Mittelfläche 8 in eine einzige Richtung zur Bildung einer Zellvertiefung 10 bogenartig verläuft. Diese Vertiefung 10 besitzt eine Breite 6 und eine Höhe 13. Ihre Tangente formt zur Mittelfläche 8 einen relativ flachen Winkel α , so dass die Vertiefung 10 bei Ausübung eines Druckes auf sie relativ leicht zusammengedrückt werden kann.

[0018] Vergleicht man dagegen die erfindungsgemäße Form nach Fig. 3c (wo das Flachmaterial ebenfalls eine obere und eine untere Hauptfläche 7, 9 aufweist) mit der im Symmetrieschnitt zweckmäßig parabelförmigen Vertiefung 10, so ist ersichtlich, dass die Zelle 5 einen gegenüber der Mittelfläche 8 hinaus gehenden erhabenen Zellbiegerand 14 (zuzüglich der anteiligen Materialdicke 12) besitzt, die im Maximum in der Mitte der Diagonalstege eine Höhe (11) aufweist. Durch die längere Ausbildung der die Zelle 5 und ihre Vertiefung 10 begrenzenden Wand ergibt sich hier eine (gegenüber der der Fig. 3b) steilere Tangente, die unter einem Winkel β zur Mittelfläche 8 verläuft, und die daher auch einen stärkeren Widerstand gegen Druckausübung bewirkt.

[0019] Die Herstellung einer lokal begrenzten Verformungsstruktur kann an sich auf beliebige Weise erfolgen, selbst durch das aus der DE-A1-197 50 576 bekannte Walzverfahren, wobei aber zu deren Erzeugung die Walzen immer wieder voneinander separiert werden müssen. Überdies wird wegen der entstehenden Blechkrümmung anschließend ein Richtvorgang zum Geraderichten erforderlich, wobei ein Teil des Steifigkeitsgewinns wieder verloren geht. Weiterhin ist durch den Walzvorgang eine regelmäßig parabolische Beulausformung eingeschränkt, wie sie für die Zwecke dieser Erfindung vorteilhaft ist.

[0020] Beispielhaft für einen erfindungsgemäß mit Vorteil angewandten Pressvorgang ist ein C-Pressen- gestell 21 in Fig. 4 dargestellt, mit dem in Flachmaterialien die erfindungsgemäße Verformungsstruktur eingepresst werden kann. Diese Presse besitzt ein Untergestell 25, auf dem in bekannter Weise ein Strukturwerkzeug 24 befestigt ist. Über dem Strukturwerkzeug 24 ist eine Plat-

te 23 aus nachgiebigem, zweckmäßigerweise elastischem Material bestimmter Härte, auf das Strukturwerkzeug 24 absenkbar, um das zwischen dem Werkzeug und der Platte 23 eingeschobene Flachmaterial mit der Hauptfläche 9 gegen das Strukturwerkzeug 24 zu pressen. Die Elastomerplatte 23 wird dabei von einem Druckplattenträger 22 am C-Gestell 21 gehalten und wirkt auf die Hauptfläche 7.

[0021] Das Zusammenwirken des Strukturwerkzeuges 24 mit einer nachgiebigen Platte 23, statt mit einem starren Gegenwerkzeug, führt dazu, dass beim Zusammenfahren dieser beiden Werkzeughälften 23, 24 die dazwischenliegende Blechplatine zunächst an den Scheitelpunkten der erhabenen, vorzugsweise bogenförmigen Zellbiegeränder 14 (Überbögen) Kontakt mit der nachgiebigen, z.B. aus einem Elastomer bestehenden Platte 23 bekommt. Auf Grund der dort initiierten Flächenpressung und der daraus resultierenden Reibung wird der Werkstoff des Bleches im Randbereich einer zu erzeugenden Zelle an diesen Scheitelpunkten festgehalten und legt sich zunächst einmal konkav an diese "Überbögen" an.

[0022] Beim weiteren Zusammenfahren der Werkzeughälften wächst auf Grund der Nachgiebigkeit der Elastomerplatte 23 Druck auch im Mittenbereich der Zelle an. Die Folge ist, dass bei Erreichen eines bestimmten Druckes der Platte 23 (erzeugt durch das weitere Zusammenfahren der Werkzeughälften) die beulenartige Zelle vom konkaven Zustand (bedingt durch das Anliegen des Bleches an den Überbögen) mehr oder minder spontan in den konvexen Zustand überspringt. Eine weitere Druckerhöhung führt dann nur noch zur endgültigen Ausformung der Zelle. Dabei ist die erzielbare Beultiefe von der Dicke des Bleches und von dessen Festigkeitseigenschaften abhängig.

[0023] Neben einfach (mit einem wirkenden Stempel) wirkenden Pressen kann das Verfahren auch in mehrfach wirkenden Presssysteme angewendet werden. Beispielhaft seien hier Tief- und Streckziehwerkzeugsysteme genannt, in die das Strukturierungswerkzeug integriert wird, so dass neben der Hauptformgebung des Flachmaterials eine vollständige oder partielle Strukturierung in der erfindungsgemäßen Form integriert werden kann. Fig. 5 veranschaulicht einen derartigen Tiefziehvorgang, bei dem im gleichen Arbeitsgang tiefgezogen und strukturiert wird. Dargestellt ist eine Druckplatte 23, die in einer Matrize 26 befestigt ist. In der Hauptformgebung kann so das Ziehen des Bauteiles erfolgen. Position 3 zeigt den Ziehnapf und Position 2 den Ziehflansch.

[0024] Dabei veranschaulicht Fig. 6, dass die einzelnen Platten 23 und Strukturwerkzeuge 24 durchaus nicht immer völlig eben sein müssen, sondern dass auch leicht gekrümmte Flachmaterialien in der dargestellten Weise mit einer Strukturierung versehen werden können. Unter Umständen kann dann allerdings das Strukturierungswerkzeug nicht aus modularen Einzelementen aufgebaut werden. Eine derartig gekrümmte Struktur lässt sich

mit dem Walzstrukturierungsverfahren nicht erzeugen.

[0025] An Hand der Fig. 7a bis 7d sei der Eckbereich des Strukturwerkzeugs 24 veranschaulicht. Auf einer Grundplatte 20 des Strukturwerkzeugs 24 sind, die Hexagonalform nach Fig. 1a ergebende, einzelne Module befestigt, beispielsweise festgeschraubt, so dass die Module auswechselbar sind, falls dies durch Abnutzung oder infolge einer Umgestaltung der Verformungsstruktur erforderlich ist. Diese Einzelmodule umfassen einmal solche Module 17, welche die bogenförmigen Überhöhungen der Randzonen des Beulmusters ausformen, und solche Module 18, die die nicht überhöhten Randzonen des Beulmusters ausformen. Es ist aber auch möglich, von den Einzelmodulen abzusehen und Module vorzusehen, welche eine ganze Beulzelle umfassen. Darüber hinaus kann das gesamte Strukturformfeld aus dem vollen Werkzeugmaterial herausgearbeitet werden. Alle Module werden vorteilhaft mittels Spannplatten (in der Draufsicht unten) über Befestigungsbohrungen 19 auf der Werkzeuggrundplatte 20 befestigt. In der Draufsicht oben ist diese Spannplatte zur Veranschaulichung weggelassen worden.

[0026] Es versteht sich, dass im Rahmen der Erfindung zahlreiche Modifikationen bezüglich der Form der Module bzw. bezüglich deren Anordnung möglich sind, sei es was die Form der Zellen oder ihre Anordnung anlangt.

[0027] Beispielsweise ist es zwar günstig, die höheren Beulbiegeränder des Werkzeuges 17 mit einem nach außen bzw. von der auf das zu verformende Material bezogenen Mittelfläche 8 wegweisenden Bogen auszustatten (was die erforderlichen Presskräfte reduziert), wie dies besonders die Figuren 7 zeigen, doch könnte auch jede andere Form gewählt werden, beispielsweise ein Doppelbogen od. dgl. Generell können die Bögen der Beulränder auch einwärts gerichtet sein, also etwa konkav, doch ist dies nicht zu bevorzugen. Bögen können auch an den niedrigeren Beulbiegerändern des Werkzeuges 18 vorgesehen werden, so lange ihr oberer Rand dann nicht über die, auf das zu verformende Material bezogene, Hauptfläche 7 hinausreicht. Solche Bögen können bevorzugt konkav ausgebildet sein. Ebenso wäre es denkbar, die Oberkante ("oben" bezogen auf die Darstellung in den Figuren) schief zur Mittelebene 8 verlaufen zu lassen.

[0028] Auch kann die Zellvertiefung 10 (Fig. 3c) eine Abplattung oder aufwärts weisende Eindellung (Gegenbeule) besitzen. Ebenso kann das Verfahren, von dem eine bevorzugte Ausführung beschrieben wurde, auf die verschiedenste Weise abgeändert werden. So kann die Lage der Platten 23, 24 ausgetauscht werden, so dass etwa die Platte 24 oben liegt. An Stelle der Elastomerplatte 23 - welche bevorzugt ist - kann auch eine unnachgiebige Werkzeugplatte mit der Negativgravur zur Platte 24 verwendet werden, doch ist dies im Allgemeinen nicht kostengünstig.

[0029] Es wurde auch schon erwähnt, dass verschiedenartiges Flachmaterial für die erfindungsgemäße Strukturierung in Betracht kommt, außer Bleche, Natur-

und Kunststoffe, Papiere und Pappen können auch Kompositmaterialien und aus verschiedenen Materialsarten und Dicken zusammengesetzte Materialien strukturiert werden. Es wurden bereits erfolgreiche Versuche mit Feinblechen durchgeführt.

[0030] Zusätzlich zu der versteifenden Wirkung der erfindungsgemäßen Formstruktur können Bauteile, die mit dieser Formstruktur versehen sind, unter Ausnutzung der besonderen Geometriegestalt weiterverformt werden, was die versteifende Wirkung weiter steigern kann.

[0031] Eine besondere Variante der Erfindung kann darin bestehen, dass in ein Bauteil durch die erfindungsgemäße Formstruktur Versagensinitiationsstellen eingebracht werden, etwa um ein Bauteil bei einer bestimmten Belastung einknicken zu lassen, z.B. um damit eine Energieabsorption im Falle einer starken impulsartigen Belastung zu ermöglichen.

[0032] Eine weitere Besonderheit der Erfindung kann darin bestehen, dass ein Bauteil nach der Hauptformgebung, auch nach dem Zusammenbau, mit entsprechenden Werkzeugen (auch zangenartig) mit der erfindungsgemäße Formstruktur versehen werden kann.

25 Patentansprüche

1. Bauteil (1) aus einem Flachmaterial mit einer zwischen zwei zueinander parallelen Hauptflächen (7, 9) gelegenen Mittelfläche (8), wobei das Flachmaterial mit einer Verformungsstruktur (4) versehen ist, die sich nach Art einer Pressung teilweise senkrecht zur Mittelfläche (8) erstreckt, wobei

(a) wenigstens ein Teilbereich (5) des Flachmaterials mit der Verformungsstruktur (4) versehen ist; und

(b) die Verformungsstruktur (4) aus einem Gitter aneinandergrenzender, in Draufsicht vorzugsweise wenigstens annähernd hexagonaler, Zellen (5) besteht, wobei die Zellen jeweils durch quer zur Mittelfläche (8) sich erstreckende Zellbiegeränder (14) und (15) begrenzt sind,

dadurch gekennzeichnet, dass eine

(c) von relativ höheren (14) und niedrigeren Zellbiegerändern (15) begrenzte Zelle (5) eine mittige, bis zur Höhe (13), unterhalb der Hauptfläche (9) sich erstreckende Vertiefung (10) aufweist, während die höheren Zellbiegeränder (14) bis zu einer Höhe (11) über der Mittelfläche (8) und die niedrigeren Zellbiegerändern (15) im Wesentlichen bis zur Höhe einer Hauptfläche (7) ausgebildet sind.

2. Bauteil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die höheren Zellbiegeränder wenigstens einer der folgenden Bedingungen genügen:

(a) bei Ausbildung eines Gitters aneinander-

- grenzender Zellen (5) verlaufen die höheren Zellbiegeränder (14) entlang einer, vorzugsweise ununterbrochenen Linie (16) (Fig. 1 a); (b) die höheren Zellbiegeränder (14) sind wenigstens zum Teil in Seitenansicht bzw. im Schnitt mit einer bogenförmigen von der Mittelfläche (8) weg gerichteten Wölbung versehen.
3. Bauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vertiefungen (10) mindestens in einem Teilbereich der Zellen (5) als konkave, z.B. im Schnitt parabelförmige, Beulen ausgeführt sind.
 4. Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in ein von zueinander parallelen Hauptflächen (7, 9) begrenztes Flachmaterial der Dicke (12) eine Verformungsstruktur (4) in Form von zellenartigen, mit Zellbiegerändern (14, 15) begrenzte Vertiefungen (10) mit Hilfe von Verformungswerkzeugen (24, Fig. 5, 6 und 7) eingebracht werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die von relativ höheren (14) und niedrigeren Zellbiegerändern (15) begrenzten Zellen (5) mitige, bis zur Höhe (13), unterhalb der Fläche (9) sich erstreckende Vertiefungen (10) aufweisen, während die höheren Zellbiegeränder (14) bis zur Höhe (11) über die Mittelfläche (8) und die niedrigeren Zellbiegerändern (15) im Wesentlichen bis zur Höhe einer Hauptfläche (7) ausgebildet sind, und dass die Vertiefungen (10) sowie die Zellbiegeränder (14, 15) im Wesentlichen gleichzeitig geformt werden.
 5. Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungsstruktur (4) bezüglich der Mittelfläche (8) in ein als Press-, Tiefzieh- oder Streckziehwerkzeug ausgebildetes Hauptformwerkzeug integriert wird, so dass die Nebenformgebung im Wesentlichen im selben Prozessschritt wie die Hauptformgebung erfolgen kann.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur in einem Teilbereich des Werkstückes die Verformungsstruktur (4) eingebracht wird und dass die Verformungswerkzeuge (24, Fig. 5, 6 und 7) derart gestaltet werden, dass ein Teilbereich der Verformungsstruktur (4) oder nur eine einzelne Zelle (5) ausgebildet wird.
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Presskraft zur Erzeugung der Zellen (5) sowie der Erhabenheit der Zellbiegeränder (14, 15) über mindestens eine nachgiebige, insbesondere elastische, Fläche (23) auf das Bauteil (1) aufgebracht wird, und dass vorzugsweise die Verformungswerkzeuge (24, Fig. 5, 6 und 7) an einem im Wesentlichen plattenförmigen, z.B. ebenen (Fig. 5) aber auch gebogenen (Fig. 6), Werkzeugträger fixiert sind, der in einem Pressprozess gegen eine mit einer nachgiebigen, den Verformungswerkzeugen gegenüberliegenden, im Wesentlichen plattenförmigen Oberfläche (23) gepresst wird. -
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strukturierungswerkzeuge (24) auf einem Träger (20) aus einzelnen Elementen oder Modulen (17, 18) aufgebaut werden.
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Bauteil oder Flachmaterial die erfindungsgemäße Verformungsstruktur (4) mit aneinander gereihten Folgeoperationen oder in Form von mehreren Einzeloperationen gepressten Formfeldern erzeugt wird.
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Bauteil oder Flachmaterial mit der erfindungsgemäßen Verformungsstruktur (4) weiter verformt wird.
- ### Claims
1. A component (1) made of a flat material, having a central surface (8) disposed between two main surfaces (7, 9) extending in parallel to each other, wherein the flat material is provided with a deforming structure (4) which, in part, extends in the form of a compression vertically to the central surface (8), wherein,
 - a) at least a partial area (5) of the flat material is provided with the deforming structure (4), and
 - b) the deforming structure (4) consists of a grid of adjacent cells (5) that are, preferably, at least approximately hexagonal as seen from above, wherein the cells are each limited by cell bending edges (14) and (15) that are extending transversely in relation to the central surface (8), **characterised in that**
 - c) a cell (5) that is limited by relatively higher (14) and lower cell bending edges (15) has a central recess (10) extending up to the height (13) below the main surface (9) whereas the higher cell bending edges (14) are formed up to a height (11) above the central surface (8) and the lower cell bending edges (15) are, in essence, formed up to the height of a main surface (7).
 2. The component according to Claim 1, **characterised in that** the higher cell bending edges meet at least one of

the following requirements:

- (a) when a grid of cells (5) that are disposed adjacent to each other is formed, the higher cell bending edges (14) extend along a line that is preferably continuous (16) (Fig. 1 a);
- (b) the higher cell bending edges (14) are, at least in part, provided with an arched curvature that faces away from the central surface (8) as seen in a lateral view or, rather, in a cross-sectional view.
3. The component according to any one of the preceding claims,
characterised in that
the recesses (10) are, at least in a partial area of the cells (5), formed as concave bulges that are, for example, parabolic as seen in a cross-sectional view.
4. A method for the production of a component according to any one of the preceding claims, wherein a deforming structure (4) having the form of cell-type recesses (10) that are limited by cell bending edges (14, 15) are inserted into a flat material by means of deforming dies (24, Figs. 5, 6 and 7), said flat material being limited by main surfaces (7, 9) extending in parallel to each other and having the thickness (12),
characterised in that
the cells (5) that are limited by relatively higher (14) and lower cell bending edges (15) have central recesses (10) extending up to the height (13) below the surface (9) whereas the higher cell bending edges (14) are formed up to the height (11) above the central surface (8) and the lower cell bending edges (15) are, in essence, formed up to the height of a main surface (7) and that the recesses (10) as well as the cell bending edges (14, 15) are, in essence, formed at the same time.
5. The method for the production of a component according to any one of the preceding claims,
characterised in that,
in relation to the central surface (8), the deforming structure (4) is integrated into a primary forming die that is designed as a pressing, deep-drawing or stretching die, with the result that the secondary formation can, in essence, be achieved in the same process step as the primary formation.
6. The method according to any one of the preceding claims,
characterised in that
the deforming structure (4) is only inserted into a partial area of the workpiece and that the deforming dies (24, Figs. 5, 6 and 7) are designed such that a partial area of the deforming structure (4) or only an individual cell (5) is formed.
7. The method according to any one of the preceding claims,
characterised in that
the pressing force for generating the cells (5) as well as for the elevation of the cell bending edges (14, 15) is applied to the component (1) across at least one resilient, more particularly elastic surface (23) and that, preferably, the deforming dies (24, Figs. 5, 6 and 7) are fixed in position on a die carrier that is, in essence, formed like a plate, e.g., flat (Fig. 5) but also like a bend (Fig. 6), said die carrier being pressed against a surface (23) in a pressing process, said surface (23) being resilient, disposed opposite the deforming dies and, in essence, formed like a plate.
8. The method according to any one of the preceding claims,
characterised in that
the structuring dies (24) are set up on a carrier (20) made of single elements or modules (17, 18).
9. The method according to any one of the preceding claims,
characterised in that
the deforming structure (4) according to the invention is produced in a component or flat material using operations successively following each other or in the form of formation fields pressed in a plurality of single operations.
10. The method according to any one of the preceding claims,
characterised in that
a component or flat material is further deformed using the deforming structure (4) according to the invention.

Revendications

1. Pièce (1) en matériau plat comprenant une face centrale (8) disposée entre deux faces principales (7, 9) parallèles entre elles, sachant que le matériau plat est doté d'une structure de déformation (4) qui est partiellement verticale à la face centrale (8), à la manière d'une compression, sachant
- a) qu'au moins une zone partielle (5) du matériau plat est dotée de la structure de déformation (4) ; et
- b) que la structure de déformation (4) est composée d'une grille de cellules (5) adjacentes les unes aux autres, de préférence presque au moins hexagonales en vue de dessus, sachant que les cellules sont délimitées par des bords de cellule courbés (14) et (15) transversaux à la face centrale (8),

caractérisé en ce

- c) **qu'une** cellule (5) délimitée par des bords de cellule courbés relativement plus hauts (14) et relativement plus bas (15), présente un creux (10) s'étendant en-dessous de la face principale (9), alors que les bords de cellule courbés plus hauts (14) sont formés jusqu'à une hauteur (11) au-dessus de la face centrale (8) et les bords de cellule courbés plus bas (15) sont formés essentiellement jusqu'à la hauteur d'une face principale (7).
2. Pièce selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les bords de cellule courbés plus hauts remplissent au moins l'une des conditions suivantes :
- a) lors de la formation d'une grille de cellules (5) adjacentes les unes aux autres, les bords de cellule courbés plus hauts (14) passent le long d'une ligne (16) de préférence ininterrompue (Fig. 1 a) ;
- b) les bords de cellule courbés plus hauts (14) sont dotés au moins partiellement en vue latérale, c'est à dire en coupe, d'un bombement arqué partant de la face centrale (8).
3. Pièces selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les creux (10) sont conçus au moins dans une zone partielle des cellules (5) en tant que bosses concaves, par exemple paraboliques en coupe.
4. Procédé de fabrication d'une pièce selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, dans un matériau plat d'épaisseur (12), délimité par des faces principales (7, 9) parallèles entre elles, est insérée une structure de déformation (4) en forme de creux (10) cellulaires délimités par des bords de cellule courbés (14, 15) à l'aide d'outils de déformation (24, Fig. 5, 6 et 7), **caractérisé en ce que** les cellules (5) délimitées par des bords de cellule courbés relativement plus hauts (14) et relativement plus bas (15) présentent des creux (10) allant jusqu'à la hauteur (13), en-dessous de la face (9), tandis que les bords de cellule courbés plus hauts (14) sont formés jusqu'à une hauteur (11) au-dessus de la face centrale (8) et les bords de cellule courbés plus bas (15) sont formés essentiellement jusqu'à l'hauteur d'une face principale (7) et que les creux (10) ainsi que les bords de cellule courbés (14, 15) sont essentiellement déformés en même temps.
5. Procédé de fabrication d'une pièce selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la structure de déformation (4) par rapport à la face centrale (8) est intégrée dans un outil de mise en forme principale formé en tant qu'outil de compression, d'emboutissage ou d'étrépage, de telle sorte que la mise en forme secondaire peut avoir lieu essentiellement au cours de la même étape de procédé que la mise en forme principale.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la structure de déformation (4) n'est intégrée que dans une zone partielle de la pièce et que les outils de déformation (24, Fig. 5, 6 et 7) sont ainsi conçus qu'une zone partielle de la structure de déformation (4) ou que seulement une cellule (5) individuelle est formée.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la force de compression pour produire les cellules (5) ainsi que la proéminence des bords de cellule courbés (14, 15), est appliquée sur la pièce (1) par au moins une face (23) souple, en particulier élastique, et que de préférence, les outils de déformation (24, Fig. 5, 6 et 7) sont fixés sur un support d'outil essentiellement en forme de plaque, par exemple plan (Fig. 5) mais aussi bombé (Fig. 6) qui, dans un procédé de compression, est comprimé contre une surface (23) souple, opposée aux outils de déformation et essentiellement en forme de plaque.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les outils de déformation (24) sont montés sur un support (20) composés d'éléments ou modules (17, 18) individuels.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** dans une pièce ou un matériau plat, la structure de déformation (4) selon l'invention est produite par des opérations successives en enfilade l'une sur l'autre ou par des champs de mise en forme comprimés en forme par une pluralité d'opérations individuelles.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** pièce ou un matériau plat continue d'être déformé avec la structure de déformation (4) selon l'invention.

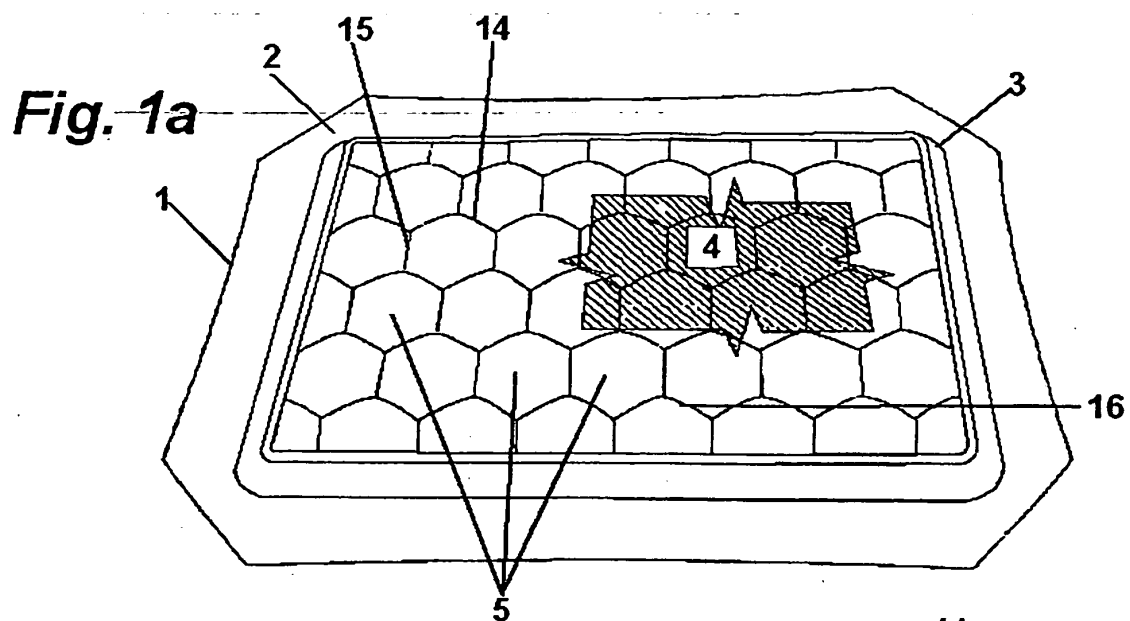


Fig. 1d

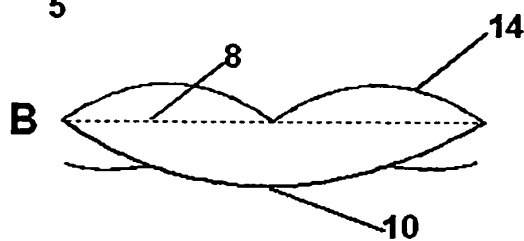


Fig. 1c



Fig. 1b

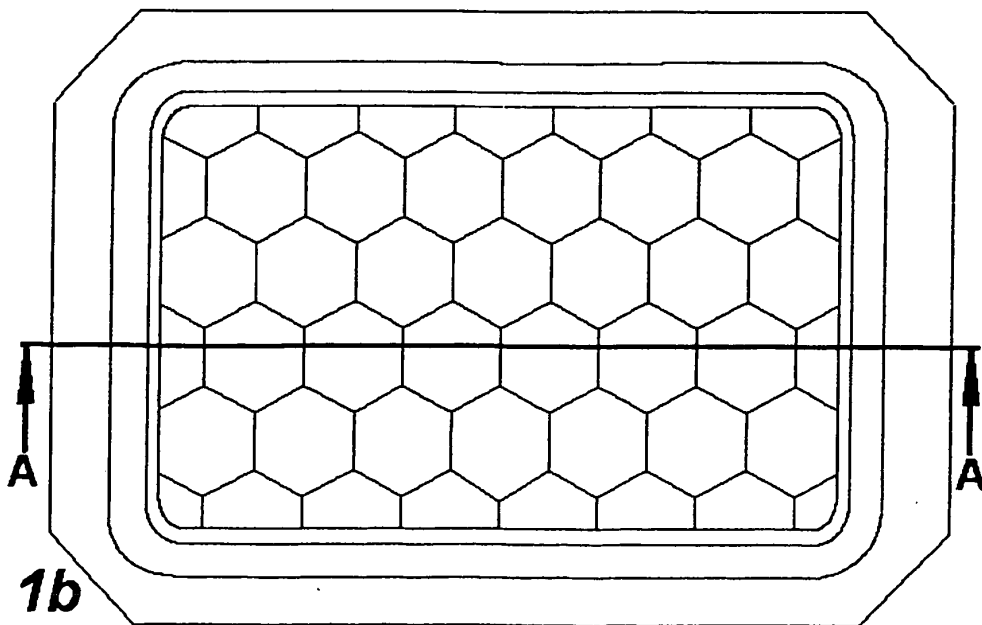


Fig. 2a



Fig. 2b

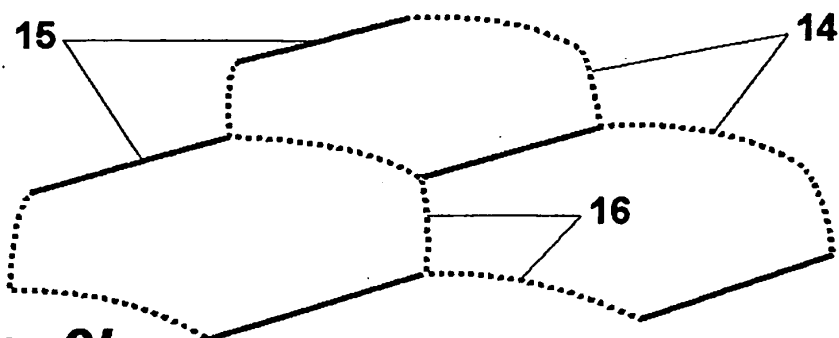


Fig. 3a

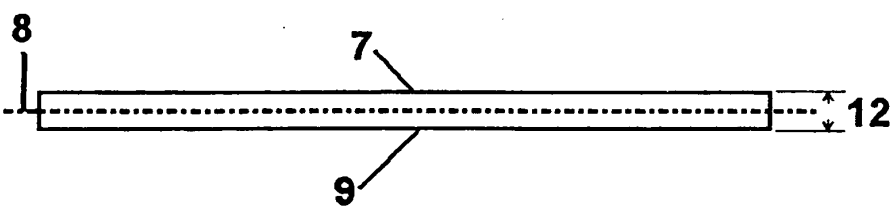


Fig. 3b

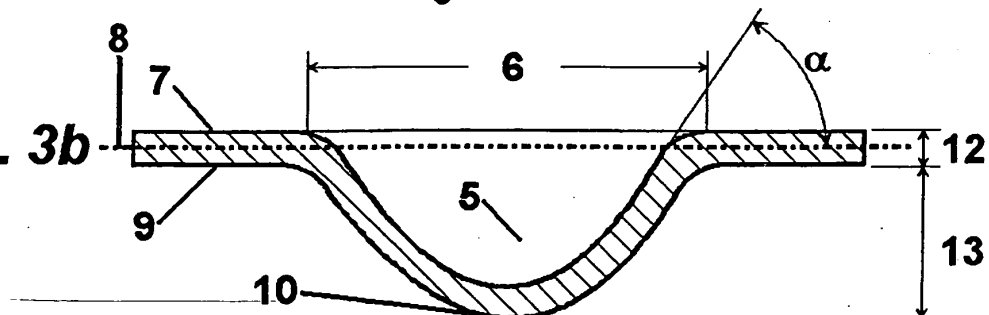
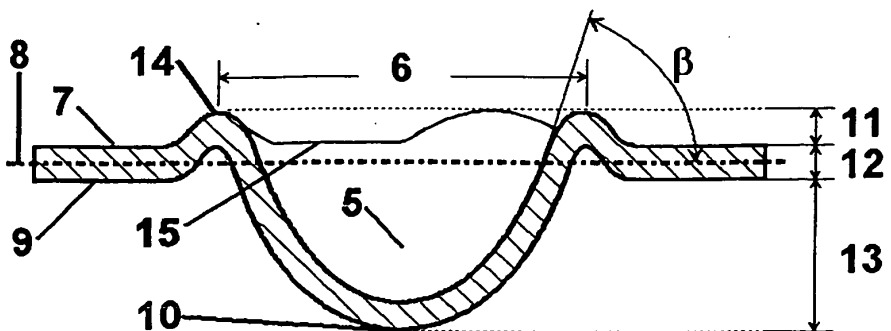
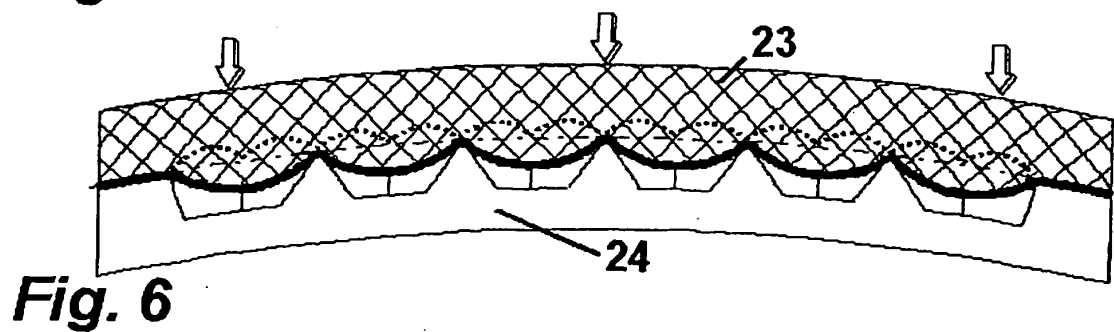
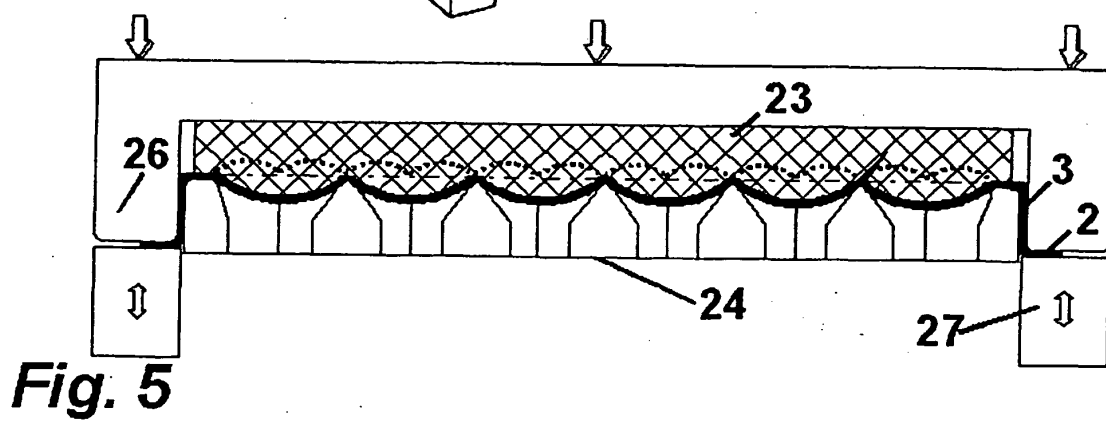
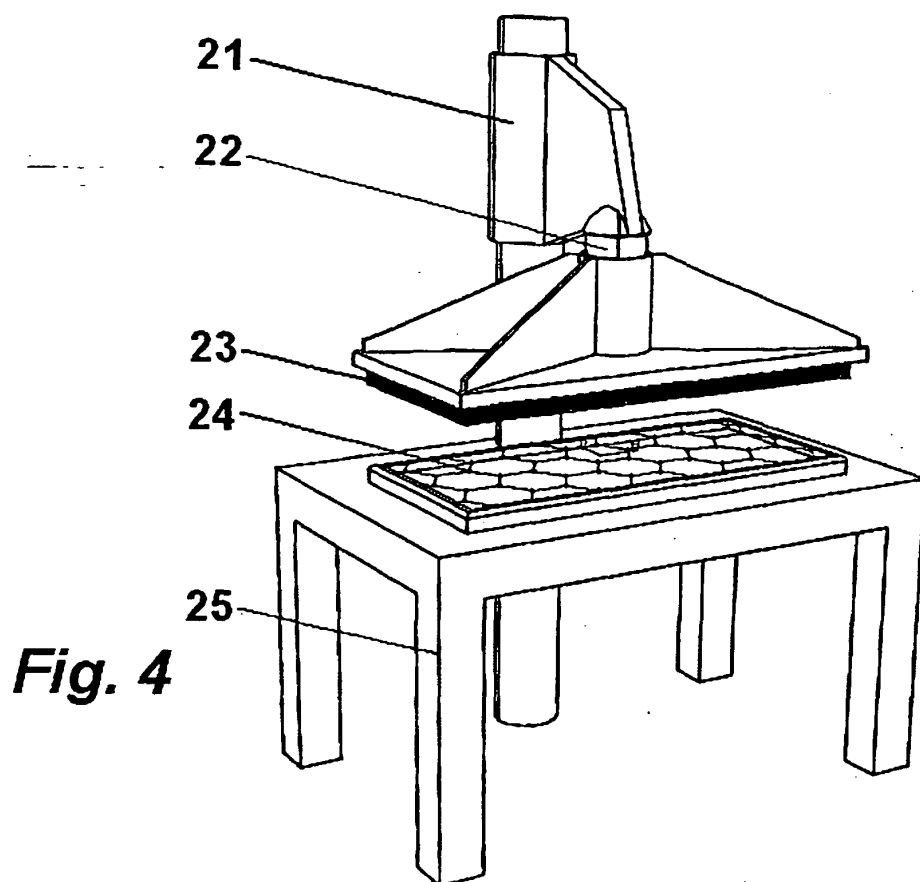
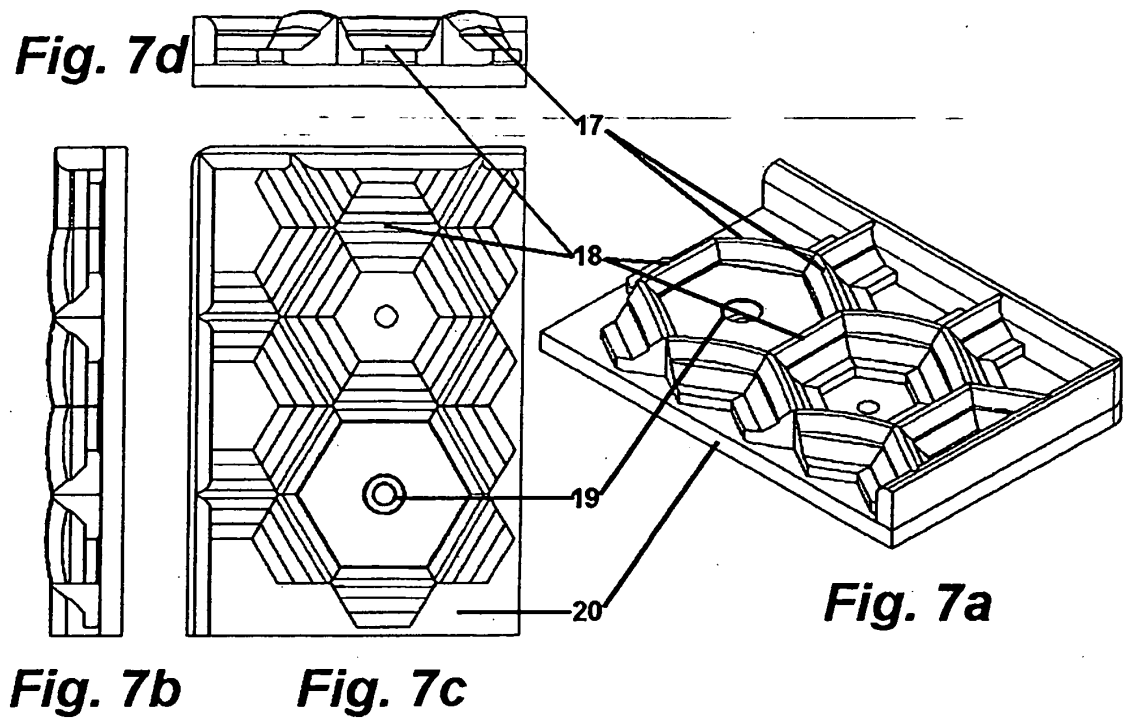


Fig. 3c







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 10006348 C2 [0002]
- DE 19750576 A1 [0002] [0019]
- DE 29712622 U1 [0002]