



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 26 645 T2** 2004.03.18

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 831 987 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 26 645.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/09171**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 921 312.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/040488**

(86) PCT-Anmeldetag: **04.06.1996**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **19.12.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **01.04.1998**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **12.03.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.03.2004**

(51) Int Cl.7: **B29C 70/36**

B29C 70/44, B29C 43/02, B29C 43/36

(30) Unionspriorität:

475849	07.06.1995	US
612251	07.03.1996	US

(73) Patentinhaber:

TPI Technology, Inc., Warren, R.I., US

(74) Vertreter:

Schäfer, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 81679 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**TUNIS, C., George, Wilmington, US; SEEMANN, H.,
William, Pass Christian, US; PERRELLA, P.,
Andrew, Hockessin, US; HARALDSSON, K.,
Rikard, Elkton, US; EVERITT, E., William,
Hockessin, US; PEARSON, A., Everett, Warren, US**

(54) Bezeichnung: **HERSTELLEN VON VERBUNDSTRUKTUREN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Diese Erfindung betrifft die Produktion von faserverstärkten Harzverbundstrukturen und insbesondere Verfahren zum vakuumunterstützten Harzspritzpressen großer Verbundstrukturen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Vakuumunterstützte Harzspritzpressen (VA-RTM) wurde verwendet, um eine Anzahl großer, faserverstärkter Verbundstrukturen wie beispielsweise Bootsrümpfe, welche Materialien wie Schaum und Balsakerne vereinigen, herzustellen. Die Kerne werden mit faserverstärkten Harz bedeckt. Bei dem VA-RTM Verfahren wird die verstärkende Faser, ein Gewebe oder eine Matte, in trockenem Zustand gemeinsam mit dem gewünschten Kernmaterial in einer einseitigen Form entsprechend der Form des gewünschten Fertigteils angeordnet. Der Aufbau wird dann in einen Vakuumbeutel eingeschlossen und unter Vakuum mit Harz imprägniert. Dem Harz wird es ermöglicht zu härten.

[0003] Verschiedene Verfahren wurden angewandt, um das Harz in eine verstärkende Faser einzuführen und die Verteilung zu verbessern. Diese Verfahren beinhalten die Anordnung eines austauschbaren Verteilungsmittels auf der Außenschicht des Gewebes und das Einfügen von Löchern und/oder Schlitzen, die durch den Kern hindurchdringen, um es Harz zu ermöglichen, von der äußeren zur inneren Schicht der verstärkenden Faser zu fließen. Siehe zum Beispiel US-Patent Nr. 5.316.462 und 4.560.523. Eine Versorgungsrille in einem Schaumkern wurde ebenfalls bei einem geschlossenen Harzformeinspritzpressen verwendet, um den Harzfluss zu vereinfachen. Siehe zum Beispiel US-Patent Nr. 5.096.651.

[0004] Außerdem weist das US-Patent Nr. 5 304 339 einen Zuführkanal als Schlitz in der Kernoberfläche auf, die vollständig vom Aufbau umgeben ist. Ein Verteilungsnetzwerk ist nicht unmittelbar in Verbindung mit dem Verteilungskanal sondern oben auf der Faserschicht platziert. Das Verteilungsnetzwerk hat einen größeren übergreifenden Kreuzbereich als der Zuführkanal.

[0005] US-5 052 906 weist nicht die Verwendung eines Kerns auf, aber führt das Harz durch die Form zu einem Verteilungsnetzwerk, das Kreuzkanäle wie in etwa der Kreuzbereich aufweist. Ein Vakuum wird von der Außenseite des Aufbaus durch einen zweiten Verteilungskanal gezogen.

[0006] US-5 316 462 lehrt nicht die Verwendung eines Kerns. Außerdem wird das Harz durch den Beutel in ein Verteilungsnetzwerk oben auf dem Faseraufbau, durch welchen das Harz in die Form gezogen wird, eingeführt.

[0007] US-4902-215 weist die Verwendung eines Kerns auf, aber hat kein Verteilungsnetzwerk zwi-

schen der Oberfläche des Kerns und dem Faseraufbau. Außerdem führt der Zuführkanal das Harz durch eine Tasche zu dem Faseraufbau und durch den Faseraufbau zum Kern.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren nach Anspruch 1 zum Verteilen von Harz während der Herstellung einer Verbundstruktur, bei dem ein vakuumunterstütztes Harzspritzformungsverfahren (VA-RTM) und ein Verfahren nach Anspruch 23 verwendet werden. Die Verbundstruktur wird aus einem inneren Kern, welcher von faserverstärkendem Harz umgeben ist, gebildet. Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Harz direkt in ein Netzwerk von Hauptzuführkanälen, die durch eine Anzahl von kleineren Mikro-Rillen miteinander verbunden sind, die in die Oberfläche der inneren Kerne eingepasst sind, eingeführt. Von den Zuführkanälen und den Mikro-Rillen aus, fließt das Harz vom Kern nach außen, um durch die verstärkende Faser zu dringen. Bei einer zweiten Ausführungsform der Erfindung, greift ein getrenntes Verteilungsmittel zwischen dem inneren Kern und der Faserverstärkung ein. Das Harz wird unmittelbar einem oder mehreren Hauptzuführkanälen in der Kernoberfläche zugeführt und dringt über das Verteilungsmittel durch die verstärkende Faser hindurch. Auch die Hauptzuführkanäle können sich um den Kern herum ausdehnen, um so Versorgungsschleifen zu bilden, was die Imprägnierung unterschiedlicher Strukturelemente ermöglicht.

[0009] Bei einer weiteren Ausführungsform werden eine integrierte Vakuumtasche und eine Form aus einer strukturierten Platte aus Metall gebildet. Die Struktur wird durch eng aneinanderliegende erhobene Bereiche auf einer Seite der Platte gebildet, welche den Einkerbungen auf der anderen Seite der Platte entsprechen. Die eng aneinanderliegenden erhobenen Bereiche zeigen zwischen ihnen Täler auf, die ein Harzverteilungsnetzwerk bilden. Hauptzuführkanäle werden direkt in die Platte eingepasst. Die strukturierte Platte kann ebenso als Form, aus dem andere Werkzeuge gemacht werden, verwendet werden.

[0010] Mit diesem Verfahren können große Verbundstrukturen, die eine Vielzahl von Kernen erfordern, schneller als noch in Zeiten, in denen mit gewöhnlichem Vinylharz oder Polyester Harzen gearbeitet wurde, hergestellt werden und die Menge an benötigtem Harz kann minimiert werden. Durch unmittelbares Zuführen von Harz durch die Vakuumtasche in die Zuführkanäle, ist die Versorgung nicht auf eine Teilkante oder eine Einführmöglichkeit eines Werkzeugs beschränkt. Benachbarte Kerne können über einen einzelnen Harzeinlasskanal versorgt werden. Das Harzversorgungsnetzwerk kann in dem Endteil verbleiben, wodurch die Entfernung von Verteilungsmaterial unnötig wird. In diesem Fall werden

die Mikro-Rillen, nachdem sie hart geworden sind, mit Harz aufgefüllt, wodurch die Zwischenschichtdruckstärke und die Zwischenspaltenstärke erhöht werden. Strukturelle Eigenschaften wie Zwischenschichtbänder, Kompressionsnetze oder Strahlen können direkt während des Formungsprozesses in den zusammengesetzten Teil eingepasst werden. Weitere Ausführungsformen werden in den anschließenden Ansprüchen vorgetragen.

BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0011] Die Erfindung wird aufgrund der folgenden genauen Beschreibung, die im Zusammenhang mit den beigefügten Figuren gegeben wird, vollständig verständlich, wobei:

[0012] **Fig. 1** eine perspektivische Darstellung eines Kerns für eine Verbundstruktur nach einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0013] **Fig. 2** eine schematische perspektivische Darstellung einer Verbundstruktur ist, die nach der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebildet wird;

[0014] **Fig. 3** eine schematische perspektivische Darstellung einer weiteren Verbundstruktur ist, die nach der vorliegenden Erfindung gebildet wird;

[0015] **Fig. 4** eine perspektivische Darstellung einer Verbundstruktur ist, die nach der vorliegenden Erfindung gebildet wird;

[0016] **Fig. 5** eine perspektivische Darstellung eines weiteren Kerns für eine Verbundstruktur nach der vorliegenden Erfindung ist;

[0017] **Fig. 6** eine Seitenansicht eines Kerns für eine Verbundstruktur nach einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0018] **Fig. 7** eine schematische Querschnittsdarstellung einer Verbundstruktur ist, die nach der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gebildet wird;

[0019] **Fig. 8** eine schematische Querschnittsdarstellung einer Verbundstruktur ist, die unter Verwendung einer integrierten Form und einer Vakuumstruktur gebildet wird;

[0020] **Fig. 9** eine schematische Querschnittsdarstellung einer starren Form und eines flexiblen Deckels zum Bilden einer Verbundstruktur ist;

[0021] **Fig. 10** eine perspektivische Darstellung eines Kerns für eine Verbundstruktur ist, der mehrere Hauptzuführungskanäle hat.

[0022] **Fig. 11** eine schematische Querschnittsdarstellung einer integrierten Form und einer Vakuumtasche zum Bilden einer Verbundstruktur nach einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0023] **Fig. 12** eine perspektivische Darstellung einer Seite einer strukturierten Materialplatte ist, das die integrierte Form und die Vakuumtasche aus **Fig. 11** bildet; und

[0024] **Fig. 13** eine perspektivische Darstellung der anderen Seite der strukturierten Platte aus **Fig. 12**

ist.

GENAUE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0025] Ein großes Verbundteil, das nach der vorliegenden Erfindung hergestellt ist, beinhaltet, wie in **Fig. 1** gezeigt, einen Kern **12**. Der Kern ist aus einem Material hergestellt, das den Druck eines Vakuums unterstützen kann. Typische Materialien beinhalten Schaum, wie Polyhurethan oder Polyvinylchlorid, oder Balsaholz. Der Kern kann solide oder, wie bei geblasenem Polyethylen, hohl sein. Beton kann ebenfalls verwendet werden. Der Kern wird als rechteckiger Block gezeigt, obwohl andere Aufbauarten, wie weiter unten beschrieben, möglich sind.

[0026] In der Kernoberfläche **16** sind eine oder mehrere Hauptzuführillen oder ein oder mehrere Kanäle **14** vorgesehen. Die Hauptzuführille kann den gesamten Kern umkreisen, um so eine Schleife zu bilden. Für die Verbindung der Flüssigkeit mit der Hauptzuführille ist ein Harzverteilungsnetzwerk vorgesehen, welches in Berührung mit der Kernoberfläche steht und Kanäle mit einer kleineren Querschnittsfläche als die Hauptzuführillen aufweist.

[0027] Bei einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Harzverteilungsnetzwerk in Form von einer Vielzahl von Mikro-Rillen **18** vorgesehen, die in die Oberfläche **16** des Kerns **12**, wie in **Fig. 1** gezeigt, eingearbeitet sind. Die Mikro-Rillen **18** sind für gewöhnlich quer zur Hauptzuführille **14** angeordnet. Einige der Mikro-Rillen können den gesamten Kern umkreisen, um so eine Harzflussschleife zu bilden, die an der Hauptzuführille beginnt und endet. Die tatsächliche Verbindung der Mikro-Rillen mit der Hauptzuführille hängt von der Geometrie des Kerns und der Optimierung der Harz Imprägnierung ab, wie es weiter unten noch beschrieben werden wird.

[0028] Der Kern **14** mit dem Netzwerk von Rillen wird mit einer oder mehreren Schichten von Fasermaterial **20**, wie in **Fig. 2** schematisch dargestellt, bedeckt. Das Fasermaterial kann ein Tuch oder eine Matte, welche aus Glasfasern, Karbonfasern oder anderem passenden Material gebildet werden, sein. Abhängig von den strukturellen Anforderungen an das gewünschte Endprodukt, kann der Kern vollständig mit Fasermaterial umgeben werden, oder eine oder mehrere Oberflächen des Kerns können nicht mit Fasermaterial bedeckt werden. Das Fasermaterial kann in einer Platte um den Kern herum eingepackt werden oder einzelne Teile des Fasermaterials können auf den gewünschten Kernoberflächen angebracht werden. Die Faser kann sich auch in einer tubenförmigen Form befinden, in welche der Kern eingeführt wird.

[0029] Eine Vielzahl von faserumwickelten Kernen werden so angeordnet, dass sie das gewünschte Endprodukt bilden. Obwohl in **Fig. 2** nur zwei Kerne gezeigt sind, wird die tatsächliche Anzahl und Anordnung der Kerne durch das gewünschte Endprodukt

festgelegt. Eine oder mehrere Schichten des Fasermaterials können, wie schematisch in **Fig. 2** dargestellt, um eine Vielzahl von Kernen gewickelt werden, um eine äußere Haut zu bilden. Die spezielle Anzahl von Schichten des Fasermaterials, die Art und die Anordnung hängen von dem gewünschten Endprodukt ab und können von Fachmännern festgelegt werden. Eine Belastungsschicht ist für gewöhnlich in Form eines Streifens **23** vorgesehen, der sich von einer äußeren Faserschicht zu einem Vakuumauslaß **25** hin ausdehnt. Schalenschichten, wie sie beim herkömmlichen Vakuumverfahren erforderlich waren, sind bei dem Verfahren der vorliegenden Erfindung normalerweise nicht nötig.

[0030] Die Umgebung des Fasermaterials **24** oder das Fasermaterial zwischen den Kernen formt strukturierte Teile, wie Zwischenschichtbänder, Kompressionsnetze oder Strahlen. Beispielsweise wird eine Vielzahl von dreieckigen Kernen **40**, wie in **Fig. 4** gezeigt, zum Bilden eines Decks verwendet. Das Fasermaterial zwischen benachbarten dreieckigen Kernen bildet diagonale strukturierte Teile **41**, welche Druckkräfte als auch Beanspruchungskräfte unterstützen.

[0031] Während des Aufbaus werden geeignete Verbindungsfittings aus Kunststoff oder Kupferstückchen in der Hauptzuführille **14** platziert, um das folgende Einführen von Harzversorgungsröhren **28** zu erleichtern. Ein oder mehrere Verbindungsfittings können in jeder Hauptzuführille angeordnet sein, um so den gewünschten Harzfluss zu ermöglichen. Der Aufbau ist gegen eine Form **29** gelehnt und eine Vakuumtasche **30** wird dann über den Aufbau gelegt, welcher das Kunststoffverbindungsfitting beinhaltet, und mit der Form, wie in **Fig. 2** gezeigt, auf eine in der Fachwelt bekannte Weise verbunden wird. Die Vakuumtasche wird anschließend durchstoßen und Versorgungsröhren **28** werden durch die Vakuumtasche direkt in die jeweiligen Teile **26** eingeführt. Die Versorgungsröhren werden mit der Tasche fest verbunden um die Stabilität des Vakuums zu erhalten. Auf diese Weise werden die Hauptzuführillen direkt mit Harz durch Durchstechen der äußeren Vakuumtasche mit einer Versorgungsröhren, welche unmittelbar in die Rille eingeführt ist, versorgt.

[0032] Wie in **Fig. 8** gezeigt, können die Vakuumtasche und die Form auch in einer einzelnen Struktur **80** eingebaut sein, die einerseits starr genug ist, um ihre Form als Form erhalten zu können, und andererseits flexibel genug ist, um sich gegen den Teil, der unter Vakuum steht, zu lehnen. Zum Beispiel kann die integrierte Struktur **80** eine dünne Messstahlplatte, die 0,63 cm (0,25 Zoll) oder dünner ist, aufweisen. Die Kerne **82** und das Fasermaterial **85**, **86**, wie oben beschrieben, werden in der Stahlplatte eingewickelt. Durch die Platte werden Löcher gebohrt, um den Verbindungsfittings Zugang zu gewähren. Eine Harzimpregnierung erfolgt dann wie oben beschrieben. Die integrierte Struktur kann auch aus anderem geeigneten Material, wie beispielsweise aus Gummi oder Silikon oder aus einem anderen dünnen Verbundplat-

tenmaterial, wie mit Kunststoff überzogenem Metall, gebildet werden.

[0033] **Fig. 9** zeigt eine weitere Ausführungsform der Form, bei welcher eine starre Form **90** mit einem flexiblen Deckel **92** verbunden ist, welcher beispielsweise aus Stahl oder einem Kunststoffmaterial gebildet ist. Ein Teil, der die oben beschriebenen Kerne und Fasermaterialien beinhaltet, wird in dem Einschnitt **94** platziert, welcher durch die starre Form begrenzt ist. Der Deckel oder die Form sind mit Löchern versehen, um Verbindungsfittings für die Harzimpregnierung wie oben beschrieben Zugang zu gewähren. Während der Imprägnierung des Harz im Vakuum bewegt sich der Deckel am Rand der Vakuumrille, um die Komprimierung des Teils zu ermöglichen.

[0034] Das Harz, beispielsweise Polyester, Vinyl ester, Epoxdharz, Phenolharz, Acrylharz oder Bismaleimide, wandert relativ schnell durch die Hauptzuführille **14** und in die Mikro-Rillen **18**. Von den Mikro-Rillen durchdringt das Harz das Fasermaterial **20**, **22**. Eine Imprägnierung ergibt sich aus dem Harzguss, welcher auf der Kernoberfläche beginnt und nach außen zu dem äußeren Teil wandert. Das Fasermaterial bei benachbarten Kernoberflächen kam über einen Hauptzuführkanal in einem der benachbarten Kerne imprägniert werden, wie es in den **Fig. 3** und **4** angedeutet ist.

[0035] Der Querschnittsbereich des Hauptzuführkanals und der Querschnittsbereich und Abstand der Mikro-Rillen werden optimiert, um es dem Harz innerhalb einer geeigneten Zeit zu ermöglichen das gesamte Fasermaterial zu imprägnieren, ohne nicht imprägnierte Stellen übrig zu lassen. Eine gewöhnliche Hauptzuführille kann eine Tiefe von 0,5 Zoll (13 mm) und eine Breite von 0,5 Zoll (13 mm) für einen Querschnittsbereich von 0,25 Quadratzoll (161 mm²) aufweisen. Gewöhnliche Mikro-Rillen können eine Tiefe 0,125 Zoll (3,2 mm) und eine Breite von 0,125 Zoll (3,2 mm) für einen Querschnittsbereich von in etwa 0,016 Quadratzoll (10 mm²) haben. Die Mikro-Rillen können 1,0 Zoll (25 mm) vom Zentrum platziert sein. Diese Größen können verändert werden, um verstärkendem Fasermaterial unterschiedlicher Art und/oder Dicke zu entsprechen. Ebenso kann der Querschnittsbereich der Hauptzuführillen erhöht werden, wenn das Teil besonders groß ist, um so schneller das Harz in allen Bereichen des Teils zu verteilen. Ebenso können, wie in **Fig. 10** dargestellt, eine Vielzahl von Hauptzuführillen **14** in einem Kern **12** vorgesehen sein.

[0036] Außerdem kann der Querschnittsbereich der Hauptzuführillen oder der Mikro-Rillen verkleinert werden, um den Fluss einzuschränken und hierdurch die Aufenthaltszeit des Harz an einer bestimmten Stelle zu erhöhen. Die Aufenthaltszeit des Harz kann auch durch Platzieren einer Harz-"Sicherung" in der Zuführille erhöht werden, welche zeitweise den Harzfluss blockiert. Die Sicherung löst sich nach der Berührung mit dem Harz nach einem bestimmten bekannten Zeitraum wieder, dem die Länge der Siche-

zung zugrunde liegen könnte. Zum Beispiel wurde bei Vinylesterharz ein Styrolschaum erfolgreich verwendet. Die Zuführrillen können ebenso verwendet werden, um den Harzfluss umzuleiten.

[0037] Die Hauptzuführrillen **14** ermöglichen den Durchfluss von Harz von einem Kern zum benachbarten Kern. Durch die Kerne können Löcher gemacht werden, um Hauptzuführleitungen zu verbinden. Alle Hauptzuführleitungen können gleichzeitig mit Harz, wodurch parallele Kreisläufe entstehen, oder in vorgeschriebenen Sequenzen mit Harz, wodurch Serienkreisläufe entstehen, versorgt werden, was von der Geometrie und Größe des Teils, welches imprägniert werden soll, abhängt. Außerdem können die Hauptzuführrillen unabhängig voneinander sein, wodurch ebenfalls getrennt Kreisläufe entstehen.

[0038] Nach einem Imprägnieren, wird dem Harz ausreichend Zeit gegeben, um zu erhärten. Ist das Harz einmal hart, werden die Mikro-Rillen mit starrem Harz aufgefüllt. Dieses Harz verursacht einen seitliche Sperrmechanismus, wodurch die zwischen-schichtige Beanspruchungsstärke der Bänder zwischen dem faserverstärkten Verbund und dem Kern erhöht wird. Das Harz, welches in dem Rillennetzwerk verbleibt, erhöht auch die Kraft, welche nötig ist, um die faserverstärkten Häute vom Kern abzuspalten.

[0039] Die tatsächliche Anordnung und Form und Anzahl an Kernen hängt von dem gewünschten Endprodukt ab. Zum Beispiel sind in **Fig. 3** dreieckige Kerne gezeigt. Die dreieckigen Kerne können Hauptzuführrillen **42** haben, die in zumindest zwei Oberflächen vorgesehen sind. Ein zentraler dreieckiger Kern **44** kann in drei Oberflächen Hauptzuführkanäle haben. Mikro-Rillen sind in der Oberfläche wie oben bereits beschrieben vorgesehen. Eine Vielzahl von dreieckigen Kernen kann beispielsweise in einer Reihe angeordnet sein, um so ein Deck zu bilden. Bei diesem Beispiel wird Harz, welches durch die Röhren **46** zugeführt wird, in Sequenzen imprägniert, was bei dem zentralen Kern beginnt und zu den Rändern hin fortschreitet, wie in **Fig. 4** durch den schattigen Bereich **48** angedeutet.

[0040] In **Fig. 5** ist ein bogenförmiger Kern **50** gezeigt. Der bogenförmige Kern **50** kann eine Hauptzuführrinne **52** in einer Oberfläche haben und ein Netzwerk von Mikro-Rillen **54** aufweisen, das vom Zuführkanal ausstrahlt, um den Kern zu umkreisen. Der bogenförmige Kern kann verwendet werden um kurvige Strukturen, wie die von Bootsrümpfen oder Bögen, zu bilden.

[0041] Bei einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie in den **Fig. 6** und **7** gezeigt, ist ein Kern **60** mit einem Hauptzuführkanal, wie oben bereits beschrieben, vorgesehen. Ein Verteilungsmittel **64** ist dann neben den Kernflächen vorgesehen. Das Mittel weist ein Netzwerk offener Durchgänge auf, die von einer Struktur gebildet werden, die fähig ist, die Durchgänge offen zu halten, während das Vakuum gebildet wird. Beispielsweise könnte das Mittel

kreuzende Filamente aufweisen, die durch säulen-ähnliche Teile, die sich an jeder Kreuzung befinden, durch eine netzartige Struktur ausgerichteter Streifen oder durch ein offenes gewobenes Material in einem verhältnismäßigen Abstand von der Kernoberfläche gehalten werden. Geeignete Verteilungsmittel sind zum Beispiel aus dem US-Patenten Nr. 4,902,215 und 5,052,906 bekannt, welche hiermit durch Verweis mit aufgenommen werden. Ein Fasermaterial wird, wie oben bereits beschrieben, anschließend um das Verteilungsmittel herumgewickelt. Wie oben bereits beschrieben, sind eine Vielzahl von Kernen so angeordnet, dass sie das gewünschte Endprodukt bilden und eine Vakuumasche wird auf die Kerne und das Fasermaterial gelegt. Harzversorgungsrohren **70**, welche von einer Harzquelle kommen, werden durch die Tasche **68** und das Fasermaterial **66** in die Teile in der Hauptzuführrinne **62** eingeführt. Die Versorgungsrohre werden mit der Vakuumasche verbunden, wie es in der Fachwelt bekannt ist. Harz wird durch die Versorgungsrohre zu der Hauptzuführleitungen geleitet. Das Harz wandert verhältnismäßig schnell durch die Hauptzuführrinne und in das Verteilungsmittel. Von dem Verteilungsmittel aus durchdringt das Harz das Fasermaterial. Ein geeigneter Zeitraum ist vorgesehen, um es dem Harz zu erlauben zu erhärten.

[0042] Ein Harzverteilungsmittel stellt eine einheitlichere Harzfließfläche als die Mikro-Rillen dar. Aus diesem Grund wird ein Harzverteilungsmittel für gewöhnlich für kompliziertere Teil bevorzugt, wohingegen Mikro-Rillen bevorzugt werden um Harz aufzuheben, da weniger Harz durch die Mikro-Rillen fließt.

[0043] Bei einer weiteren Ausführungsform, die in **Fig. 11** dargestellt ist, sind eine Vakuumasche und eine Form in einem einzelnen Werkzeug **102** eingepasst, das aus einer strukturierten Platte **104** aus Metall, wie beispielsweise einer dünnen Messstahlplatte, gebildet ist. Die Platte ist starr genug, um seine Form als Form zu erhalten, aber gleichzeitig flexibel genug, um zusammenzubrechen oder gegen den Teil unter dem Vakuum, welches wie weiter unten beschrieben während dem Harzimprägnationsverfahren gebildet wird, gezogen zu werden. Eine Plattendicke von 0,25 Zoll (6,4 mm) wurde als geeignet empfunden. Ein Kunststoff oder ein Verbundmaterial, wie zum Beispiel ein Metall und ein Kunststoffüberzug, welche als eine strukturierte Platte geformt sind, können ebenfalls verwendet werden.

[0044] Vorzugsweise wird die Struktur durch eng aneinanderliegende erhobene Bereiche **108** auf einer Seite der Platte **104** gebildet, welche den Einkerbungen **106** auf der anderen Seite der Platte entsprechen. Die eng aneinanderliegenden erhobenen Bereiche **108** zeigen zwischen ihnen Täler **110** auf, die ein Harzverteilungsnetzwerk bilden. Zum Beispiel können die erhobenen Bereiche eine gewöhnliche sechseckige Form haben, die die längste Größe von zwischen 3/8 Zoll (95 mm) und 7/16 Zoll (11 mm) aufweist. Ein Tiefe eines Tals von in etwa 30 tausendstel

eines Zolls (0,76 mm) wurde als geeignet empfunden. Eine so strukturierte Platte ist einfach zu formen und kommerziell von Ardmore Textured Metal of Edison, New Jersey erhältlich. Alternative kann, wenn gewünscht, die Struktur auf einer einzelnen Seite der Platte gebildet werden, indem den erhobenen Bereichen keine Einkerbungen auf der anderen Seite entsprechen.

[0045] Die Platte wird in das gewünschte Design einer Form **112** gebracht, die einen Formhohlraum **118** mit erhobenen Bereichen der Platte aufweist, die die innere Wand des Hohlraums ausmachen, und dadurch gegenüber dem Teil liegen, der imprägniert werden soll. Hauptzuführrihren **114** werden, anstatt wie oben beschrieben nicht in die Kerne, sondern direkt an den gewünschten Stellen der Platte **114** eingefügt. Die Hauptzuführrihren können die bereits oben beschriebenen Größen haben. Vakuumauslaßkanäle **116** werden um den Werkzeugumfang herum gebildet.

[0046] Um ein Verbundteil zu bilden, wird ein Faseraufbau innerhalb des Hohlraums **118** platziert, der an den strukturierten Oberflächen des Werkzeugs angrenzt, und das Werkzeug wird mit einem Klebeband oder einer in Fachkreisen bekannten Verschluss versiegelt. Eine Schalenschicht kann verwendet werden, wenn die Struktur nicht auf dem Teil erhalten werden soll. Alternativ kann eine Schalenschicht auch weggelassen werden, wenn gewünscht wird, die Struktur auf der Oberfläche des Teils zu erhalten. Durch Bilden der Struktur auf dem Teil, wird dem Teil noch mehr Härte zugeführt und kann auch aus ästhetischen Gründen erwünscht sein. Der Faseraufbau kann Kerne enthalten, welche mit Fasermaterial wie oben bereits beschrieben, umwickelt sind. Verbindungsfittings werden in die Hauptzuführrihren über kleiner Löcher, die wie oben bereits beschrieben in die Platte eingefügt werden, eingeführt. In dem Inneren des Werkzeugs wird ein Vakuum gebildet und die Platte aus strukturiertem Material wird zu dem Faseraufbau gezogen, so dass sie daran angrenzt und die oberen Enden des erhobenen Bereichs mit dem Faseraufbau in Berührung kommt, wobei aber die Täler offen bleiben, um so ein Netzwerk aus engen, miteinander verbundenen Durchgängen zu bilden, durch welche das Harz fließen kann. Unter Vakuum wird das Harz zuerst in die Hauptzuführrihren und dann in die Täler gelenkt. Von den Tälern aus, kann das Harz das Fasermaterial vollständig imprägnieren und fließt schließlich zu den Vakuumauslaßkanälen, welche um den Umfang gebildet sind. Dem Harz wird genügend Zeit gegeben, um zu erhärten. Nach dem Erhärten wird der Teil von dem Werkzeug entfernt.

[0047] Bei einer alternativen Ausführungsform, kann die strukturierte Platte in Verbindung mit einer herkömmlichen Form als Deckel verwendet werden. Der Faseraufbau ist gegen die Formoberfläche gelehnt. Die strukturierte Platte wird über den Faseraufbau gelegt und in geeigneter Weise mit der Form verbunden. Zusätzliches Harzverteilungsmittel kann ne-

ben der herkömmlichen Formoberfläche erforderlich sein. Die Harzimprägnierung erfolgt wie oben beschrieben.

[0048] Die strukturierte Platte kann auch als Hauptform für Herstellung von Werkzeugen aus anderen Materialien, wie Keramik, verwendet werden. Das Werkzeug wird dann als eine Form für das Harzimprägnierungsverfahren verwendet. In diesem Fall wird die Platte als Negativ des Werkzeugs verwendet; das heißt, dass die Seite der Platte, die die Einkerbungen hat zur Herstellung des Werkzeugs verwendet wird. Das entstehende Werkzeug hat den Aufbau der erhöhten Bereiche, die durch Täler getrennt sind, welche, wie oben beschrieben, ein Mittel zur Harzverteilung. Eine Keramikform beugt sich gewöhnlich nicht, um gegen den unter Vakuum stehenden Teil zu drücken. In diesem Fall wird, wie es in der Fachwelt bekannt ist, eine extra Vakuumtasche in Verbindung mit der Form verwendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildung einer Verbundstruktur, mit den folgenden Schritten:

– Vorsehen eines Kerns mit einer Umfangsfläche und einem Zuführkanal, der über wenigstens einem Teil der Umfangsfläche des Kerns liegend ausgebildet ist, wobei der Zuführkanal eine erste Querschnittsfläche aufweist;

– Vorsehen eines Harzverteilungsnetzwerks neben wenigstens einem Bereich der Kernumfangsfläche und in Fluidverbindung mit dem Zuführkanal auf der Kernumfangsfläche, wobei das Harzverteilungsnetzwerk ein Netzwerk aus mehreren Verteilerkanälen nahe der Umfangsfläche des Kerns aufweist, die sich vom Zuführkanal aus erstrecken, wobei jeder der Verteilerkanäle eine zweite Querschnittsfläche hat, die kleiner als die erste Querschnittsfläche des Zuführkanals ist;

– Bedecken wenigstens eines Teils des Kerns und des Harzverteilungsnetzwerks mit einem Fasermaterial;

– Vorsehen einer Formungsstruktur, wobei wenigstens ein erster Teil der Formungsstruktur eine Form und wenigstens ein weiterer Teil der Formungsstruktur einen flexiblen Teil aufweist, der unter Vakuum gegen einen benachbarten Bereich des Kerns faltbar ist;

– Abdichten des abgedeckten Kerns und des Fasermaterials in der Formungsstruktur;

– Verbinden einer Quelle ungehärteten Harzes unmittelbar mit dem Zuführkanal durch die Formungsstruktur;

– Verbinden des Innenraums der Formungsstruktur mit einem Vakuumauslaß;

– Drücken des ungehärteten Harzes zunächst durch den Zuführkanal und das Harzverteilungsnetzwerk zu dem Vakuumauslaß, um den Innenraum der Formungsstruktur zwischen dem Kern und der Formungsstruktur zum Imprägnieren des Fasermaterials

zu füllen;

- wobei der Zuführkanal und das Verteilungsnetzwerk derart bemessen und angeordnet sind, daß sie ein im wesentlichen vollständiges Füllen des den Kern bedeckenden Fasermaterials mit dem ungehärteten Harz vor dem Aushärten ermöglichen; und
- Aushärten des Harzes zur Bildung einer Verbundstruktur.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Harzverteilungsnetzwerk ein Netzwerk von Rillen aufweist, die sich von dem Zuführkanal aus erstreckend in der Oberfläche des Kerns ausgebildet sind, wobei die Rillen eine kleinere Querschnittsfläche haben als der Zuführkanal.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Rillen quer zum Zuführkanal angeordnet sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem wenigstens ein Teil der Rillen den Kern umgrenzen, um eine Schleife zu bilden, die am Zuführkanal beginnt und endet.

5. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem Schritt des Anordnens wenigstens eines Verbindungsittings in dem Zuführkanal vor dem Bedecken des Kerns und des Harzverteilungsnetzwerks mit einem Fasermaterial.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem der Schritt des Verbindens der Quelle ungehärteten Harzes mit dem Kanal das Bilden eines Lochs in der Formungsstruktur an dem Verbindungsfitting und das Einführen eines Versorgungsschlauchs von der Quelle in den Verbindungsfitting umfaßt.

7. Verfahren nach Anspruch 1, ferner mit dem Vorsehen mehrerer Kerne, von denen jeder eine Umfangsfläche und einen in der Umfangsfläche ausgebildeten Zuführkanal, der sich über die Länge des Kerns erstreckt, aufweist, und dem Anordnen der Kerne nebeneinander zur Bildung eines gewünschten Fertigteils.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Kerne nebeneinander angeordnet werden, wobei jeder der Zuführkanäle im wesentlichen ausgerichtet ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, ferner mit dem Schritt des Bedeckens der nebeneinander angeordneten Kerne mit einem weiteren Fasermaterial vor dem Schritt des Anordnens in der Form.

10. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Formungsstruktur ein dünnes Stahlblech aufweist.

11. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Formungsstruktur eine starre Form und einen flexiblen Beutel aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Formungsstruktur einen Gummibeutel aufweist.

13. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Formungsstruktur einen Silikonbeutel aufweist.

14. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Formungsstruktur ein dünnes Verbundbahnmaterial aufweist.

15. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Zuführkanal und das Verteilungsnetzwerk derart bemessen und angeordnet sind, daß sie ein vollständiges Füllen des den Kern bedeckenden Fasermaterials mit dem Harz vor dem Aushärten ermöglichen.

16. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Kern ein Schaummaterial aufweist.

17. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Kern Balsaholz aufweist.

18. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Kern Beton aufweist.

19. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Kern einen Block mit im wesentlichen rechteckigem Querschnitt aufweist.

20. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Kern einen Block mit im wesentlichen dreieckigem Querschnitt aufweist.

21. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Kern einen Block mit einer gebogenen Seite aufweist.

22. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mehrere Zuführkanäle über zumindest einem Teil der Umfangsfläche des Kerns liegend ausgebildet sind.

23. Verfahren zum Bilden einer Verbundstruktur, mit den folgenden Schritten:

- Vorsehen eines Kerns mit einer Umfangsfläche und einem Zuführkanal, der über wenigstens einem Teil der Umfangsfläche des Kerns liegend ausgebildet ist;
- Vorsehen eines Harzverteilungsnetzwerks neben wenigstens einem Bereich der Kernumfangsfläche und in Fluidverbindung mit dem Zuführkanal auf der Kernumfangsfläche;
- Anordnen wenigstens eines Verbindungsittings in dem Zuführkanal;
- Bedecken wenigstens eines Teils des Kerns und des Harzverteilungsnetzwerks mit einem Fasermaterial;
- Anordnen des bedeckten Kerns in eine Form;
- Abdichten des bedeckten Kerns gegenüber der Form in einem Beutel;
- Verbinden einer Quelle ungehärteten Harzes unmittelbar mit dem Zuführkanal durch den Beutel;
- Verbinden des Innenraums des Beutels mit einem

Vakuumauslaß;

– Drücken eines erheblichen Teils des ungehärteten Harzes durch den Zuführkanal und aus dem Zuführkanal zu dem Harzverteilungsnetzwerk und von dem Harzverteilungsnetzwerk durch das Fasermaterial und anschließend zum Vakuumauslaß, um das Fasermaterial vom Kern aus nach außen in Richtung der Form und des Beutels zu imprägnieren; und
– Aushärten des Harzes zur Bildung einer Verbundstruktur.

24. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem das Harzverteilungsnetzwerk ein Netzwerk von Rillen aufweist, die sich von dem Zuführkanal aus erstreckend in der Oberfläche des Kerns ausgebildet sind, wobei die Rillen eine kleinere Querschnittsfläche haben als der Zuführkanal.

25. Verfahren nach Anspruch 24, bei dem die Rillen quer zum Zuführkanal angeordnet sind.

26. Verfahren nach Anspruch 24, bei dem wenigstens ein Teil der Rillen den Kern umgrenzen, um eine Schleife zu bilden, die am Zuführkanal beginnt und endet.

27. Verfahren nach Anspruch 24, ferner mit dem Schritt des Anordnens wenigstens eines Verbindungsittings in dem Zuführkanal vor dem Bedecken des Kerns und des Harzverteilungsnetzwerks mit einem Fasermaterial.

28. Verfahren nach Anspruch 27, bei dem der Schritt des Verbindens der Quelle ungehärteten Harzes mit dem Kanal das Punktieren des Beutels an dem Verbindungsfitting und das Einführen eines Versorgungsschlauchs von der Quelle in den Verbindungsfitting umfaßt.

29. Verfahren nach Anspruch 27, ferner mit dem Vorsehen mehrerer Kerne, von denen jeder eine Umfangsfläche und einen in der Umfangsfläche ausgebildeten Zuführkanal, der sich über die Länge des Kerns erstreckt, aufweist, um dem Anordnen der Kerne nebeneinander zur Bildung eines gewünschten Fertigteils.

30. Verfahren nach Anspruch 29, bei dem die Kerne nebeneinander angeordnet werden, wobei jeder der Zuführkanäle im wesentlichen ausgerichtet ist.

31. Verfahren nach Anspruch 29, ferner mit dem Schritt des Bedeckens der nebeneinander angeordneten Kerne mit einem weiteren Fasermaterial vor dem Schritt des Anordnens in der Form.

32. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem der Zuführkanal und das Verteilungsnetzwerk derart bemessen und angeordnet sind, daß sie ein vollständi-

ges Füllen des den Kern bedeckenden Fasermaterials mit dem Harz vor dem Aushärten ermöglichen.

33. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem der Kern ein Schaummaterial aufweist.

34. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem der Kern Balsaholz aufweist.

35. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem der Kern Beton ausweist.

36. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem der Kern einen Block mit im wesentlichen rechteckigem Querschnitt aufweist.

37. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem der Kern einen Block mit im wesentlichen dreieckigem Querschnitt aufweist.

38. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem der Kern einen Block mit einer gebogenen Seite aufweist.

39. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem mehrere Zuführkanäle über zumindest einem Teil der Umfangsfläche des Kerns liegend ausgebildet sind.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

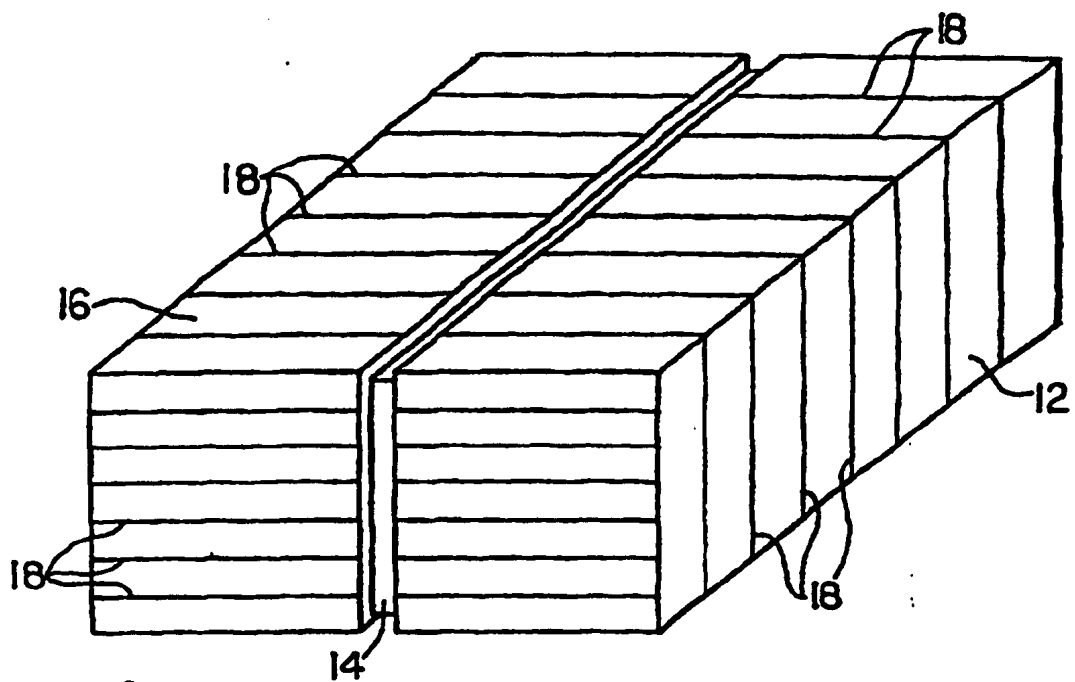


FIG. 1

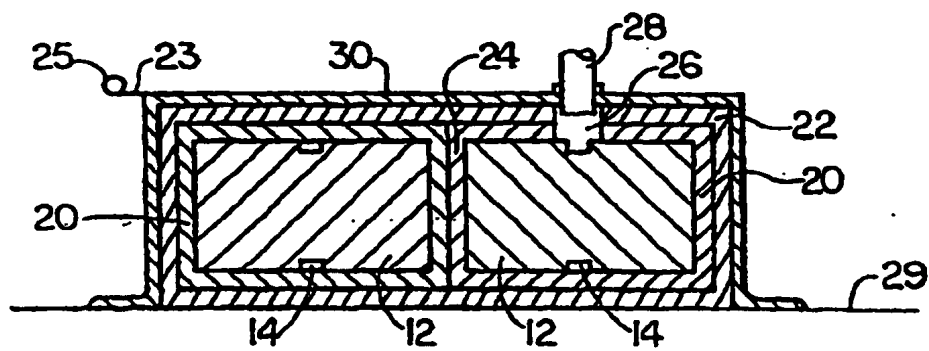


FIG. 2

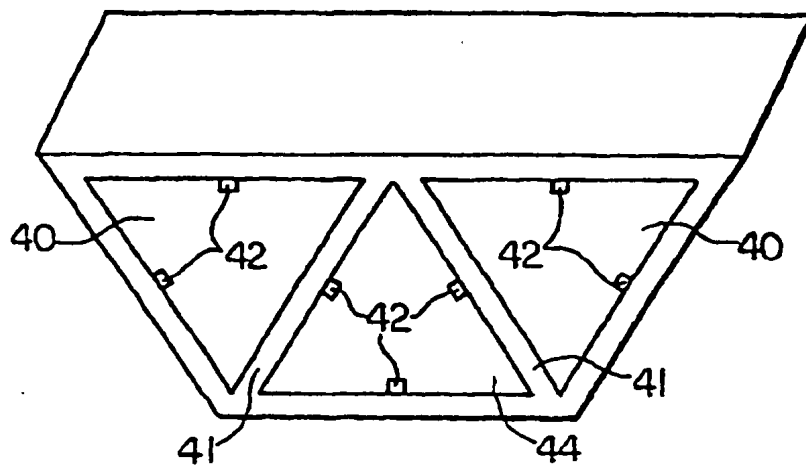


FIG. 3

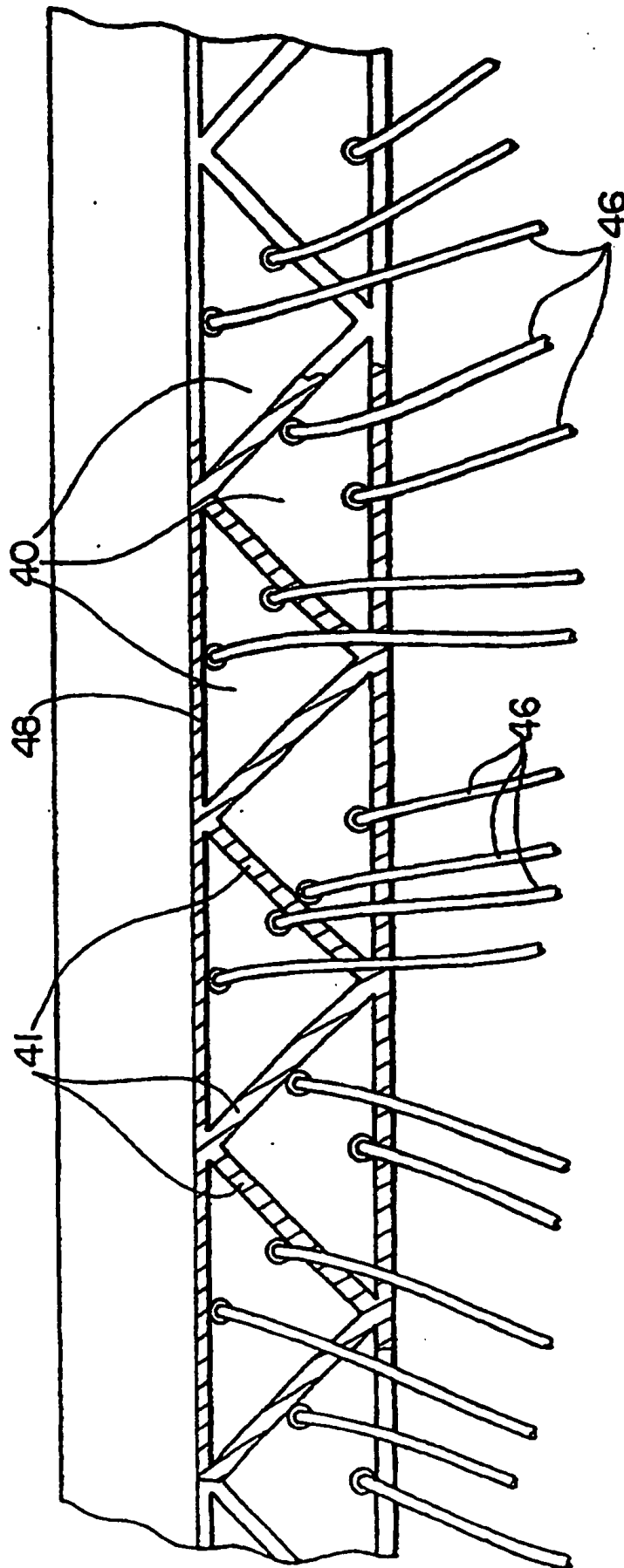


FIG. 4

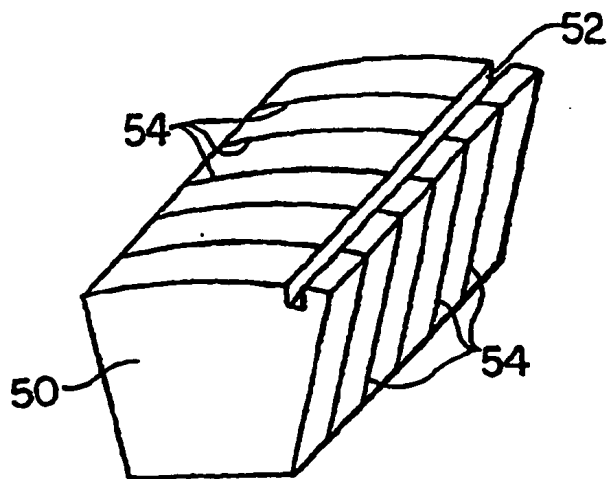


FIG. 5

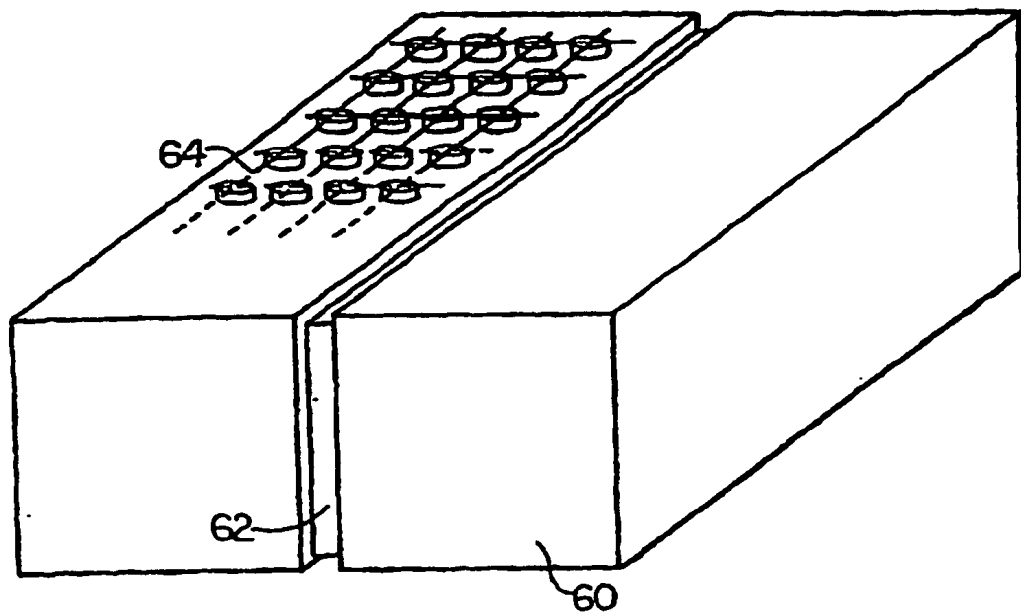


FIG. 6

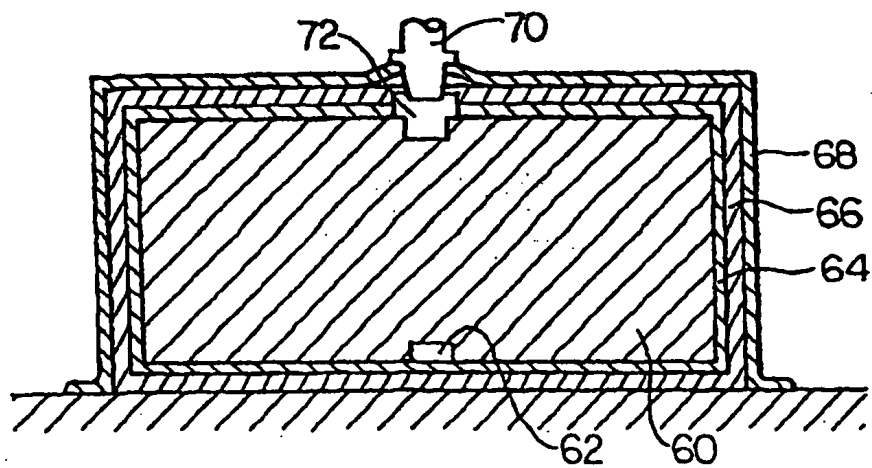


FIG. 7

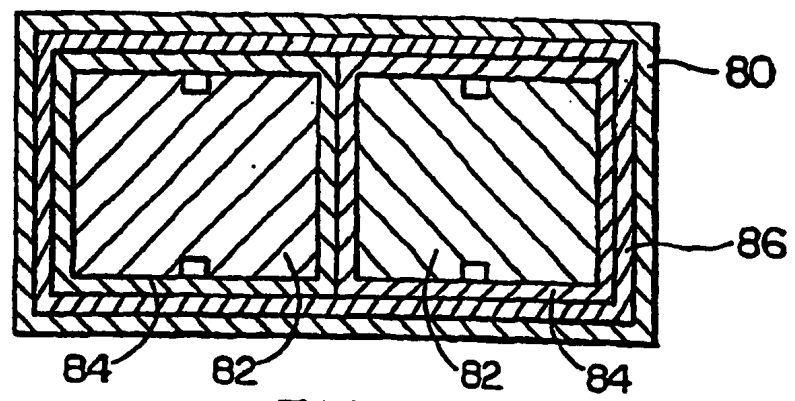


FIG. 8

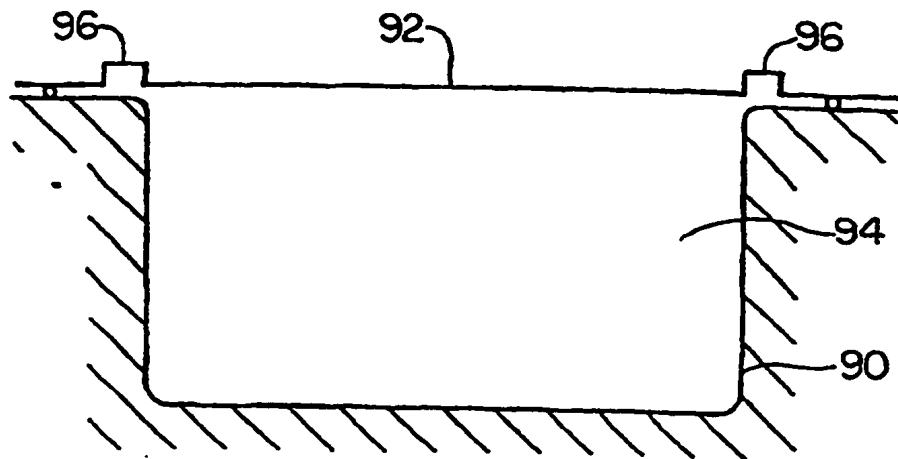


FIG. 9

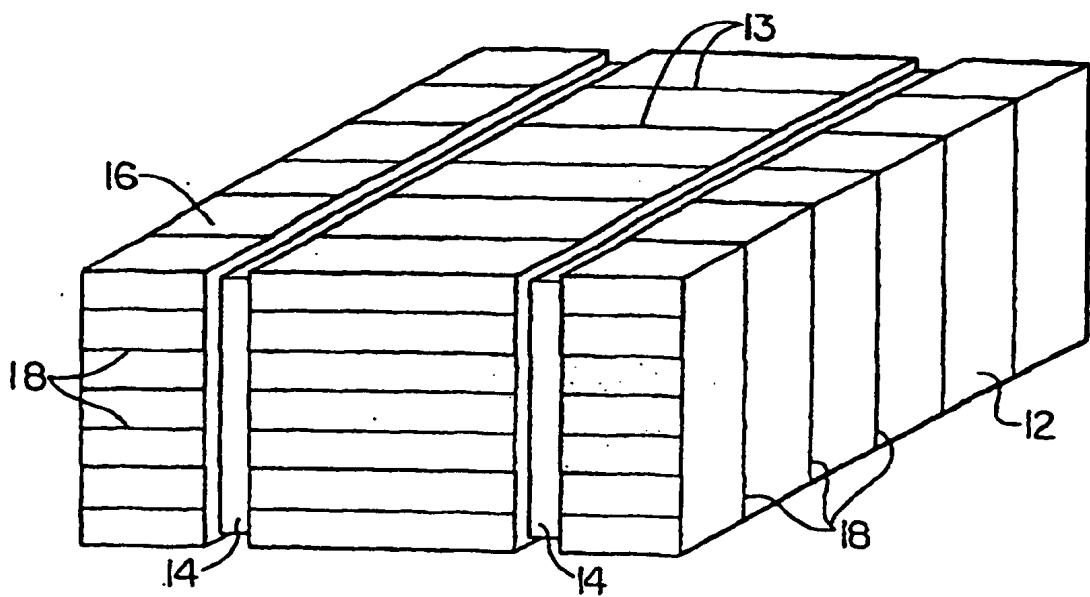


FIG. 10

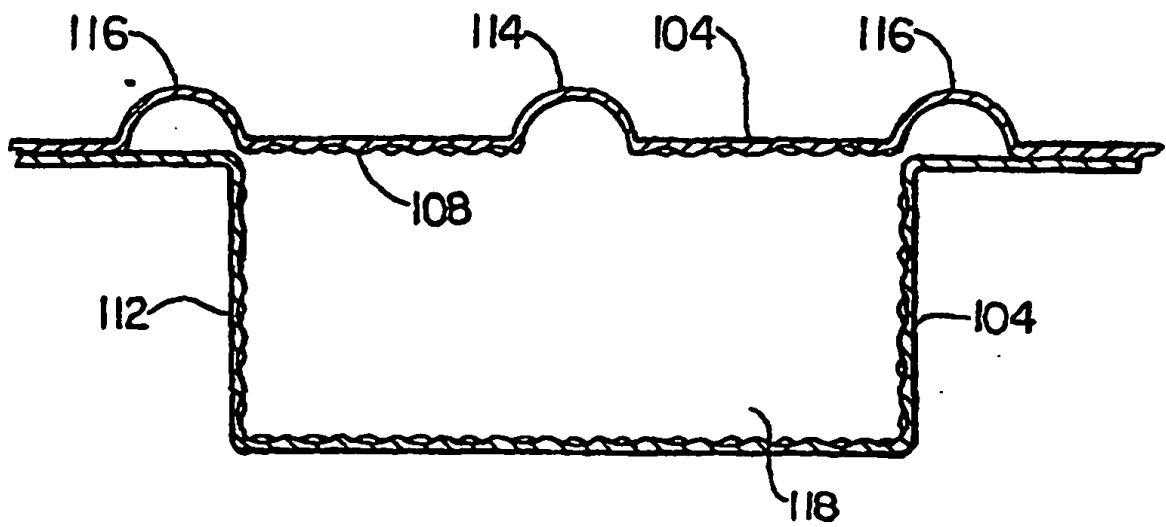


FIG. 11

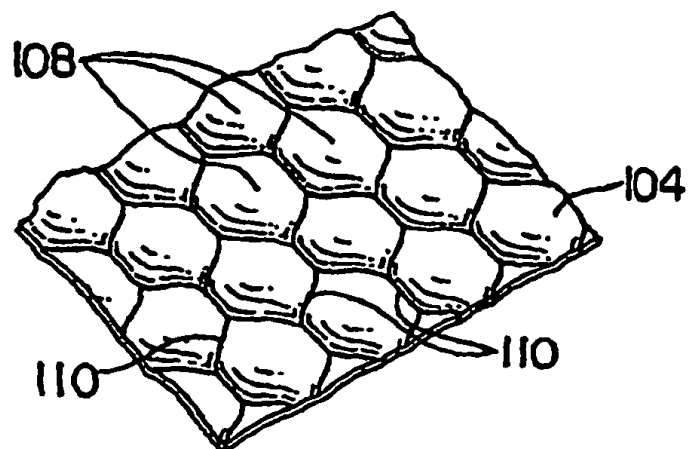


FIG. 13

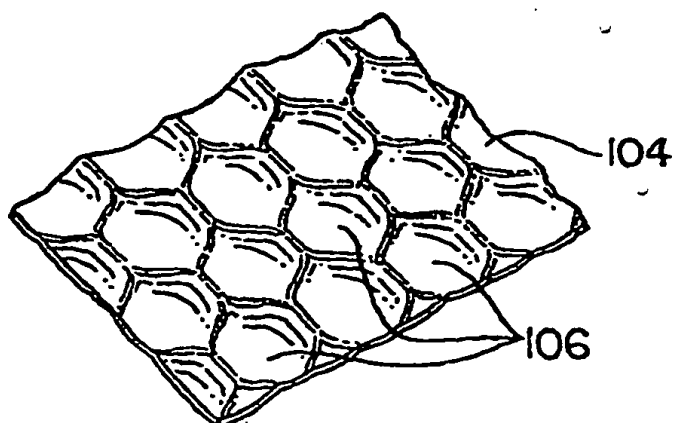


FIG. 12