



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 18 969 T2 2006.03.23

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 237 711 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 18 969.4

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/EP00/12781

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 989 982.4

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 01/043952

(86) PCT-Anmeldetag: 13.12.2000

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 21.06.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 11.09.2002

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 23.03.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 23.03.2006

(51) Int Cl.⁸: **B29C 70/88 (2006.01)**
B29C 70/26 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

99204340	15.12.1999	EP
99204338	15.12.1999	EP
99204339	15.12.1999	EP

(73) Patentinhaber:

N.V. BEKAERT S.A., Zwevegem, BE

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(72) Erfinder:

BOESMAN, Peter, B-9820 Merelbeke, BE; DE
CLERCQ, Elsie, B-9620 Zottegem, BE; VAN GIEL,
Frans, B-8500 Kortrijk, BE

(54) Bezeichnung: STÜTZSTRUKTUR FÜR VERBUNDBAUTEILE

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 eingelebt, 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] Die Erfindung betrifft eine Stützstruktur, die Metallelemente umfaßt, und die Verwendung solch einer Stützstruktur zur Verstärkung von steifen Verbundartikeln. Die Erfindung betrifft ferner steife Verbundartikel und ein Verfahren zur Herstellung von steifen Verbundartikeln.

STAND DER TECHNIK

[0002] Stützstrukturen zur Verstärkung von Polymerartikeln sind bekannt. Zur Verstärkung von Polymermatrizen werden oft Glasfasern oder C-Fasern verwendet, die zusammen einen verstärkten, eventuell geformten Gegenstand ergeben. Während der Formungsprozesse werden die Biegeeigenschaften der Polymermatrix negativ beeinflußt, da die Stützstrukturen schwer dehnbar sind.

[0003] Oft werden Metallfäden oder -fasern in Verbundwerkstoffe integriert, um einen Werkstoff zu erhalten, das gegen elektromagnetische Beeinflussung abgeschirmt ist. Aufgrund der elektromagnetischen Anforderungen werden Metallfäden oder -fasern mit feinen Durchmessern von 100 µm oder weniger benutzt. Ein Beispiel dafür ist in US5089326 zu finden. Im Stand der Technik ist bekannt, daß der Zusatz von feinen Metallfasern oder Fäden mit allgemein weniger als 100 µm (Durchmesser) die Festigkeit des Verbundwerkstoffs nicht erhöht.

[0004] Auch Metalldrähte oder Metalldraht-Textil-Gewebe sind als Stützstrukturen bekannt, z.B. aus EP-A-0109505, FR1290278, EP234463A1, EP546962A1 oder EP392904A1. Um die Verformbarkeit des Verbundwerkstoffs zu erhöhen, werden Metalldrähte bevorzugt als Gestrick vorgesehen.

[0005] In [Fig. 4](#) von EP-A-0109505 wird ein gestricktes Metallgewebe mit im wesentlichen parallelen Metalldrähten (gezeigt). Aufgrund ihres Vorhandenseins in diesem gestrickten Metalldrahtgewebe weisen diese Metalldrähte alle nur eine strukturelle Verformung auf.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Stützstruktur, die Metallelemente umfaßt. Die Stützstruktur kann zur Herstellung von steifen Verbundartikeln verwendet werden, die ferner eine Polymermatrix umfassen.

[0007] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung einer Stützstruktur, die Metallelemente umfaßt, wobei alle Metallelemente im wesentlichen parallel zueinander liegen, die im Vergleich zu den bekannten Drähten oder Drahtgeweben bessere Biegeeigenschaften aufweist, und die eine Alternative zu den gestrickten Drahtstrukturen darstellt.

[0008] Eine erfindungsgemäßige Stützstruktur umfaßt Metallelemente, die in der Stützstruktur alle im wesentlichen parallel zueinander liegen, wobei jedes der Metallelemente strukturell verformt ist. Mit „im wesentlichen parallel“ ist gemeint, daß aufgrund der Beschaffenheit der Metallelemente der Abstand zwischen benachbarten Metallelementen nur geringfügig abweichen kann.

[0009] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind unter Metallelementen Metalldrähte, z.B. gezogene Metalldrähte, ein Metalldrahtbündel, Metalllitzen oder Metallseile zu verstehen.

[0010] Erfindungsgemäß werden die Biegeeigenschaften der Stützstruktur verbessert, indem Metallelemente in die Stützstruktur integriert werden, die eine Bruchdehnung von mehr als 3% im Vergleich zur Anfangslänge aufweisen. Diese Bruchdehnung kann sogar mehr als 5% oder mehr als 7%, z.B. mehr als 10% und noch bevorzugter mehr als 15% betragen.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Dehnung durch Verwendung eines Metallelements erreicht, das strukturelle Verformungen aufweist. Solch eine strukturelle Verformung kann eine unregelmäßige Form haben, z.B. mit einer Wellenlänge und/oder Amplitude gewellt sein, die über der Länge des Metallelements hinweg variiert. Bevorzugt sind die Metallelemente aber auf eine regelmäßige Weise gewellt, mit Parametern, die über die ganze Länge des Metallelements hinweg konstant sind.

[0012] Die strukturellen Verformungen sind Welligkeiten. Dem Metallelement, das ein Draht, eine Litze oder

ein Seil ist, wird eine Form verliehen, die eine Wellenlänge und eine Amplitude aufweist. Dieses gewellte Metallelement ist im wesentlichen in einer Ebene enthalten, die parallel zur Achse des Metallelements liegt.

[0013] Wenn das Metallelement gewellt ist, wobei diese Welligkeit die strukturelle Verformung darstellt, führt die Entfernung der strukturellen Verformung des Metallelements während des Formungsprozesses zu einer elastischen Dehnung, einer plastischen Dehnung oder einer Kombination aus beiden, des Metallelements, die hauptsächlich von der Wellenlänge der Welligkeit abhängt.

[0014] Wenn eine kleine Wellenlänge verwendet wird, z.B. kleiner als 3 mm, ist eine höhere Kraft erforderlich, um das Metallelement so zu dehnen, daß die strukturelle Verformung nach der elastischen und plastischen Dehnung des Metallelements unter Last beseitigt wird, als sei keine strukturelle Verformung vorhanden. Die Entfernung dieser strukturellen Verformung führt zu einer hauptsächlich plastischen Dehnung des Metallelements. Wenn das Metallelement losgelassen wird, kehrt das Metallelement nicht in seine ursprünglich gewellte Form zurück, sondern bleibt in gewissem Umfang gedeht.

[0015] Wenn eine längere Wellenlänge verwendet wird, z.B. mehr als 3 mm oder sogar mehr als 4,5 mm, genügt eine niedrigere Kraft, um das Metallelement so zu strecken, daß die strukturelle Verformung in gewissem Maße beseitigt wird. Dies führt zu einer hauptsächlich elastischen Dehnung des Metallelements, die zur elastischen Dehnung des Metallelements unter niedriger Kraft hinzugefügt wird, als sei keine strukturelle Verformung vorhanden. Wenn das Metallelement losgelassen wird, kehrt das Metallelement annähernd zu seiner ursprünglichen gewellten Form zurück. Wenn höhere Kräfte angelegt werden, ist nach der Entfernung der verbleibenden strukturellen Verformung eine plastische Dehnung des Metallelements selbst vorhanden.

[0016] Die Dehnung der Metallelemente, die mit einer langen Wellenlänge gewellt sind, kann mehr als 0,3%, z.B. mehr als 0,4%, oder sogar mehr als 0,5%, bevorzugt mehr als 1% oder mehr betragen, wenn eine Kraft von 10% der Kraft beim Bruch des Metallelements angelegt wird.

[0017] Es versteht sich, daß die Dehnung aufgrund der Entfernung der strukturellen Verformung entweder elastisch, plastisch oder eine Kombination aus einer elastischen und einer plastischen Dehnung sein kann, abhängig von der Wellenlänge oder Länge, die angewandt wird, um eine Drehung von 360° durchzuführen.

[0018] Metallelemente, die Bestandteil einer erfindungsgemäßen Stützstruktur sind, können mehr als eine strukturelle Verformung aufweisen, die sich überlagernde Welligkeiten sind.

[0019] Wenn ein Metallelement mit zwei strukturellen Verformungen, die zwei Welligkeiten sind, wovon die erste eine große Wellenlänge und die zweite eine kleine Wellenlänge aufweist, einer Dehnungskraft F ausgesetzt wird, wird ein Spannungsdehnungsdiagramm erhalten, das verschiedene aufeinanderfolgende Zonen umfaßt, die durch Kräfte F1, F2, F4 und F4 ($F_1 < F_2 < F_4 < F_4$) begrenzt werden.

[0020] Wenn eine Kraft F angelegt wird, die kleiner als F1 ist, wird eine elastische Dehnung erhalten. Wenn eine Kraft F angelegt wird, die größer als F1, aber kleiner als F2 ist, wird eine zusätzliche, im wesentlichen plastische Dehnung hinzugefügt. Diese Dehnungen sind durch die hauptsächliche Entfernung der strukturellen Verformung mit großer Wellenlänge zu erklären.

[0021] Wenn die Kraft F auf ein Niveau zwischen F2 und F3 erhöht wird, ist die zusätzliche Dehnung wieder hauptsächlich elastisch. Wenn F auf ein Niveau zwischen F3 und F4 erhöht wird, wird die Dehnung in dieser Zone hauptsächlich plastisch, bis der Bruch bei F4 auftritt. Diese zwei letzteren Dehnungen sind hauptsächlich durch die Entfernung der strukturellen Verformung mit kurzer Wellenlänge zu erklären, und durch die plastische Verformung des Metallelements ohne strukturelle Verformung bis zum Bruch.

[0022] Die Kräfte F1, F2 und F3, bei denen die Dehnung von elastisch zu plastisch übergeht oder umgekehrt, können durch die Wellenlänge und Amplitude der Welligkeiten geregelt werden, zusammen mit anderen Parametern des Metallelements wie z.B. dem Drahtdurchmesser, der Legierung und dem Drahtzug und dem eventuell verlitzten und verflochtenen Aufbau.

[0023] Bei mehr als zwei strukturellen Verformungen, die sich einander überlagern, kann ein entsprechendes Verhalten des Metallelements unter Last erhalten werden.

[0024] Wenn die strukturellen Verformungen Welligkeiten sind, kann das Metallelement in einer Ebene gewellt sein, die parallel zur Achse des Metallelements liegt, oder die Welligkeiten können in verschiedenen Ebe-

nen vorgesehen sein, die alle parallel zur Achse des Metallelements liegen.

[0025] Die gleichen Eigenschaften für Metallelemente sind zu finden, wenn eine oder mehrere strukturelle Verformungen spiralförmige strukturelle Verformungen sind.

[0026] Die Stützstruktur kann eine oder mehrere Schichten umfassen, die nachstehend Stützschichten genannt werden. Erfindungsgemäß sind die Metallelemente mindestens in einer der Stützschichten vorhanden, wobei alle Metallelemente dieser Stützschicht im wesentlichen parallel zueinander verlaufen. Falls die Stützstruktur mehr als eine Stützschicht umfaßt, von denen mindestens zwei Stützschichten Metallelemente enthalten, kann die Richtung der Metallelemente einer Schicht von der Richtung der anderen Schicht abweichen.

[0027] Als Stützstruktur sind alle Elemente zu verstehen, die neben der Polymermatrix verwendet werden, um den steifen Verbundartikel herzustellen. Für den Fachmann versteht es sich, daß zusätzlich zu den Metallelementen auch andere Materialien verwendet werden können, um die Stützstruktur herzustellen, z.B. Glasfaser, C-Faser oder Vliese oder Gewebe aus solchen Materialien.

[0028] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, die Biegeeigenschaften und das Verhalten von Stützstrukturen, die Metallelemente umfassen, während eines Formungsprozesses eines steifen Verbundartikels, der diese Stützstruktur und eine Polymermatrix umfaßt, zu verbessern. Während dieses Prozesses werden die Stützstruktur und die Polymermatrix Wärme und/oder Druck ausgesetzt, um einen steifen Verbundartikel zu erhalten. Die Formung kann in einem Schritt erfolgen oder mehrere aufeinanderfolgende Schritte erfordern.

[0029] Wenn eine Stützstruktur, die Metallelemente umfaßt, die eine strukturelle Verformung aufweisen, einem Formungsprozeß unterzogen wird, hat es sich erwiesen, daß die Kraft, die zur Formung des steifen Verbundartikels benötigt wird, partiell genutzt wird, um das Metallelement zu dehnen. Die angelegte Kraft dehnt das Metallelement, indem sie die strukturellen Verformungen partiell entfernt. Dies ist auf die Bruchdehnung der Metallelemente zurückzuführen, wie oben erwähnt.

[0030] Eine erfindungsgemäße Stützstruktur kann zusammen mit der Polymermatrix einem Formungsprozeß unterzogen werden. Dieser Prozeß umfaßt einen Erwärmungsvorgang, um die Polymermatrix weichzumachen, einen Formungsvorgang, um die weichgemachte Polymermatrix und die Stützstruktur in eine gewünschte Form zu bringen, und einen Kühlungsvorgang, um die Matrix wieder steif zu machen.

[0031] Wenn ein Metallelement mit mehr als einer strukturellen Verformung als Teil der Stützstruktur eines steifen Verbundartikel verwendet wird, ist dies zum einen für die Biegeeigenschaften während des Formungsprozesses und zum anderen für den steifen Verbundartikel von Vorteil. Wenn die Kraft F , die verwendet wird, um einen die Stützstruktur umfassenden steifen Verbundartikel zu erhalten, etwa F_2 entspricht, werden die Biegeeigenschaften der Stützstruktur durch die elastische und plastische Dehnung verbessert, die durch die Dehnungszonen unter F_2 bewirkt werden. Doch wenn der steife Verbundartikel einer Stoßkraft ausgesetzt wird, z.B. einer Kraft zwischen F_2 und F_3 , ist der steife Verbundartikel in der Lage, die Stoßenergie in einer reversiblen Änderung seiner Form zu absorbieren. Dies deshalb, weil hauptsächlich die Stützstruktur unter einer im wesentlichen elastischen Dehnung gestreckt wird.

[0032] Solche Formungsprozesse, in welchen die Stützstruktur und die Polymermatrix Wärme und/oder Druck ausgesetzt werden, um einen steifen Verbundartikel zu formen, können einen oder mehrere aufeinanderfolgende Schritte umfassen.

[0033] Zuerst wird der Stützstruktur Polymermaterial zugesetzt, das als Polymermatrix im steifen Verbundartikel verwendet werden soll. Zum Beispiel werden mehrere, im wesentlichen parallele Metallelemente zwischen zwei oder mehr Polymerschichten laminiert. Eventuell werden vor oder während dem Laminieren andere Elemente der Stützstruktur zugesetzt. Ein Alternative ist das Extrudieren von Polymermaterial um die Stützstruktur herum, die die Metallelemente umfaßt, die im wesentlichen parallel zueinander liegen. Diese Kombination aus Polymermaterial und Stützstruktur, die Metallelemente umfaßt, wird einem Formungsprozeß unterzogen.

[0034] Solch ein Formungsprozeß kann z.B. ein Preßformungs-, Fließguß-, Wärmeformungs- oder Membranformungsverfahren sein. In einem Preßformungsvorgang (Stanzen) werden eine Stützstruktur und die Polymermatrix auf Verarbeitungstemperatur erwärmt und in einem zweiteiligen Werkzeug unter Druck in Form gestanzt, um einen steifen Verbundartikel zu ergeben.

[0035] In einem Fließgußvorgang werden die Stützstruktur und die Polymermatrix in ein zweiteiliges Werkzeug angeordnet und auf die Schmelztemperatur des Polymermaterials erwärmt. Eventuell wird Druck benutzt. Der Formhohlraum wird mit der Polymermatrix gefüllt, die in jede Aussparung der Form fließt, um einen steifen Verbundartikel zu ergeben.

[0036] In einem Wärmeformungsvorgang werden die Stützstruktur und die Polymermatrix stellenweise erwärmt und geformt, um einen steifen Verbundartikel zu ergeben. In einem Membranformungsvorgang wird ein Autoklavdruck verwendet, im die vorgewärmte Stützstruktur und die Polymermatrix über ein Werkzeug zu drapieren, wodurch ein steifer Verbundartikel erhalten wird.

[0037] Ferner verbessert das Vorhandensein von Metallelementen in der Matrix während der Biegevorgänge die Wärmeverteilung durch die gesamte Matrix. Denn die Metallelemente weisen eine hohe Wärme- und Stromleitfähigkeit auf. Dies führt im Vergleich zu Verbundwerkstoffen mit anderen Stützstrukturen, die keine Metallelemente, sondern z.B. Glasfasern oder Kohlenstofffasern enthalten, zu kürzeren Zykluszeiten.

[0038] Es ist auch klar, daß die strukturellen Verformungen zu einer Verbesserung der Biegeeigenschaften der Stützstruktur nur in der Richtung führen, die parallel zur Achse des Metallelements liegt, wenn Metallelemente in nur einer Richtung der Stützstruktur verwendet werden.

[0039] Falls Metallelemente in mehr als einer Richtung verwendet werden, wobei jede Richtung in einer anderen Stützschicht der Stützstruktur vorliegt, führt die strukturelle Verformung der Metallelemente zu einer Verbesserung der Biegeeigenschaften in alle Richtungen, die parallel zur einer Achse eines Metallelements liegen.

[0040] Die Metallelemente können mit Polymerfäden, -garnen oder Polymerbändern zu ein und demselben Gewebe verwoben oder verflochten sein. Die Metallelemente verlaufen nur in eine Richtung des Gewebes, entweder die Kett- oder die Schußrichtung. Dieses Gewebe ist selbst Bestandteil der Stützstruktur. Es stellt eine alternative Weise dar, die Metallelemente in die Polymermatrix einbringen. Polymermaterial, das als die Polymermatrix des steifen Verbundwerkstoffs selbst verwendet werden soll, wird zugesetzt, z.B. auf einer oder beiden Seiten des Gewebes extrudiert. Alternativ dazu kann das Gewebe mit einer oder mehrere Schichten Polymermaterial laminiert sein. Wenn solch eine Kombination aus einem Gewebe mit Metallelementen und Polymermaterial einem Formungsprozeß unterzogen wird, um einen steifen Verbundartikel herzustellen, tragen die Polymerfäden oder -garne dazu bei, die Räume zwischen den benachbarten Metallelementen zu füllen. Vor allem, wenn die Fäden oder Garne aus Polymeren der gleichen Art wie die Polymermatrix sind.

[0041] Eine andere Alternative besteht darin, eine Polymerbeschichtung um die Metallelemente vorzusehen, bevorzugt, bevor ihnen die strukturelle Verformung verliehen wird. Das Polymermaterial wird zum Beispiel um das Metallelement extrudiert. Solch eine Polymerbeschichtung trägt dazu bei, die Haftung zwischen den Metallelementen der Stützstruktur und der Polymermatrix zu verbessern.

[0042] Jedes thermoplastische Material kann als Polymermatrix verwendet werden. Als thermoplastisches Material ist jedes Thermoplast und jedes thermoplastische Elastomer zu verstehen. Beispiele für geeignete thermoplastische Materialien sind: Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS), Polyethylenterephthalat (PET), Polyethylennaphthalat (PEN), Polybutylenterephthalat (PBT), Polyvinylchlorid (PVC), Polyamid (PA), Polyester (PES), Polyimid (PI), Polycarbonat (PC), Styrol-Acryl-Nitril (SAN), Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), thermoplastisches Polyurethan (TPU), thermoplastische Polyolefine (TPO), thermoplastische Copolymere dieser Polymeren oder ähnliche Materialien.

[0043] Diese Polymermatrizen können durch ein Youngsches Modul von über 10^7 Pa, bevorzugt zwischen 10^8 Pa und $5 \cdot 10^9$ Pa definiert sein. Das Youngsche Modul wird bei Umgebungstemperatur am Ursprung des Spannungsdehnungsdiagramms des Polymers gemessen.

[0044] Ein ähnlich steifer Verbundartikel kann durch Verwendung von duroplastischen Polymeren erhalten werden, indem die Stützstruktur ohne Polymermatrix geformt wird, und die Duroplastmatrix, die die Polymermatrix ist, z.B. durch Spritzguß zur geformten Stützstruktur hinzugefügt wird.

[0045] Wenn in der Stützstruktur Metallelemente, die Litzen oder Seile sind, in der Stützstruktur verwendet werden, als solches oder zusammen mit Polymerfäden, -garnen oder -bändern in ein verwobenes oder verflochtenes Gewebe integriert, ist solchen Litzen oder Seile Vorzug zu geben, die eine große und rauhe Oberfläche haben, um die mechanische Verankerung in der Matrix zu erhöhen. Beispiele sind 3×2 und 7×3 -Seile,

die gegenüber einfachen Litzenseilen vorzuziehen sind.

[0046] Um die Korrosionsbeständigkeit der Metallelemente zu verbessern, können die Metallelemente mit einem Metallüberzug wie z.B. Zink oder eine Zinklegierung wie z.B. Messing beschichtet sein. Eine geeignete Zinklegierung ist eine Legierung, die 2 bis 10% Al und 0,1 bis 0,4 eines Seltenerdelements wie z.B. La und/oder Ce enthält.

[0047] Um eine gute Haftung zwischen dem metallischen und dem thermoplastischen Material zu gewährleisten, kann ein Haftverstärker auf das Metallelement aufgebracht werden. Mögliche Haftverstärker sind bifunktionelle Haftvermittler wie z.B. Silanverbindungen. Eine Funktionsgruppe sorgt für die Bindung mit dem Metall oder den Metalloxiden; die andere Funktionsgruppe reagiert mit dem Polymer. Mehr Details zu diesen Haftvermittlern sind in der PCT-Anmeldung WO-A-99/20682 zu finden. Andere geeignete Haftverstärker sind Aluminate, Zirconate oder Titanate.

[0048] Drähte, die als solches oder in einer Litze oder in einem Seil als Metallelemente verwendet werden, können verschiedene Querschnitte und Geometrien aufweisen, z.B. kreisrund, oval oder flach. Für den Bereich der Drähte, Litzen oder Seile kann eine große Vielfalt von Materialien verwenden, je nach benötigter mechanischer Festigkeit. Drähte, die als solches verwendet werden oder in einer Litze oder einem Seil enthalten sind, können einen Durchmesser von 0,04 mm bis 1,0 mm, bevorzugt zwischen 0,1 mm und 0,4 mm aufweisen, zum Beispiel 0,15 mm, 0,175 mm oder 0,3 mm.

[0049] Auch Drähte, die strukturelle Verformungen aufweisen, können für Litzen oder Seile verwendet werden. Diese Litzen oder Seile können Bestandteil der Stützstruktur sein.

[0050] Jedes Metall kann für Metallelemente verwendet werden. Bevorzugt werden Legierungen wie Legierungen mit kohlenstoffreichen Stahl oder Legierungen mit nichtrostendem Stahl verwendet.

[0051] Wenn Stahldraht verwendet wird, liegt die Zugfestigkeit der Stahldrähte von 1500 N/mm² bis 3000 N/mm² und sogar mehr, und ist hauptsächlich von der Zusammensetzung des Stahls und vom Durchmesser abhängig.

[0052] Auch andere Parameter einer Litze oder eines Seils, wie z.B. der Aufbau der Litze oder des Seils, die Zahl der Drähte und die Durchmesser jedes Drahtes, der in einer Litze oder in einem Seil enthalten ist, die Bruchkraft jedes Drahtes, der in einer Litze oder in einem Seil enthalten ist, können gewählt werden, um die benötigten mechanischen Eigenschaften wie z.B. Festigkeit und Bruchdehnung zu erhalten.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0053] Die Erfindung wird nun Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen ausführlich beschrieben, wobei:

[0054] [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) eine schematische Ansicht einer erfindungsgemäß steifen, planen Verbundstruktur zeigen.

[0055] [Fig. 2](#) eine Seitenansicht eines gewellten Drahtes zeigt.

[0056] [Fig. 3](#) Spannungsdehnungskurven von gewellten Drähten zeigt.

[0057] [Fig. 4](#) ein Metallelement zeigt, das zwei Welligkeiten aufweist, die sich einander überlagern.

[0058] [Fig. 5](#) eine Spannungsdehnungskurve eines wie in [Fig. 4](#) gezeigten gewellten Drahtes.

[0059] [Fig. 6](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) schematische Ansichten einer anderen erfindungsgemäß planen Verbundstruktur zeigen.

[0060] [Fig. 9](#) eine Stützstruktur zeigt, die ein Textilgewebe umfaßt.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0061] Eine Ausführungsform eines steifen, planen Verbundwerkstoffs wird in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) gezeigt.

Der steife plane Verbundwerkstoff **11** umfaßt eine Polymermatrix **12**, z.B. eine PES-Matrix, und eine Stützstruktur **13**, die nur eine Stützschicht **14** umfaßt. In diesen Ausführungsformen besteht die Stützschicht **14** aus einer Anzahl von gewellten Drähten **15**, die in einer Stützschicht im wesentlichen parallel zueinander liegen (wie in [Fig. 1A](#) gezeigt), oder aus einer Anzahl von gewellten Drähten **16**, die in einer Stützschicht im wesentlichen parallel zueinander liegen (wie in [Fig. 1B](#) gezeigt).

[0062] [Fig. 2](#) zeigt eine Seitenansicht eines gewellten Drahtes **21**. Der Draht weist eine Ursprungsachse **22** auf, zu welcher er in einer Ebene mit einer Wellenlänge **23** und Amplitude **24** gewellt ist. Für diese Ausführungsform wurde ein Drahtdurchmesser von 0,3 mm gewählt.

[0063] Verschiedene Ausführungsformen eines gewellten Drahtes wurden vorgesehen, deren Eigenschaften in der Tabelle unten aufgeführt sind.

Probe	Drahtdurchmesser	Wellenlänge	Amplitude
Probe A	0,3 mm	6,199 mm	0,867 mm
Probe B	0,3 mm	5,579 mm	0,964 mm
Probe C	0,3 mm	2,988 mm	0,696 mm
Probe D	0,3 mm	0 mm	0 mm

[0064] Alle anderen Eigenschaften sind bei den vier Proben gleich. Die Proben A, B und C wurden mit dem Draht der Probe D hergestellt.

[0065] [Fig. 3](#) zeigt die Spannungsdehnungskurven der Proben A, B, C und D. In der Abszisse wird die Dehnung im Vergleich zur Anfangslänge gezeigt. Die Ordinate zeigt die Kraft, die im Vergleich zur Gesamtkraft beim Bruch angelegt wurde.

[0066] Im Vergleich zur Kurve **30** der nicht strukturell verformten Probe D wird deutlich, daß durch Einbringen einer strukturellen Verformung eine erheblich größere Dehnung erreichbar ist. Da diese strukturelle Verformung der einzige Unterschied zwischen den vier Proben ist, ist die unterschiedliche Dehnung auf die strukturelle Verformung zurückzuführen.

[0067] Für Probe A zeigt die Spannungsdehnungskurve **31**, daß der Hauptanteil der Dehnung in der im wesentlichen elastischen Verformungszone **32** der Kurve zu finden ist, wogegen in der plastischen Verformungszone **33** nur ein kleinerer Anteil der Dehnung zu finden ist.

[0068] Die gleiche Beobachtung kann für die Spannungsdehnungskurve **34** der Probe B gemacht werden. Im Vergleich zur Dehnung, die durch die plastische Verformungszone **36** bewirkt wird, ist ein Hauptanteil der Dehnung in der elastischen Verformungszone **35** zu finden. Beide Proben weisen eine eher große Wellenlänge auf, und es hat sich gezeigt, daß die Entfernung der strukturellen Verformung durch eine im wesentlichen elastische Dehnung erhalten wurde.

[0069] Für Probe C zeigt die Spannungsdehnungskurven **37**, daß im Vergleich zur großen Dehnung in der plastischen Verformungszone **39** in der elastischen Verformungszone **38** nur eine kleine elastische Dehnung zu finden ist. Die Entfernung der strukturellen Verformung bei diesen eher kurzen Wellenlängen wird im wesentlichen durch plastische Dehnung erhalten.

[0070] Es wurde eine Dehnung von über 4% erreicht, z.B. 5%, 9% oder sogar 11%. Bei 10% der Bruchkraft ist bei einem Metallelement mit struktureller Verformung bereits eine große Dehnung zu finden, im Vergleich zur Dehnung bei 10% der Bruchkraft bei einem nicht strukturell verformten Metallelement. Diese Dehnung bei niedrigen Kräften wird durch große Wellenlängen verbessert.

[0071] Andere Ausführungsformen können erhalten werden, indem anders gewellte Drähte wie z.B. Drähte mit anderem Durchmesser, anderer Legierung, Wellenlänge, Amplitude oder Welligkeitsform verwendet werden. Selbst Seile oder Litzen, die z.B. parallel zur Litzen- oder Seilachse gewellt sind, sind als im Rahmen der Erfindung zu verstehen.

[0072] Eine weitere Ausführungsform kann mit Metallelementen mit mehr als einer strukturellen Verformung

erhalten werden, die sich überlagern. In [Fig. 4](#) wird ein Draht **41** gezeigt, der zwei sich überlagernde Welligkeiten aufweist. Die zwei Welligkeiten sind in derselben Ebene angeordnet.

[0073] Eine erste Welligkeit, die durch eine große Wellenlänge **42** und Amplitude **43** gekennzeichnet ist, im Vergleich zur Achse **44** des Drahtes, wenn keine solche Welligkeit vorhanden wäre, ist mit einer Welligkeit mit kurzer Wellenlänge **45** und Amplitude **46** überlagert, im Vergleich zur Achse **47** des Drahtes, wenn keine solche Welligkeit vorhanden wäre.

[0074] Eine Ausführungsform wurde mit Eigenschaften wie in der Tabelle unten versehen:

Probe	Drahtdurchmesser	Wellenlänge	Amplitude	Wellenlänge	Amplitude
Probe E	0,3 mm	5,034 mm	1,124 mm	2,988 mm	0,696 mm

[0075] [Fig. 5](#) zeigt die Spannungsdehnungskurven der Probe E. In der Abszisse wird die Dehnung im Vergleich zur Anfangslänge gezeigt. Die Ordinate zeigt die Kraft, die im Vergleich zur Gesamtkraft beim Bruch angelegt wurde.

[0076] Im Vergleich zur Kurve **50** der nicht strukturell verformten Probe D wird deutlich, daß durch Einbringen einer strukturellen Verformung eine erheblich größere Dehnung erreichbar ist. Da diese strukturelle Verformung der einzige Unterschied zwischen der Probe E und der Bezugsdraht-Probe D ist, ist die unterschiedliche Dehnung auf die strukturelle Verformung zurückzuführen.

[0077] Bei Probe E weist die Spannungsdehnungskurve **51** vier Zonen auf. In Zone **52** ist die erhaltene Dehnung im wesentlichen elastisch. Zone **53** sorgt für eine zusätzliche Dehnung, die hauptsächlich plastisch ist, wogegen Zone **54** für eine Dehnung sorgt, die wieder mehr elastisch ist. Zone **55** sorgt für eine plastische Dehnung, bis der Bruch auftritt.

[0078] In [Fig. 6](#) wird eine Stützstruktur gezeigt, die zwei Stützschichten aufweist. In der ersten Stützschicht liegen gewellte Drähte **61** im wesentlichen parallel zueinander in einer Richtung. In der zweiten Stützschicht liegen gewellte Drähte **62** im wesentlichen parallel zueinander in einer Richtung, die von der Richtung der Drähte **61** der ersten Stützschicht abweicht.

[0079] Ein steifer Verbundartikel kann erhalten werden, wenn die Stützstruktur mit einer Polymermatrix **63** versehen wird, z.B. durch Laminieren von Polymerschichten unter erhöhter Temperatur auf beide Seiten der Stützstruktur.

[0080] Durch Anlegen von Wärme und/oder Druck haftet die Polymermatrix **63** an der Stützstruktur. Dem steifen Verbundartikel wird dabei eventuell seine Endform verliehen. Alternativ dazu wird ein steifer Verbundartikel hergestellt, der in einem separaten Vorgang zu einer Endform verformt wird, wobei Wärme und/oder Druck auf den planen steifen Verbundartikel angelegt wird.

[0081] Eine andere Stützstruktur wird in [Fig. 7](#) gezeigt. Drähte **71** und **72**, die je zwei sich überlagernde Welligkeiten aufweisen, sind in zwei Stützschichten angeordnet. In jeder Stützschicht liegen die Drähte **71**, **72** jeweils im wesentlichen parallel zueinander. Die Richtungen dieser Drähte **71** und **72** können verschieden sein. Eine Polymermatrix **73** ist zusätzlich vorgesehen und haftet durch Wärme und/oder Druck an der Stützstruktur, um einen planen steifen Verbundartikel zu ergeben.

[0082] Eine andere Stützstruktur, die zwei Stützschichten aufweist, wird in [Fig. 8](#) gezeigt. In der ersten Stützschicht liegen spiralförmige Drähte **81** im wesentlichen parallel zueinander in einer Richtung. In der zweiten Stützschicht liegen spiralförmige Drähte **82** im wesentlichen parallel zueinander in einer Richtung, die von der Richtung der Drähte **81** der ersten Stützschicht abweicht. Eine Polymermatrix **83** ist zusätzlich vorgesehen und haftet durch Wärme und/oder Druck an der Stützstruktur, um einen planen steifen Verbundartikel zu ergeben.

[0083] Eine andere Stützstruktur, ein Textilgewebe **91**, das in [Fig. 9](#) gezeigt wird, umfaßt als Metallelement **92** gewellte Drähte. Metallelemente **92** sind in der Kett- oder Schußrichtung des Gewebes vorhanden, während die andere Richtung des Gewebes, die jeweils die Schuß- oder Kettrichtung ist, mit Polymerfäden **93** versehen ist. Diese Fäden können aus demselben oder einem anderen Polymer bestehen wie die Polymermatrix des

steifen Verbundartikels. Alternativ dazu kann der Polymerfaden durch Polymerbänder ersetzt werden, die eine Breite bevorzugt im Bereich von 1 bis 10 mm aufweisen, und eine Dicke bevorzugt zwischen 20 und 300 µm. Alternativ dazu kann Polymermaterial als Beschichtung auf den Metallelementen oder auf einer Anzahl von Metallelementen vorhanden sein, um Streifen zu formen. Das Gesamtvolumen des thermoplastischen Materials, das als Faden und/oder Beschichtung vorliegt, kann sogar mehr als 40% des Gesamtvolumens des Gewebes ausmachen.

[0084] Eine Stützstruktur kann eine oder mehrere Stützschichten umfassen, wobei jede Schicht die ein Textilgewebe wie oben beschrieben ist.

[0085] Bei allen Ausführungsformen hat sich gezeigt, daß die Haftung zwischen Metallelement und Polymermatrix durch einen Überzug des Metallelements beeinflußt werden können. Bei PA-Matrizen kann ein Messing-, Zink- oder Zinklegierungsüberzug auf dem Metallelement die Haftung zwischen Polymermatrix und Metallelement verbessern. Eine mögliche Zinklegierung ist eine Legierung, die 2 bis 10% Al und 0,1 bis 0,45 eines Seltenerdelements wie z.B. La und/oder Ce enthält.

[0086] Eine weitere Verbesserung der Haftung kann durch den Auftrag von Haftverstärkern wie Silanverbindungen, Aluminate, Zirconate oder Titanate erhalten werden.

[0087] Es ist klar, daß durch Verwendung anderer Polymermatrizen wie z.B. PE, PP, PS, PET, PEN, PBT, PVC, PA, PI, PC, SAN, ABS, TPU, TPO, thermoplastische Copolyetherester, Copolymeren dieser Polymere oder ähnlicher Materialien andere Ausführungsformen erhalten werden können. Jede dieser Ausführungsformen wird durch die Verwendung von Überzügen oder Haftverstärkern auf ähnliche Weise beeinflußt.

[0088] Für den Fachmann versteht es sich, daß die Festigkeit des Metallelements bei allen Ausführungsformen durch den Legierungstyp des verwendeten Metalls, die Durchmesser, Querschnittsformen und sonstigen physikalischen Eigenschaften der Drähte, Litzen oder Seile beeinflußt wird.

[0089] Es ist klar, daß alle Metallelemente eine gewellte Struktur aufweisen, oder eine rauhe Struktur aufweisen, was die mechanische Verankerung des Polymermaterials um das Metallelement herum verbessert.

Patentansprüche

1. Stützstruktur, umfassend eine oder mehrere Stützschichten, wobei mindestens eine dieser Stützschichten Metallelemente (**41, 71, 72, 92**) umfaßt, diese Metallelemente Drähte, Drahtbündel, Metallseile oder Metalllitzen sind, die Metallelemente der Stützschicht alle im wesentlichen parallel zueinander liegen, die Metallelemente eine strukturelle Verformung aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Metallelemente mehr als eine Welligkeit aufweisen.
2. Stützstruktur nach Anspruch 1, wobei diese Welligkeiten in einer Ebene enthalten sind, die parallel zur Achse (**44**) des Metallelements (**41**) liegt.
3. Stützstruktur nach Anspruch 1, wobei diese Welligkeiten in verschiedenen Ebenen enthalten sind, diese Ebenen parallel zur Achse (**44**) des Metallelements (**41**) liegen.
4. Stützstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Metallelement (**41, 71, 72, 92**) ein oder mehrere Metalldrähte umfaßt, diese Metalldrähte einen Durchmesser im Bereich von 0,04 bis 1 mm aufweisen.
5. Stützstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Metallelement (**41, 71, 72, 92**) ein Draht ist.
6. Stützstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Metallelement (**41, 71, 72, 92**) eine Litze ist.
7. Stützstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Metallelement (**41, 71, 72, 92**) eine Bruchdehnung von mehr als 3% aufweist.
8. Stützstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Metallelement (**41, 71, 72, 92**) bei einer Kraft von 10% im Vergleich zur Kraft beim Bruch des Metallelements (**41, 71, 72, 92**) eine Dehnung von mehr als 0,3% aufweist.
9. Stützstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Stützstruktur, die diese Metallelemente um-

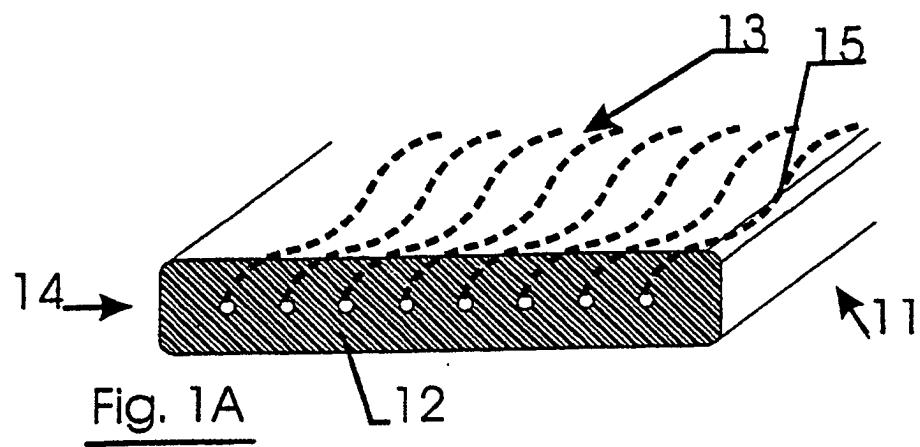
faßt, ein Textilgewebe (**91**) ist, das einen Kettfaden und einen Schußfaden umfaßt, wobei die Metallelemente (**92**) entweder im Kettfaden oder im Schußfaden vorhanden sind.

10. Stützstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Metallelemente (**41, 71, 72, 92**) eine Polymerbeschichtung aufweisen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

- 1/5 -

Fig. 1A

12

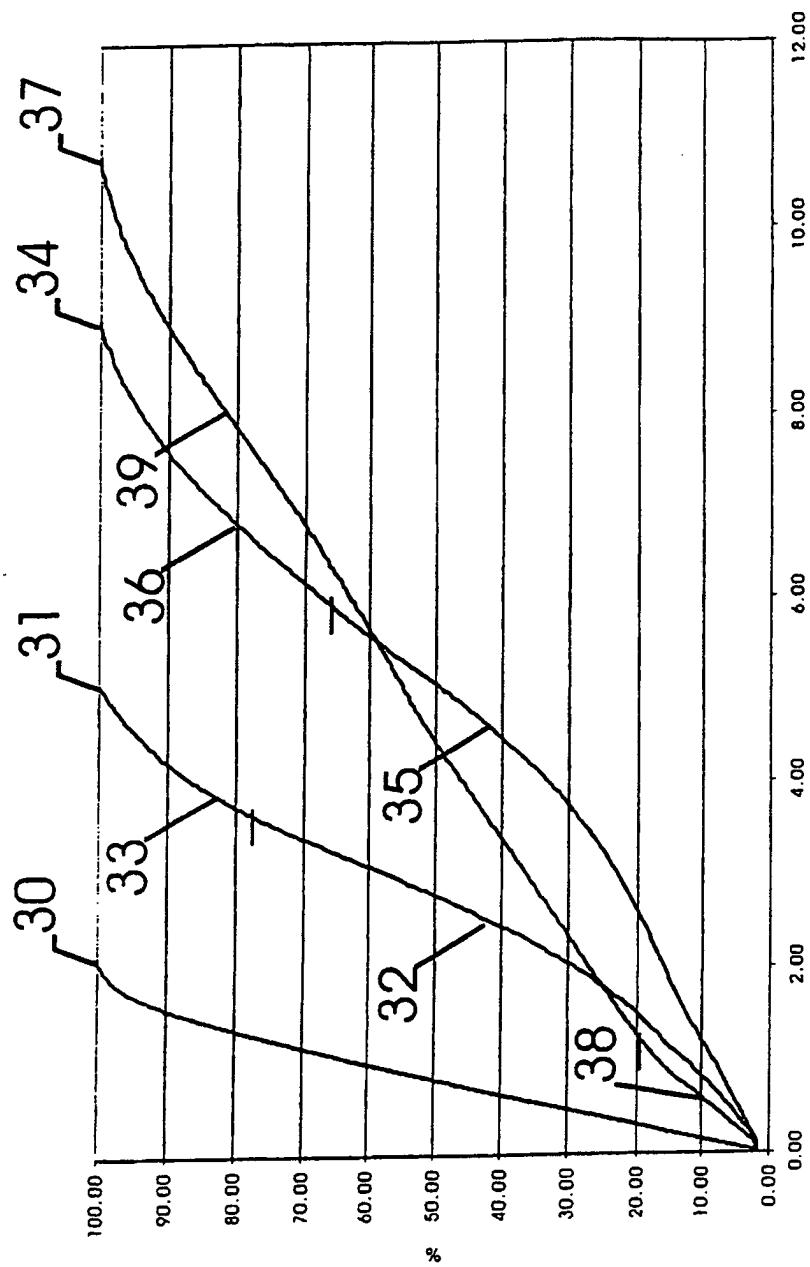


Fig. 3

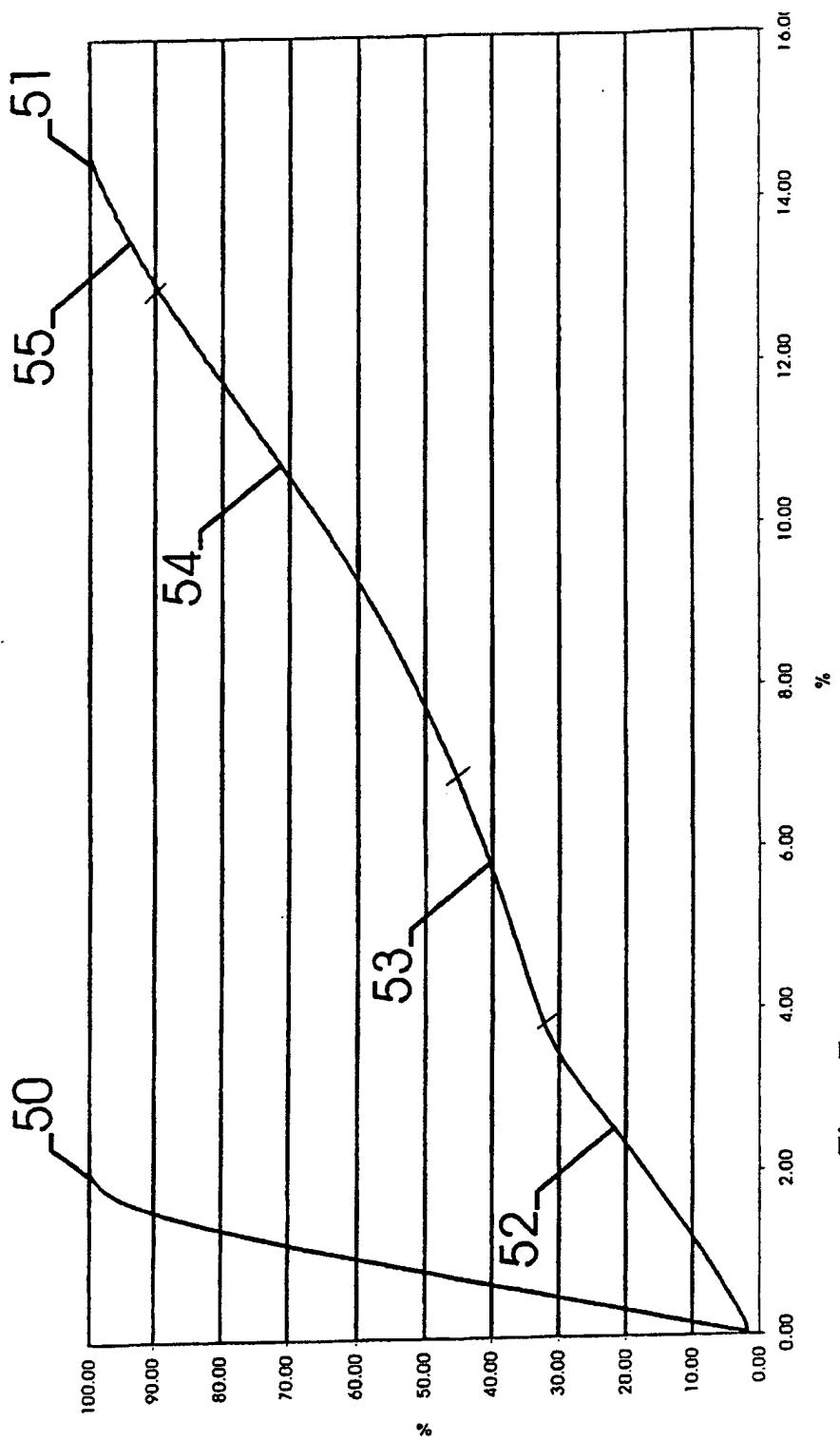


Fig. 5

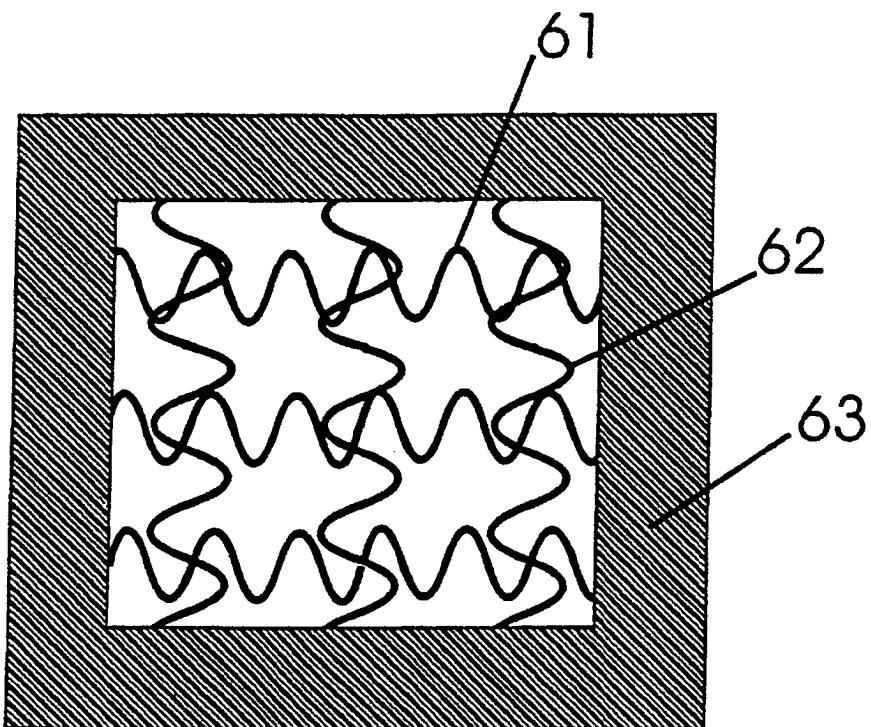


Fig. 6

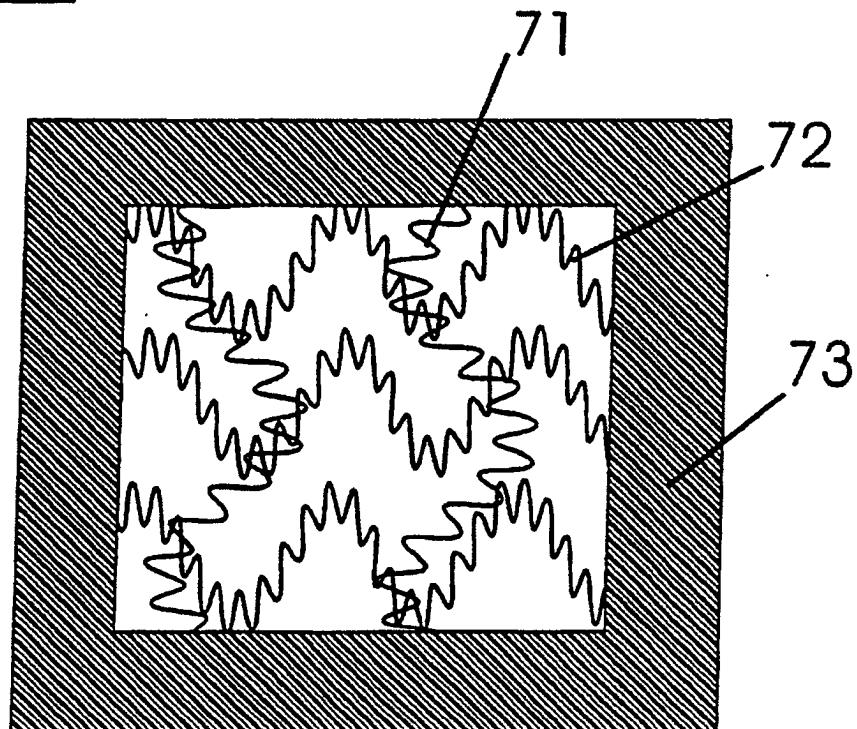


Fig. 7

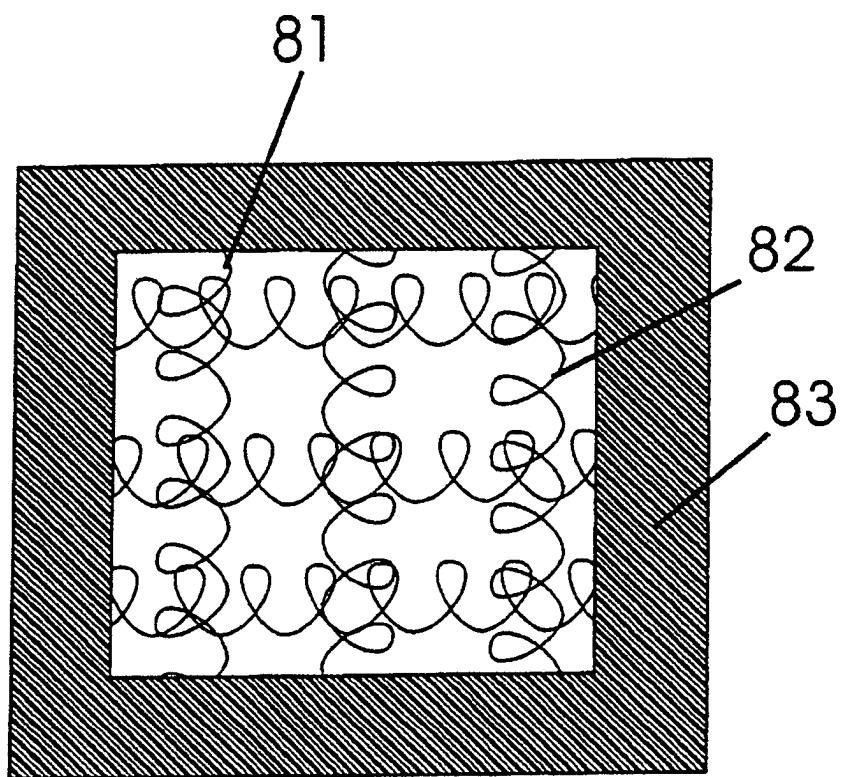


Fig. 8

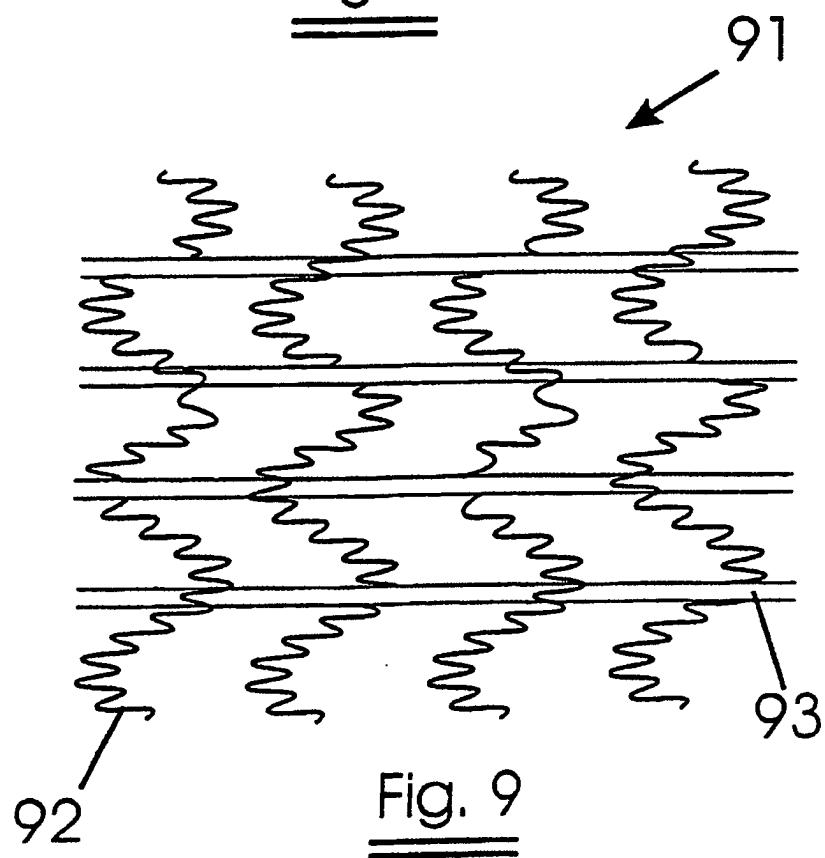


Fig. 9