



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 22 810 T2** 2005.12.15

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 089 875 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 22 810.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB99/01416**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 919 446.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/058333**

(86) PCT-Anmeldetag: **06.05.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **18.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.04.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **22.12.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.12.2005**

(51) Int Cl.⁷: **B32B 15/08**
B32B 7/02, B63B 3/68

(30) Unionspriorität:
75108 08.05.1998 US

(73) Patentinhaber:
**Fern Investments Ltd., Jersey, Channel Islands,
GB**

(74) Vertreter:
**KRAMER - BARSKE - SCHMIDTCHEN, 81245
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
KENNEDY, J., Stephen, Ottawa, CA

(54) Bezeichnung: **STRUKTURELLES VERBUNDLAMINAT**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Strukturelemente, die eine Sandwichstruktur aufweisen, und insbesondere Elemente, die in Lasttraganwendungen z.B. zum Ersetzen versteifter Stahlplatten verwendet werden können.

[0002] In Anwendungen wie z.B. Schiffsrümpfen oder Brückenfahrbahnen oder -überbauten ist es bekannt, die Steifigkeit von Stahlplatten durch Bereitstellen länglicher Versteifungselemente zu erhöhen, die weitere Stahlträger umfassen, die senkrecht an die Hauptplatte geschweißt sind. Die Versteifungselemente können in einer Richtung oder in zwei orthogonalen Richtungen verlaufen, und zwar abhängig von den Kräften, die von der Platte getragen werden müssen. Die Verwendung von Versteifungselementen macht das Herstellungsverfahren kompliziert, erhöht das Gewicht signifikant und erschwert den Korrosionsschutz und die Wartung der vollständigen Struktur.

[0003] „Strength Evaluation of Novel Unidirectional-Girder-System Product Oil Carrier by Reliability Analysis“, SNAME Transactions V93, 1985, Seiten 55–77, beschreibt einen Versuch zur Verminderung der Nachteile der Bereitstellung von Versteifungselementen in einem Schiffsrumpf dadurch, dass diese nur in einer Richtung bereitgestellt werden. Dies unterstützt die Herstellung und Wartung des Schiffs in einem gewissen Maß, beseitigt jedoch andere Nachteile der Bereitstellung von Versteifungselementen nicht.

[0004] Metall-Kunststoff-Lamine mit verbesserten Schall- oder Wärmeisoliereigenschaften sind zur Verwendung bei der Verkleidung oder Bedachung von Gebäuden bekannt, vgl. z.B. die US 4,698,278. Solche Lamine nutzen im Allgemeinen geschäumte oder faserförmige Materialien und sind nicht dazu vorgesehen oder in der Lage, signifikante Lasten zu tragen, d.h. Lasten, die signifikant größer sind als das Eigengewicht und als geringe Lasten aufgrund einer lokalen Wind- oder Schneeeinwirkung.

[0005] Die US 4,851,271 beschreibt die Verwendung von Metall-Kunststoff-Laminaten zur Auskleidung von Ölwannen zur Bereitstellung von Schallisoliereigenschaften. In solchen Behälteranwendungen wird das Laminat als Ganzes keine Lasten tragen, die signifikant größer sind als das Eigengewicht und der Inhalt des Behälters. Die Auskleidungsschichten tragen auch nicht signifikant zur strukturellen Festigkeit des Laminats bei.

[0006] Die US 5,219,629 beschreibt die Verwendung von Aluminium-Sandwichstrukturen mit verschiedenen Kernmaterialien beim Aufbau von Lastkraftwagenanhängerkarosserien. Die Aluminium-

schichten sind jedoch zu dünn und die Kernmaterialien unzureichend fest, um signifikante Lasten in größeren Strukturen zu tragen.

[0007] „Behaviour of Advanced Double Hull Sandwich Plate Systems: Experimental Investigation“, eine Arbeit von Josef Linder, die als Teil zum Erreichen eines M. Eng. an der Carleton University, Ottawa, Kanada, eingereicht worden ist, sieht die Verwendung einer Stahl-Polyurethanschaum-Stahlsandwichstruktur für den Schiffbau vor, kommt jedoch zu dem Schluss, dass diese Struktur weder eine ausreichende Biege- und Bindungsfestigkeit, noch eine ausreichende Energieabsorption aufweist.

[0008] Die vorliegende Erfindung stellt ein Struktur-laminelement bereit, das eine erste Metallschicht mit einer ersten Innenfläche und einer ersten Außenfläche, eine zweite Metallschicht mit einer zweiten Innenfläche und einer zweiten Außenfläche, wobei die zweite Metallschicht von der ersten Metallschicht beabstandet ist, und eine Zwischenschicht umfasst, die aus einem Elastomer zusammengesetzt ist, das sich zwischen der ersten und der zweiten Innenfläche befindet und an diesen haftet, wobei das Elastomer einen Elastizitätsmodul E , der größer oder gleich etwa 250 MPa ist, und eine Duktilität aufweist, die größer ist als die Duktilität der Metallschichten.

[0009] Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Struktur-laminelements bereit, das die Schritte umfasst: Bereitstellen einer ersten und einer zweiten Metallschicht in einer beabstandeten Beziehung, so dass dazwischen ein Kernhohlraum definiert wird, Füllen des Kernhohlraums mit einem ungehärteten Elastomer, das dann, wenn es gehärtet ist, einen Elastizitätsmodul E , der größer oder gleich etwa 250 MPa ist, und eine Duktilität aufweist, die größer ist als die Duktilität der Metallschichten, und Härten des Elastomers, so dass es an den Metallschichten haftet.

[0010] Das essentielle Erfordernis der Erfindung besteht darin, dass sich das Laminat unter Last als einzelnes Element und nicht wie drei einzelne Komponenten verhält, und die mechanischen Eigenschaften der Zwischenschicht und deren Bindung an die Außenschichten müssen so ausgewählt werden, dass dies bewirkt wird. Die Zwischenschicht muss daher einen ausreichenden Elastizitätsmodul und eine ausreichende Duktilität aufweisen, so dass Querkräfte übertragen werden können, die im Gebrauch zwischen den beiden Metallschichten auftreten oder erwartet werden. Es ist auch eine Bindungsfestigkeit erforderlich, die ausreichend ist, um Scherkräfte zu übertragen.

[0011] In Anwendungen, bei denen das Vermögen zum Widerstehen von Stößen wichtig ist, wie z.B. beim Schiffbau, muss die Zwischenschicht zusätzlich

eine ausreichende Streckgrenze aufweisen, so dass sie unter den gewünschten Stoßbelastungen nicht reißt. Unter extremen Belastungen wird das Element eine Energie, die größer ist als bei vergleichbaren Einzelschicht-Metallelementen, durch Spannungsverteilung, eine erhöhte Durchstoßfestigkeit und eine inelastische Membranwirkung des Elements als Ganzes absorbieren.

[0012] Vorzugsweise werden die relativen Festigkeiten und die Verhältnisse der beiden Metallschichten und der Zwischenschicht, insbesondere die Steifigkeit der Zwischenschicht, derart ausgewählt, dass das Element, wenn es extremen positiven und negativen Biegebelastungen ausgesetzt ist, sich als Ganzes und nicht antisymmetrisch oder lokal verformen kann.

[0013] Die Zwischenschicht sollte auch eine Duktilität und einen Elastizitätsmodul aufweisen, die ausreichend sind, um eine Spannungskonzentration an der Spitze eines Risses in einer Metallschicht zu verteilen, und zwar dadurch, dass diese zu der anderen Metallschicht übertragen wird, so dass die Ausbreitung des Risses zwischen den Schichten verhindert wird. Die Zwischenschicht wird auch einen Verzögerungseffekt bezüglich der Ausbreitung des Risses in der Schicht aufweisen, in welcher der Riss aufgetreten ist.

[0014] Die Metallschichten sind vorzugsweise aus Stahl hergestellt und weisen jeweils eine Dicke im Bereich von 3,5 bis 25 mm auf. Die minimale Dicke ist die dünnste Platte, die effektiv stumpfgeschweißt werden kann, was für die Festigkeit erforderlich ist. An der Obergrenze werden die Vorteile der Erfindung geringer. Es ist nicht erforderlich, dass die beiden Metallschichten die gleiche Dicke aufweisen. Insbesondere ist es möglich, einen Opferüberschuss auf der Seite bereitzustellen, die im Gebrauch einer korrosiven Umgebung ausgesetzt ist.

[0015] Das Kunststoffmaterial verhält sich bei den Lasten, die bei der Verwendung erwartet werden, vorzugsweise wie ein Elastomer und weist eine Dicke im Bereich von 20 bis 100 mm auf. Die Dicke der Zwischenschicht kann bei manchen Anwendungen über ein Element variieren. Das Material ist vorzugsweise kompakt, d.h. ungeschäumt, obwohl einige Hohlräume vorliegen können, und zwar entweder absichtlich oder als Nebeneffekt des eingesetzten Herstellungsverfahrens, mit der Maßgabe, dass die gewünschten Eigenschaften des Verbunds nicht vermindert werden. Es wird angenommen, dass der maximale akzeptable Hohlraum in der Zwischenschicht zwischen 10 und 20 % beträgt.

[0016] Die Erfindung stellt auch ein Verfahren zum Verbinden eines Strukturlaminelements, das eine erste und eine zweite Metallschicht und eine aus ei-

nem ersten Elastomer ausgebildete Zwischenschicht umfasst, mit einem anderen Element bereit, wobei das Verfahren die Schritte umfasst: Bereitstellen eines Schweißrands angrenzend an einen Abschnitt des Strukturlaminelements, wodurch die Zwischenschicht von der ersten und der zweiten Schicht ausgenommen ist, Schweißen des Abschnitts an das andere Element, Füllen des Schweißrands mit einem ungehärteten zweiten Elastomer, das dann, wenn es gehärtet ist, einen Elastizitätsmodul E , der größer oder gleich etwa 250 MPa ist, und eine Duktilität aufweist, die größer ist als die Duktilität der Metallschichten, und Härten des ungehärteten zweiten Elastomers, so dass es an der ersten und der zweiten Metallschicht und an der Zwischenschicht haftet.

[0017] Die Verwendung der Erfindung in einer komplexen Struktur, wie z.B. Schiffen, ermöglicht eine Verminderung der Komplexität, des Gewichts und der Kosten durch Beseitigen des Bedarfs für einige oder alle Versteifungselemente, Beseitigen oder Erhöhen des Abstands von Längs- und Querträgern, Vermindern der Oberflächen, die beschichtet werden müssen, und Vermindern der Stellen, die bezüglich einer Korrosion empfindlich sind.

[0018] Nachstehend werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, worin

[0019] [Fig. 1](#) eine Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen Laminelements ist;

[0020] [Fig. 2](#) eine teilweise im Schnitt vorliegende, perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Laminelements ist, das Abstandshalter umfasst;

[0021] [Fig. 3](#) eine partielle Schnittansicht eines Doppelrumpfschiffs ist, das unter Verwendung des erfindungsgemäßen Laminelements aufgebaut worden ist;

[0022] [Fig. 4](#) ein Graph ist, der die axiale Verkürzung eines erfindungsgemäßen Laminelements unter einer in der Ebene wirkenden Last zeigt;

[0023] [Fig. 5](#) eine perspektivische Ansicht einer Testprobe ist, die eine erfindungsgemäße Platte umfasst;

[0024] [Fig. 6](#) ein Graph ist, der das Verhalten der Testprobe unter einer Querlast zeigt; und

[0025] [Fig. 7](#) eine perspektivische Ansicht eines Lukeendeckels für ein Containerschiff ist, der unter Verwendung erfindungsgemäßer Laminelemente aufgebaut worden ist.

[0026] In den Figuren werden entsprechende Teile mit entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet.

[0027] Die [Fig. 1](#) ist eine Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen Laminelements **10**. Das Laminelement **10** umfasst eine erste Außenschicht **1**, eine Zwischen- oder Kernschicht **2** und eine zweite Außenschicht **3**. Die Zwischenschicht **2** ist an die erste und die zweite Schicht **1**, **3** mit einer Festigkeit gebunden, die ausreichend ist, um Scherlasten zwischen den Außenschichten zu übertragen, so dass ein Verbundstrukturelement gebildet wird, das Lasten tragen kann, die signifikant größer sind als dessen Eigengewicht.

[0028] Die genaue Last, die von dem Laminelement getragen werden muss, wird von der vorgesehenen Anwendung abhängen. Wenn das Laminelement beispielsweise als Schiffsrumpfplatte in einem 40000 DWT-Öltanker (DWT = Gewichtsladefähigkeit) verwendet werden soll, sollte es einer in der Ebene wirkenden Last von mindestens 10000 bis 12000 kN in einer Breite von 2 m widerstehen können, ohne sich zu verformen, oder einer Querlast von mindestens 100 kPa, vorzugsweise 1000 kPa oder mehr, ohne zu reißen. Für kleinere Schiffe, insbesondere Yachten, muss das Laminelement nicht so stark sein.

[0029] Die [Fig. 4](#) zeigt eine typische axiale Verkürzungslastkurve für eine 2000 mm breite erfindungsgemäße Verbundrumpfplatte. Diese zeigt eine wesentliche lineare Verkürzung unter Last bis zu einer Last von 12075 kN.

[0030] Die erste und die zweite Schicht **1**, **3** sind aus Metall hergestellt und die Zwischenschicht **2** ist aus einem elastomeren Material hergestellt. Die absoluten und relativen Abmessungen und die genauen eingesetzten Materialien werden von der Anwendung abhängen, für die das Element vorgesehen ist. Als Minimum werden die erste und die zweite Schicht eine Dicke von 3 mm und die Zwischenschicht eine Dicke von 20 mm aufweisen. Die Zwischenschicht muss auch einen Elastizitätsmodul E von mindestens 250 MPa, vorzugsweise 275 MPa bei der maximal zu erwartenden Temperatur in der Umgebung aufweisen, in der das Element eingesetzt werden soll. Bei Schiffbauanwendungen kann es sich dabei um 100°C handeln. Das Elastomer sollte auch nicht zu steif sein, so dass E weniger als 2500 MPa bei der niedrigsten zu erwartenden Temperatur, d.h. -40 oder -45°C in Schiffbauanwendungen, beträgt.

[0031] Die Reiß-, Druck- und Zugfestigkeiten sowie die Dehnung sollten maximiert werden, um dem Verbundlaminat die Absorption von Energie bei unüblichen Lastereignissen zu ermöglichen, wie z.B. bei Stößen. Insbesondere sollten die Druck- und Zugfestigkeit des Elastomers mindestens 20 und vorzugsweise 40 MPa betragen. Die Druckfestigkeiten können natürlich wesentlich größer sein als diese Minimalwerte.

[0032] Die Metallschichten sind vorzugsweise aus Konstruktionsstahl hergestellt, jedoch kann es sich dabei auch um Aluminium, Edelstahl oder andere Konstruktionslegierungen in Spezialanwendungen handeln, bei denen ein geringes Gewicht, eine Korrosionsbeständigkeit oder andere spezifische Eigenschaften essentiell sind. Das Metall sollte vorzugsweise eine minimale Streckgrenze von 240 MPa und eine Dehnung von mindestens 20 % aufweisen. Für viele Anwendungen, insbesondere für den Schiffbau, ist es essentiell, dass das Metall schweißbar ist.

[0033] Die Duktilität des Elastomers bei der niedrigsten Betriebstemperatur muss größer sein als diejenige der Metallschichten, die etwa 20 % beträgt. Ein bevorzugter Wert für die Duktilität des Elastomers bei der niedrigsten Betriebstemperatur beträgt 50 %. Der Wärmekoeffizient des Elastomers muss auch ausreichend nahe an dem von Stahl liegen, so dass die Temperaturvariation über den erwarteten Betriebsbereich und während des Schweißens keine Delaminierung verursacht. Das Ausmaß, in dem sich die Wärmekoeffizienten der beiden Materialien unterscheiden können, wird teilweise von der Elastizität des Elastomers abhängen, jedoch wird angenommen, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient des Elastomers etwa das zehnfache des Wärmeausdehnungskoeffizienten der Metallschichten betragen kann. Der Wärmeausdehnungskoeffizient kann durch die Zugabe von Füllstoffen zu dem Elastomer gesteuert werden.

[0034] Die Bindungsfestigkeit zwischen dem Elastomer und den Metallschichten muss über dem gesamten Betriebsbereich mindestens 3, vorzugsweise 6 MPa betragen. Dies wird vorzugsweise durch das inhärente Haftvermögen des Elastomers an Stahl erreicht, jedoch können auch zusätzliche Haftmittel bereitgestellt werden.

[0035] Zusätzliche Anforderungen, wenn das Element in einer Schiffbauanwendung eingesetzt wird, umfassen, dass die Zugfestigkeit über die Grenzfläche ausreichend sein muss, um den erwarteten negativen hydrostatischen Druck und den Delaminierungskräften von Stahlverbindungen zu widerstehen. Das Elastomer muss sowohl bezüglich See- als auch Frischwasser hydrolytisch stabil sein, und wenn das Element in einem Öltanker verwendet wird, muss es auch gegen Öle chemisch beständig sein.

[0036] Das Elastomer umfasst daher im Wesentlichen ein Polyol (z.B. einen Polyester oder Polyether) zusammen mit einem Isocyanat oder einem Diisocyanat, einem Kettenverlängerungsmittel und einem Füllstoff. Der Füllstoff wird gegebenenfalls bereitgestellt, um den Wärmekoeffizienten der Zwischenschicht zu vermindern, deren Kosten zu senken und in anderer Weise die physikalischen Eigenschaften des Elastomers zu steuern. Weitere Zusätze, z.B. zur

Steuerung der Hydrophobie oder der Haftung, sowie Flammverzögerungsmittel, können ebenfalls eingebracht werden.

[0037] Das Verhältnis der Gesamtdicke der Außenschichten zur Dicke des Elastomers, $(T_1 + T_3)/T_2$ liegt im Bereich von 0,1 bis 2,5.

[0038] Beschichtungen, z.B. aus Gründen des Aussehens oder der Korrosionsbeständigkeit, können auf die Außenflächen der Metallschichten entweder vor oder nach der Herstellung des Laminats eingebracht werden.

[0039] Das erfindungsgemäße Element ist wesentlich fester und steifer als ein Element mit der gleichen Dicke aus Metall, jedoch ohne Zwischenschicht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Element analog zu einem Kastenträger oder einem Doppel-T-Träger wirkt, wobei die Zwischenschicht die Funktion des Stegs bzw. der Stege ausübt. Um diese Funktion ausüben zu können, müssen die Zwischenschicht selbst und die Bindungen zu den Außenschichten ausreichend fest sein, um die Kräfte zu übertragen, die beim Gebrauch des Elements auftreten.

[0040] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung, der im Schiffbau von besonderem Nutzen ist, besteht darin, dass die Zwischenschicht dahingehend wirkt, dass sie eine Rissausbreitung zwischen der Innen- und der Außenschicht verhindert. Die Elastizität der Zwischenschicht verhindert, dass die Spannungskonzentration an der Spitze eines Risses in einer Außenschicht auf die andere Außenschicht übertragen wird, wie dies bei einer starren Verbindung der Fall wäre, wobei stattdessen die Last verteilt wird.

[0041] Die [Fig. 3](#) zeigt, teilweise im Schnitt, den Rumpf eines Öltankers **30**, der so gestaltet ist, dass er die Vorteile des erfindungsgemäßen Strukturlaminelements nutzt. Der Außenrumpf **32** und der Innenrumpf **31** des Schiffs sind aus erfindungsgemäßen Strukturlaminelementen mit 10 mm-Stahlaußenschichten und einem 50 mm-Polyurethanelastomerkern aufgebaut. Die beiden Rümpfe sind mit einfachen Stahlplatten-Längsträgern **33** und Querstegplatten **35** an den doppelwandigen Querschotts **36** verbunden, wobei sich zusätzliche Längsstahlplatten **38** in Dollbord- und Bilgenbereichen befinden. Der Bedarf für Längs- oder Querversteifungselemente für beide Rümpfe wird beseitigt.

[0042] Die doppelwandigen Querschotts **36**, Deckträger und Längsdeckträger **37** sind ebenfalls aus erfindungsgemäßen Laminatstrukturelementen aufgebaut. Dies schließt weitere Versteifungselemente aus. Die Längsdeckträger **37** können durch Querträger ersetzt werden.

[0043] Das bevorzugte Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Laminelements besteht darin, das Elastomer direkt in einen durch die beiden Metallschichten gebildeten Hohlraum zu gießen oder zu injizieren. Wenn dies horizontal durchgeführt wird, werden die Metallplatten vorzugsweise durch Abstandshalter auseinander gehalten, die aus Metall oder einem Elastomer ausgebildet sein können. Wenn die Abstandshalter aus einem Elastomer ausgebildet sind, dann müssen sie mit dem Material, das die Masse der Zwischenschicht bildet, verträglich und etwas größer sein als der gewünschte Abstand, so dass sie unter dem Gewicht der oberen Platte auf den richtigen Abstand zusammengedrückt werden. Die Abstandshalter können länglich sein, so dass sie den Hohlraum in Räume aufteilen, die separat gefüllt werden können, oder es kann sich um einfache Stopfen handeln, um die das Elastomer fließt. Wenn die Abstandshalter länglich sind, können sie einen rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt aufweisen und entlang ihrer Länge bezüglich der Höhe variieren, um Elemente mit variierender Elastomerdicke bereitzustellen. Die Abstandshalter müssen mit Bindemitteln oder mit Verbindungen, die mit einem Elastomer verträglich sind, mit ausreichender Festigkeit an die Stahlplatten gebunden werden, so dass die Platten während des Injektionsvorgangs an Ort und Stelle gehalten werden, bis das Elastomer ausreichend ausgehärtet ist.

[0044] Die [Fig. 2](#) zeigt zu Veranschaulichungszwecken drei verschiedene Arten von Abstandshaltern, die beim Aufbau von erfindungsgemäßen Laminelementen verwendet werden können. Ein zylindrischer Elastomerstopfen **4A** wird verwendet, um die obere Platte zu stützen, ohne den zu füllenden Hohlraum aufzuteilen. Wenn der Hohlraum begrenzt oder geteilt werden soll, kann ein länglicher Metallabstandshalter **4B** oder ein länglicher Elastomerabstandshalter **4C** verwendet werden. Der Metallabstandshalter **4B** kann an die untere Platte mittels einer Kehlnaht geschweißt werden und eine Stumpfschweißung zwischen zwei Abschnitten der oberen Platte tragen, oder als Schweißunterlage für diese Schweißnaht dienen. Der Elastomerstopfen **4A** und der längliche Elastomerabstandshalter **4C** können vor dem Gießen an die Metallplatten geklebt werden und aus im Wesentlichen dem gleichen Elastomer hergestellt sein, das injiziert wird, oder aus einem davon verschiedenen Elastomer, das mit dem zu injizierenden Elastomer verträglich ist. Ein tatsächlich verwendetes Laminelement muss nicht alle diese verschiedenen Arten von Abstandshaltern erfordern.

[0045] Während des Gießens können die Platten geneigt gehalten werden, um das Fließen des Elastomers zu unterstützen, oder sogar vertikal gehalten werden, obwohl das Vorausfließen des Elastomers während des Gießens nicht übermäßig sein sollte und das Strömen der verdrängten Luft optimiert wer-

den sollte. Die Platten können auch an Ort und Stelle in der Struktur fixiert und mit dem Elastomer in situ gefüllt werden.

[0046] Strukturlaminatenelemente können mit einem anderen Element durch Bereitstellen eines Schweißrands angrenzend an einen Abschnitt des Strukturlaminatenelements, wodurch die Zwischenschicht von der ersten und der zweiten Schicht ausgenommen ist, Schweißen des Abschnitts an das andere Element, Füllen des Schweißrands mit ungehärtetem zweiten Elastomer, und Härten des ungehärteten zweiten Elastomers derart, dass es an die erste und die zweite Metallschicht und an die Zwischenschicht bindet, verbunden werden.

[0047] Um ein Schweißen des Elements an andere Elemente oder eine bestehende Struktur zu ermöglichen, ist es erforderlich, um die Kanten einen ausreichenden Schweißrand freizulassen, so dass sichergestellt ist, dass das Elastomer und dessen Bindung an die Stahlplatte nicht durch die Hitze des Schweißens beschädigt werden. Die Breite des Schweißrands wird von der Wärmebeständigkeit des Elastomers und der einzusetzenden Schweißtechnik abhängen, kann jedoch etwa 75 mm betragen. Wenn das Elastomer zwischen die Platten gegossen wird, muss der Schweißrand durch längliche Abstandhalter definiert werden.

[0048] Die Anzahl der erforderlichen Injektionsöffnungen wird von der verfügbaren Anlage zum Pumpen der Komponenten des Elastomers und der Bereitstellung eines minimalen Verspritzens (idealerweise ohne Verspritzen) und eines minimalen Luft-einschlusses (um Hohlräume zu minimieren) sowie von der Gelzeit des Elastomers abhängen. Die Öffnungen sollten sich im Hinblick auf die vorgesehene Anwendung des Elements an geeigneten Stellen befinden. Wenn das Element als Rumpfplatte in einem Doppelrumpfschiff verwendet werden soll, sind die Injektionsöffnungen idealerweise so angeordnet, dass sie auf den Zwischenrumpfspalt und nicht auf das Meer oder den Frachtraum gerichtet sind. Die Injektionsöffnungen sind idealerweise Schnelltrennöffnungen, möglichst mit Einwegventilen, die nach dem Gießen abgeschliffen werden können. Sie können auch mit Stopfen verschlossen werden, die nach dem Gießen glattgeschliffen werden.

[0049] Belüftungsöffnungen sind in jedem Hohlraum angeordnet, um das Austreten der gesamten Luft in dem Hohlraum zu ermöglichen und um sicherzustellen, dass kein Hohlraum zurückbleibt. Die Belüftungsöffnungen können mit einem Gewinde versehen sein, um das Einsetzen von Stopfen nach dem Füllen zu ermöglichen, oder sie können Ventile oder andere mechanische Vorrichtungen umfassen, die sich nach dem Füllen schließen. Die Belüftungsöffnungen und jeglicher Stopfen oder jegliches Ventil

können nach dem Aushärten des Elastomers glatt geschliffen werden.

[0050] In Injektionsöffnungen oder Belüftungsöffnungen eingesetzte Stopfen sollten aus einem Material hergestellt sein, das galvanische Eigenschaften aufweist, die mit denjenigen der Metallschichten verträglich sind. Wenn die Metallschichten aus Stahl hergestellt sind, können die Stopfen aus Messing hergestellt sein.

[0051] Der Injektionsvorgang muss überwacht werden, um ein gleichmäßiges Füllen des Hohlraums ohne Rückdruck sicherzustellen, der ein Quellen und eine ungleichmäßige Plattendicke verursachen kann. Die Injektion kann auch unter Verwendung von Schläuchen durchgeführt werden, die nach und nach zurückgezogen werden, wenn sich der Hohlraum füllt.

[0052] Nach der Herstellung kann es erforderlich sein, zu verifizieren, dass das Elastomer korrekt an den Metallschichten haftet. Dies kann mittels Ultraschall- oder Röntgentechniken durchgeführt werden.

[0053] Um beschädigte Elemente zu reparieren, oder wenn das Elastomer nicht richtig haftet, wird der beschädigte Bereich der Stahlplatte gesägt (kaltgeschnitten) oder mit einem Schweißbrenner geschnitten und das Elastomer wird herausgeschnitten oder herausgebrochen, z.B. unter Verwendung einer Nut- bzw. Oberfräse oder von mit Druck beaufschlagtem Wasser (Nassstrahlen), bis intaktes Elastomer freiliegt und ein Schweißrand erzeugt worden ist. Die freiliegende Oberfläche des verbleibenden Elastomers muss für ein Anhaften von neuem Elastomer, das in situ gegossen wird, ausreichend sauber sein.

[0054] Ein alternatives Herstellungsverfahren ist das Kleben vorgeformter Platten bzw. Blöcke aus Elastomer an Metallplatten.

[0055] Ein Prüfkörper einer Kielplatte für einen Massengutfrachter wurde unter Verwendung eines erfindungsgemäßen Verbundstrukturlaminats als Außenrumpf aufgebaut. Der Prüfkörper **50** ist in der [Fig. 5](#) gezeigt und umfasst eine Außenrumpfplatte **51**, eine Innenrumpfplatte **52**, Längsträger **53**, **54** und einen Querboden **55**. Zugangslöcher **56** für Messvorrichtungen wurden ebenfalls bereitgestellt, sind jedoch normalerweise nicht erforderlich.

[0056] Die Außenrumpfplatte **51** umfasste eine erste und eine zweite Metallschicht aus 8 mm-Weichstahl und eine Zwischenschicht aus einem 50 mm-Polyurethanelastomerkern, der im Wesentlichen frei von Hohlräumen war.

[0057] Aus Gründen der Einfachheit war der Innenrumpf eine einzelne 8 mm-Stahlplatte, die von dem

Außenrumpf durch die Längsträger **53**, **54**, die eine Höhe von 700 mm aufwiesen, getrennt war. Bei tatsächlichen Anwendungen würde die Innenhülle gewöhnlich auch ein erfindungsgemäßes Element sein, jedoch nicht zwangsläufig mit den gleichen Abmessungen. Der Prüfkörper wies einen Grundriss von 2600 × 5000 mm auf.

[0058] Innerhalb der Außenrumpfplatte waren Längs- und Querrahmabstandshalter bereitgestellt, um ein korrektes Gießen des Elastomers mit der verfügbaren Anlage sicherzustellen. Diese können weggelassen werden, wenn der gesamte Hohlraum der Außenplatte in einem Vorgang gegossen werden kann.

[0059] Der Prüfkörper wurde in einem horizontalen Reaktionsrahmen montiert, der die Steifigkeit der umgebenden Schiffsstruktur repräsentierte, und die Last wurde durch vier hydraulische 500-Tonnen-Betätigungsvorrichtungen ausgeübt. Das Verhalten der Prüfkörper unter Last ist in der [Fig. 6](#) veranschaulicht, welche die Querverschiebung gegen die ausgeübte Last zeigt.

[0060] Ein Scherzugversagen der Außenplatte des Außenrumpfs trat bei einer ausgeübten Last von 8201 kN auf.

[0061] Die [Fig. 7](#) zeigt einen Lukendeckel für ein Containerschiff, der die Regeln und Vorschriften des Lloyd-Registers erfüllt und der unter Verwendung erfindungsgemäßer Platten gestaltet worden ist. Die Platten **71** umfassten Außenschichten aus 4 mm-Stahl und eine Zwischenschicht mit 25 mm und erfordern keinerlei Versteifungselemente. Die Hauptträger **72** und der Kantenträger **73** weisen eine herkömmliche Form auf, jedoch ist die Anzahl der Sekundärträger **74** vermindert. Tertiärträger **75** sind für die Lukendeckelhebevorrichtung bereitgestellt und Kantenträgerauflagen **77** ermöglichen eine direkte Entfernung von Containerlasten. Gegebenenfalls sind Stützplatten **76** bereitgestellt.

[0062] Die Zwischenschicht wurde mit einem Füllstoff ausgestattet, um den Wärmeausdehnungskoeffizienten des Elastomers näher an denjenigen von Stahl (12×10^{-6} mm/mm/°C) zu bringen, um eine durch Temperaturänderungen hervorgerufene Delaminierung zu verhindern.

[0063] Der resultierende Lukendeckel wies eine äquivalente oder höhere Festigkeit auf wie eine herkömmliche, vollständig aus Stahl bestehende, versteifte Konstruktion, sowie einen beträchtlich einfacheren Aufbau, und zwar aufgrund der Verminderung der Länge der Schweißnaht als auch der Anzahl der erforderlichen Versteifungselemente und Teile.

[0064] Die vorliegende Erfindung wurde vorstehend

größtenteils bezüglich Schiffbauanwendungen beschrieben. Die Erfindung ist jedoch auch für andere Anwendungen geeignet, insbesondere für Anwendungen, bei denen in der Ebene und in der Querrichtung ausgeübte hohe Lasten erwartet werden, bei denen eine hohe Reißfestigkeit gewünscht ist oder bei denen es erwünscht ist, die Ausbreitung von Ermüdungsrissen zu beschränken.

Patentansprüche

1. Ein Strukturlaminelement, das eine erste Metallschicht mit einer ersten Innenfläche und einer ersten Außenfläche, eine zweite Metallschicht mit einer zweiten Innenfläche und einer zweiten Außenfläche, wobei die zweite Metallschicht von der ersten Metallschicht beabstandet ist, und eine Zwischenschicht umfasst, die aus einem Elastomer zusammengesetzt ist, das sich zwischen der ersten und der zweiten Innenfläche befindet und an diesen haftet, wobei das Elastomer einen Elastizitätsmodul E , der größer oder gleich etwa 250 MPa ist, und eine Duktilität aufweist, die größer ist als die Duktilität der Metallschichten.

2. Strukturlaminelement nach Anspruch 1, bei dem das Elastomer einen Elastizitätsmodul aufweist, der größer oder gleich etwa 275 MPa ist.

3. Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Elastomer eine Zugfestigkeit und Druckfestigkeit von mindestens 20 MPa aufweist.

4. Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Elastomer kompakt ist.

5. Strukturlaminelement nach Anspruch 4, bei dem der Gesamthohlraum in der Zwischenschicht weniger als etwa 20 % des Gesamtvolumens der Zwischenschicht beträgt.

6. Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Elastomer Polyurethan ist.

7. Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Zwischenschicht eine Dicke im Bereich von etwa 20 bis etwa 100 mm aufweist.

8. Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem mindestens eine der ersten und der zweiten Metallschicht aus Stahl ausgebildet ist.

9. Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die erste und die

zweite Metallschicht jeweils eine Dicke im Bereich von etwa 3,5 bis etwa 25 mm aufweisen.

10. Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das Verhältnis der Gesamtdicke der ersten und der zweiten Metallschicht zur Dicke der Zwischenschicht im Bereich von 0,1 bis 2,5 liegt.

11. Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Bindungsfestigkeit zwischen dem Elastomer und den Metallschichten mindestens 3 MPa beträgt.

12. Ein Boot oder Schiff, das mindestens ein Strukturlaminelement nach einem der vorstehenden Ansprüche umfasst.

13. Ein Verfahren zur Herstellung eines Strukturlaminelements, das die Schritte umfasst:
Bereitstellen einer ersten und einer zweiten Metallschicht in einer beabstandeten Beziehung, so dass dazwischen ein Kernhohlraum definiert wird,
Füllen des Kernhohlraums mit einem ungehärteten Elastomer, das dann, wenn es gehärtet ist, einen Elastizitätsmodul E , der größer oder gleich etwa 250 MPa ist, und eine Duktilität aufweist, die größer ist als die Duktilität der Metallschichten, und
Härten des Elastomers, so dass es an den Metallschichten haftet.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem der Schritt des Füllens so ausgeführt wird, dass ein Luft-einschluss derart minimiert wird, dass der Anteil der Hohlräume nach dem Härten weniger als 20 % beträgt.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, das ferner vor dem Schritt des Füllens den Schritt des Bereitstellens mindestens einer Belüftungsöffnung in dem Hohlraum umfasst.

16. Verfahren nach Anspruch 15, das ferner nach dem Schritt des Härtens den Schritt des Verschließens der Belüftungsöffnung umfasst.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, das ferner den Schritt des Bereitstellens von Abstandshaltern zum Aufrechterhalten des Abstands der ersten und der zweiten Metallschicht während der Schritte des Füllens und Härtens umfasst.

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem die Abstandshalter so bereitgestellt sind, dass sie derart Seitenkanten des Hohlraums definieren, dass die Elastomer-Zwischenschicht an mindestens einer Kante der ersten und der zweiten Metallschicht ausgenommen ist, um einen Schweißrand bereitzustellen.

19. Ein Verfahren zum Verbinden eines Strukturlaminelements, das eine erste und eine zweite Metallschicht und eine aus einem ersten Elastomer ausgebildete Zwischenschicht umfasst, mit einem anderen Element, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Bereitstellen eines Schweißrands angrenzend an einen Abschnitt des Strukturlaminelements, wodurch die Zwischenschicht von der ersten und der zweiten Schicht ausgenommen ist,
Schweißen des Abschnitts an das andere Element,
Füllen des Schweißrands mit einem ungehärteten zweiten Elastomer, das dann, wenn es gehärtet ist, einen Elastizitätsmodul E , der größer oder gleich etwa 250 MPa ist, und eine Duktilität aufweist, die größer ist als die Duktilität der Metallschichten, und
Härten des ungehärteten zweiten Elastomers, so dass es an der ersten und der zweiten Metallschicht und an der Zwischenschicht haftet.

20. Verfahren nach Anspruch 19, bei dem der Abschnitt ein Kantenabschnitt ist.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, bei dem der Schritt des Bereitstellens eines Schweißrands während der Herstellung des Strukturlaminelements durchgeführt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, bei dem der Schritt des Bereitstellens eines Schweißrands das Entfernen eines Teils der Zwischenschicht angrenzend an den Abschnitt z.B. durch Nutfräsen oder durch Hydrostrahlen umfasst.

23. Verfahren nach Anspruch 19 bis 22, bei dem das andere Element ein Strukturlaminelement ist, das eine erste und eine zweite Metallschicht und eine Elastomer-Zwischenschicht umfasst.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23, bei dem das erste und das zweite Elastomer gleich sind.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, bei dem der Schritt des Füllens das Bereitstellen mindestens einer Füllöffnung durch die erste oder die zweite Metallschicht oder die Zwischenschicht zu dem Schweißrand und das Einbringen des ungehärteten zweiten Elastomers durch die oder jede Füllöffnung zu dem Schweißrand umfasst, und das Verfahren nach dem Schritt des Härtens ferner den Schritt des Verschließens der oder jeder Füllöffnung umfasst.

26. Verfahren nach Anspruch 16 oder 25, bei dem der Schritt des Verschließens das Verschließen der oder jeder Öffnung mit einem Stopfen umfasst, der galvanische Eigenschaften aufweist, die mit den Metallschichten verträglich sind.

27. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19 oder einem davon abhängigen Anspruch, bei dem der Schweißrand eine Breite von mindestens etwa 75 mm aufweist.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 27, bei dem das Elastomer, wenn es gehärtet ist, an den Metallschichten mit einer Bindungsfestigkeit von mindestens 3 MPa haftet.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Fig.1.

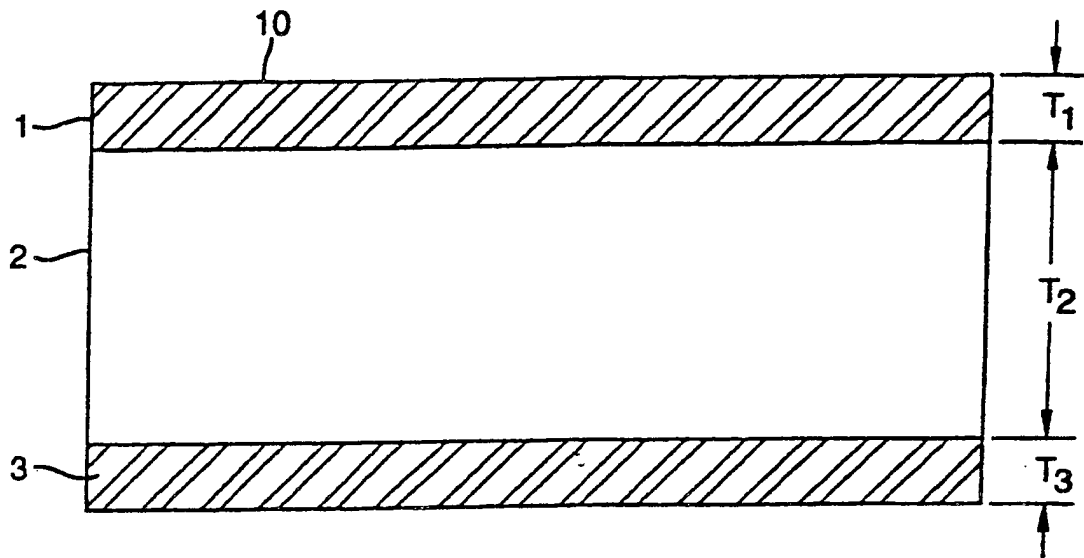


Fig.2.

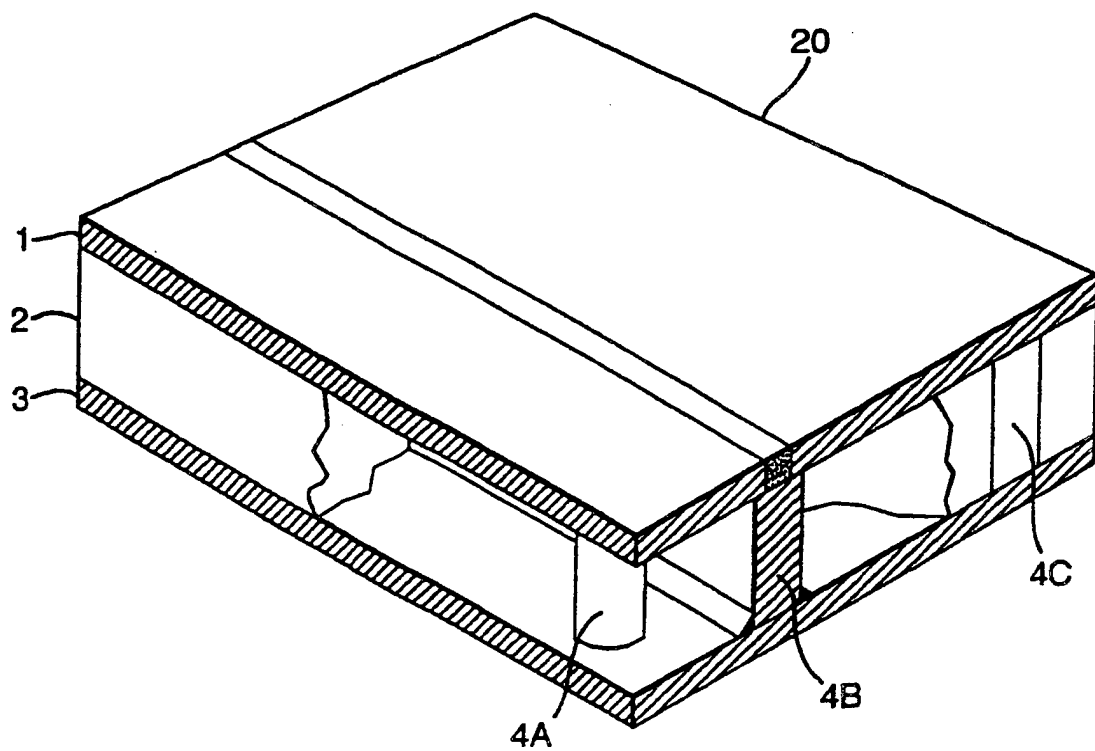


Fig.3.

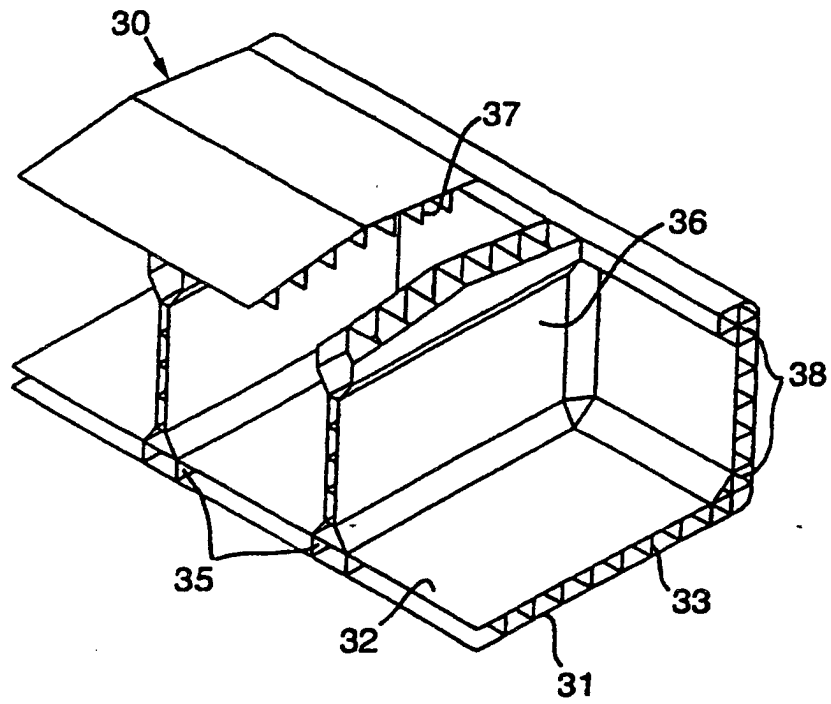


Fig.4.

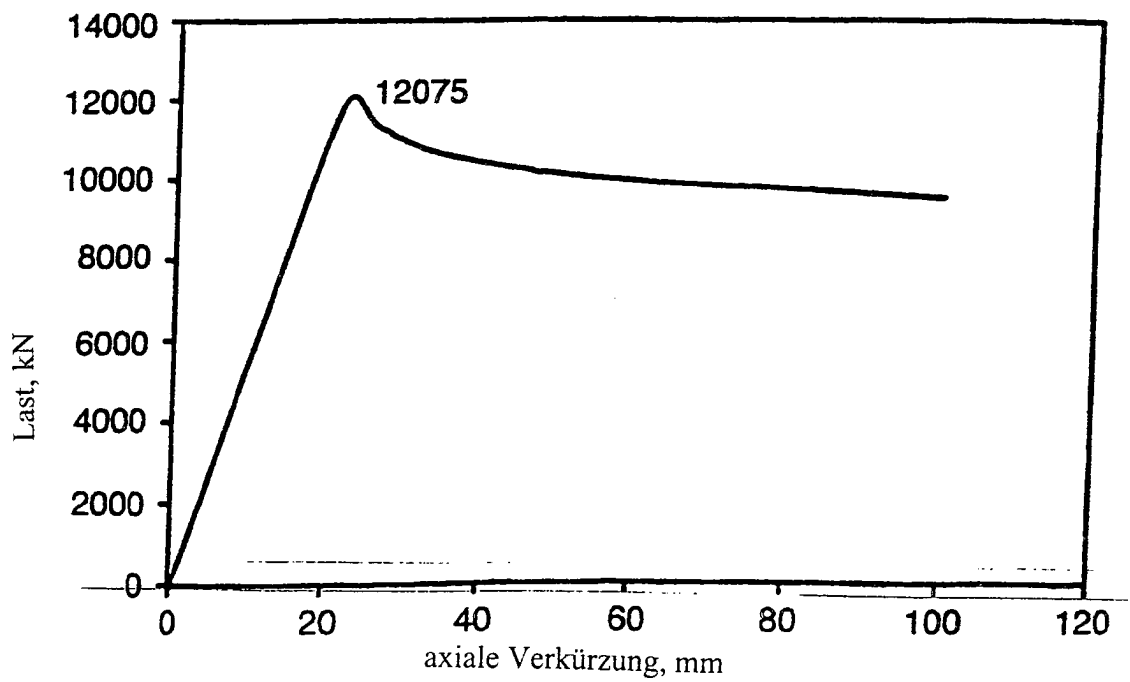


Fig.5.

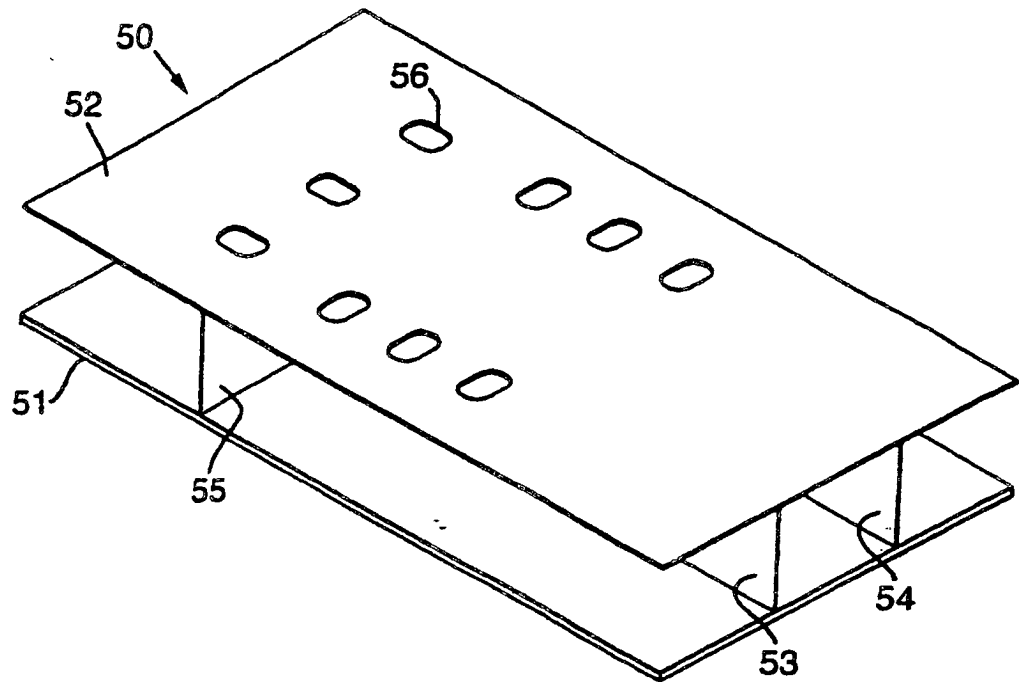


Fig.6.

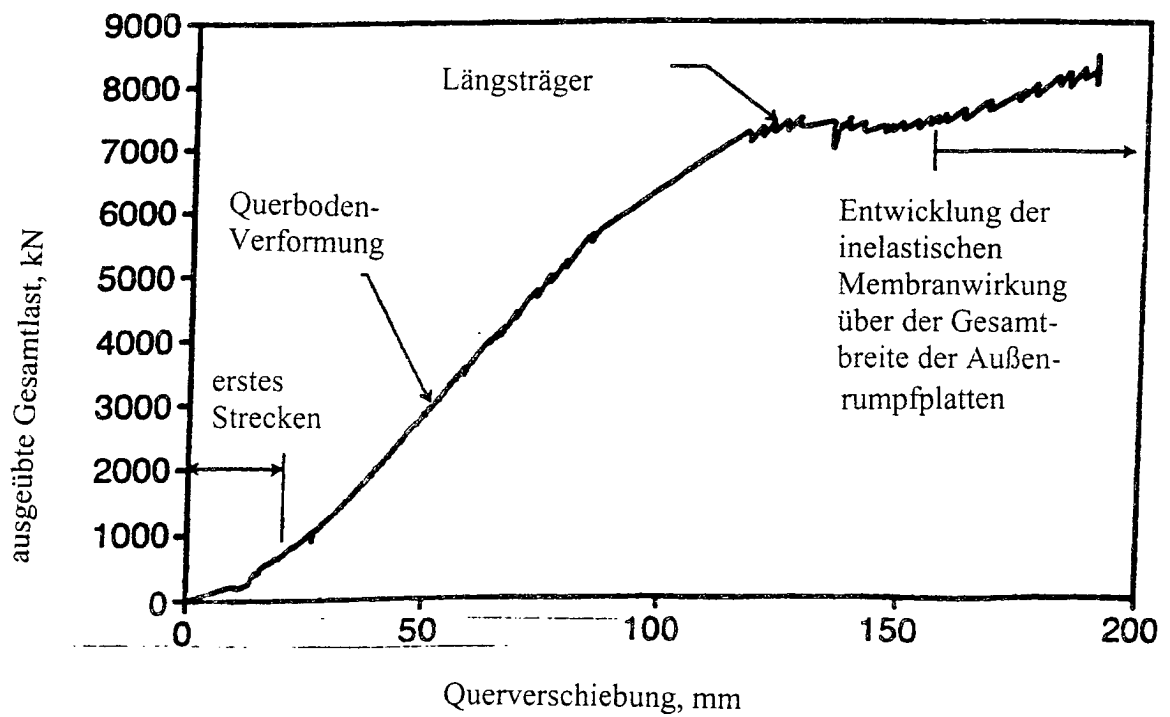


Fig.7.

