

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-506877

(P2004-506877A)

(43) 公表日 平成16年3月4日(2004.3.4)

(51) Int.Cl.⁷
G01N 3/30F I
G O 1 N 3/30Z
テーマコード (参考)
2 G O 6 1

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2002-506071 (P2002-506071)
(86) (22) 出願日 平成13年6月27日 (2001.6.27)
(85) 翻訳文提出日 平成14年6月17日 (2002.6.17)
(86) 国際出願番号 PCT/IB2001/001141
(87) 国際公開番号 W02002/001185
(87) 国際公開日 平成14年1月3日 (2002.1.3)
(31) 優先権主張番号 0015940.0
(32) 優先日 平成12年6月30日 (2000.6.30)
(33) 優先権主張国 イギリス (GB)

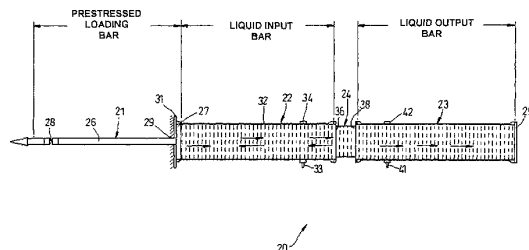
(71) 出願人 501491583
ヨーロッパ・コミュニティ
ベルギー国 ブリュッセル ビー-104
9、リュ ドゥ ラ ロア、200
(74) 代理人 100066898
弁理士 河野 昭
(72) 発明者 アルベルティーニ、カルロ
イタリア国 イスプラ アイ-21027
、ヴィア ディ ピーニ、17
(72) 発明者 ラビーベス、カーメル
イタリア国 オリノ アイ-21030、
ヴィア ガリバルディ、19
(72) 発明者 ソロモス、ジョルジュ
イタリア国 カスキアーゴ アイ-210
20、ヴィア ジー パスコリー、7
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 衝突試験装置

(57) 【要約】

【解決手段】

衝突試験装置(20)は、非圧縮性液体より形成され、衝撃特性を測定しようとする試料(24)がその間に配置される入力部材(22)および出力部材(23)を含む。圧縮波が入力部材(22)に入力され、試料(24)を通して出力部材(23)に伝搬する。適切な検出器(33, 34)が入力圧縮波、出力圧縮波および試料(24)から反射した入力圧縮波のいずれかの部分を検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定しようとする試験片をその間に配置できる入力部材および出力部材と、前記入力部材は入力圧縮波を受け取りこれを試料に伝搬するように適応されており、前記出力部材は前記試料から出力圧縮波を受け取るように適応されており、さらに、入力圧縮波、出力圧縮波および前記試料から反射した前記入力圧縮波のいずれかの部分を検出するための検出手段とを含み、前記入力部材および出力部材は非圧縮性液体を含む、衝突試験装置。

【請求項 2】

液体の密度が試料のそれと 1 オーダー未満の差異であり、それぞれの密度の間の関係が以下の式、

10

$$1 < \frac{\rho_{LIQ} * C_{LIQ} * A_{BAR LIQ}}{\rho_{SAMPLE} * C_{SAMPLE} * A_{SAMPLE}} > 10$$

(ここで、

ρ は密度、 C は弾性波速度、 A は断面積である)

20

によって定義される、請求項 1 記載の装置。

【請求項 3】

液体は、 ρ_{LIQ} ρ_{SAMPLE} かつ C_{LIQ} C_{SAMPLE} であることにより以下の式がその関係を定義するように選択される、請求項 2 記載の装置。

$$1 < \frac{A_{LIQ}}{A_{SAMPLE}} < 10$$

30

【請求項 4】

前記入力部材および出力部材は、その端が前記試料と接触しており、試料のそれとほぼ等しい密度を有するように適応されている、中空円筒形部材を含む、請求項 1～3 のいずれかに記載の装置。

【請求項 5】

端の適応がそれぞれの入力部材および出力部材の端を閉鎖するクロージャ部材を含む、請求項 4 記載の装置。

【請求項 6】

40

少なくとも 1 つの歪みゲージが、試験中に前記各部材の周方向変形 $\epsilon_{CIRCUMF.}$ を測定するために入力部材および出力部材の各々に隣接して取り付けられ、それにより各部材における圧力が以下の式、

$$\epsilon_{CIRCUMF.} = \frac{PR}{tE}$$

(ここで、 R は部材半径、 E は部材材料の弾性率、 T はそれぞれの部材の圧力パルス振幅

50

P_R または P_T に正比例する部材肉厚である) に従って計算され得る、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の装置。

【請求項 7】

圧力パルスの振幅は入力部材および出力部材と接して配置された圧力変換器によって測定される、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の装置。

【請求項 8】

入力部材および出力部材の直径 D は部材の長さより少なくとも 10 倍小さく、それにより、試料の応力 σ_{ST} 、 ε_{ST} および歪み速度 $\dot{\varepsilon}_{ST}$ が、入力部材における入射圧力パルス P_I および反射圧力パルス P_R および、出力部材における伝達圧力パルス P_T の測定値にもとづき、以下の式、

10

$$\frac{\sigma(t)}{ST} = \frac{A_{LIQUID} P_T(t)}{A_{ST}}$$

$$\frac{\varepsilon(t)}{ST} = \frac{2}{L_{ST}} \int_0^t V_R(t) dt$$

20

$$\frac{\dot{\varepsilon}(t)}{ST} = \frac{2}{L_{ST}} V_R(t)$$

$$V_R(t) = \frac{P_R(t)}{\rho_{LQ} C_{LQ}}$$

30

(ここで、
 σ_{ST} は軟組織における応力、
 ε_{ST} は軟組織の歪み、
 $\dot{\varepsilon}_{ST}$ は軟組織の歪み速度、
 A_{LIQUID} は組織カラムの断面積、
 A_{ST} は組織試験片の断面積、
 t は時間、
 C_{LQ} は液体における波の速度、
 L_{ST} は軟組織試験片のゲージ長、
 V_R は反射圧力パルス P_R と相関する液体粒子速度である)
 に従って計算され得る、請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の装置。

40

【請求項 9】

装置はさらに、前記試料と前記入力部材との間に間挿された衝撃緩和材料を含む、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の装置。

【請求項 10】

入力圧縮波は膨張性衝撃緩和装置の膨張によって入力部材において発生する、請求項 1 ～

50

9 のいずれかに記載の装置。

【請求項 1 1】

図面の図 2、3、4 または 5 に関して実質的に記載された装置。

【請求項 1 2】

その特性を測定しようとする試料を、各々が非圧縮性液体を含む入力部材および出力部材の間に間挿することと、入力部材において入力圧縮波が生じ試料に伝搬されるように構成することと、入力圧縮波、出力部材におけるいずれかの出力圧縮波、および試料から反射した入力圧縮波のいずれかの部分を検出することを含む、材料の衝撃特性を試験する方法。

【請求項 1 3】

前記試料と前記入力部材と間に衝撃緩和材料を間挿する工程をさらに含む、請求項 1 2 を記載の方法。

【請求項 1 4】

前記入力部材において入力圧縮波が生じるように構成する工程は、膨張性衝撃緩和装置の膨張によって実行される、請求項 1 2 または 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

図面の図 2、3、4 または 5 に関して実質的に記載された方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、衝突試験装置、より詳細には、衝突に際して構造車両部品による人体部分の衝撃特性を試験するための当該装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

いわゆるホプキンソン棒の修正物により形成された衝突試験装置を用いて車両衝突時の人体部分の衝撃特性を測定することが提起されている。ホプキンソン棒は、衝撃荷重下の材料の機械的性質を測定するための公知の装置である。

【0003】

そうした装置は通常、衝撃棒に衝突する発射体を含む。入力棒との発射体の衝突は、入力棒によって伝搬する圧縮入射パルス ε_I を入力棒において発生させる。測定しようとする試験片を入力棒と出力棒との間に配置し、入射パルス ε_I が入力棒と試験片との間の界面に到達すると、入射パルスの一部は反射され (ε_R)、他の部分 ε_T は試験片中に伝搬し、試験片を変形させて、さらに出力棒に伝搬する。入力棒および出力棒に歪みゲージをそれぞれ配置することによって、 ε_T と同様に、 ε_I および ε_R が測定できる。 ε_I 、 ε_R および ε_T の測定は、以下の一軸弾性波伝搬理論の適用によって試験片の機械的性質（応力 σ 、歪み ε 、歪み速度 $\dot{\varepsilon}$ ）の計算を可能にする。

【0004】

$$\sigma_s = E \frac{A_o}{A_s} \varepsilon_T,$$

式中、

E：棒の弾性率

A_o：棒の断面積

A_s：試験片の断面積

【0005】

$$\varepsilon_s = \frac{2C_o}{L_s} \int_0^t \varepsilon_R dt$$

10

式中、

C_o : 棒における弾性波速度

L_s : 試験片ゲージ長

t : 時間

【0006】

$$\dot{\varepsilon}_s = \frac{2C_o}{L_s} \varepsilon_R$$

20

【0007】

しかし、一軸弾性波伝搬理論は、入力棒および出力棒の断面が試験片の断面より大きく、試験片が破断まで変形した時に各棒が弾性を保持したままでいなければならない場合に、正しく使用できるにすぎない。さらに、入力棒および出力棒の直径は ε_I の波長よりはるかに小さくしなければならない。また、入力棒および出力棒と試験片との間に大きな機械インピーダンスの不整合が存在してはならない。従って、棒の機械インピーダンス $Z = \rho_{BAR} * C_{BAR} * A_{BAR}$ は試験片の機械インピーダンス $Z_{SPEC} = \rho_{SPEC} * C_{SPEC} * A_{SPEC}$ より大きいオーダーであることはできない。

30

ここで、

ρ は材料の密度、

A は断面積、

C は音速である。

【0008】

実際、機械インピーダンスの不整合が1オーダーより大きい場合、入力棒と試験片との間の界面には ε_I のほとんど全反射が存在し、 ε_T は出力棒において正確さを伴って記録され得ないほど小さくなるであろう。

40

【0009】

機械インピーダンスの不整合の帰結はこれまで、このようにして形成された衝突試験装置の適用を、鋼、コンクリートまたは中密度 ($3 \sim 4 \text{ g/mm}^2$) 複合材料の試験片の試験に實際上制限してきた。特に、この形式の装置は、人間の軟組織または、そのような組織を模した軟質材料または物体の衝撃特性を測定するために使用され得なかった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

従って、本発明の目的は、修正ホプキンソン棒システムを軟組織または他の軟質材料の衝撃特性を測定するために使用することができ、上述のインピーダンス不整合と関係する問題が排除される、衝突試験装置を提供することである。

50

【0011】

【課題を解決するための手段】

それゆえ、本発明の第1の態様によれば、測定しようとする試験片をその間に配置できる入力部材および出力部材と、前記入力部材は入力圧縮波を受け取りこれを試料に伝搬するように適応されており、前記出力部材は前記試料から出力圧縮波を受け取るように適応されており、さらに、入力圧縮波、出力圧縮波および前記試料から反射した前記入力圧縮波のいずれかの部分を検出するための検出手段とを含み、前記入力部材および出力部材は非圧縮性液体を含む、衝突試験装置が提供される。

【0012】

この装置により、機械インピーダンス不整合が入力部材および出力部材の非圧縮性液体の使用によって1オーダー未満に低減されるので、人体組織または他の軟質材料の衝撃特性を測定できる衝突試験装置を提供することが可能である。 10

【0013】

本発明の第2の態様によれば、その特性を測定しようとする試料を、各々が非圧縮性液体を含む入力部材および出力部材の間に間挿することと、入力部材において入力圧縮波が生じ試料に伝搬されるように構成することと、入力圧縮波、出力部材におけるいずれかの出力圧縮波および試料から反射した入力圧縮波のいずれかの部分を検出することとを含む、材料の衝撃特性を試験する方法が提供される。

【0014】

以下に本発明を添付図面に関して例示としてのみ説明する。 20

【0015】

【発明の実施の形態】

ここで図面を参照すれば、図1には、ホプキンソン棒構成を採り入れている公知の形式の衝突試験装置10が示されている。

【0016】

装置10は、発射体12を入力棒13に高速で発射するガス銃11を含む。入力棒13は出力棒14と連結されており、その特性を測定しようとする試験片16が入力棒13および出力棒14それぞれの間に挟まれている。

【0017】

使用時、発射体12は入力棒13に高速で発射され、衝突すると入力棒13において圧縮波 ε_I を生じ、それは入力棒13に沿って入力棒13と試験片16との間の界面17に進行する。前述の通り、この界面17において、波の一部は、試験片の変形および、棒13と試験片16との間のインピーダンス不整合に依存して反射され(ε_R)、そして残りの部分 ε_T は試験片16に伝達され試験片16を変形させる。伝達された波 ε_T はその後、試験片16を出て、出力棒14に伝達される。 ε_I 、 ε_R および ε_T は、入力棒13および出力棒14にそれぞれ取り付けられた歪みゲージ(図示せず)を用いて適宜に測定され、歪みゲージによって測定された値から、本明細書の導入部の段落に記載した式を用いて、試験片の衝撃特性を計算することができる。 30

【0018】

この構成による問題は、例えば人体組織または他の軟質材料による場合のように、入力棒13または出力棒14の機械インピーダンスとの不整合の大きさが1より大きい機械インピーダンスの差異がある試験片の特性を測定するために使用できないことである。 ε_R が100%に向かう傾向があり、 ε_T がほとんど0になり、結果的に ε_T の測定値における低い正確さ、従って試験片の強さの測定値における低い正確さとなるからである。 40

【0019】

本発明に従った装置20の第1の実施形態が図2に示されている。

【0020】

装置20は、試験片24によって液体出力部材23と連結されている液体入力部材22に延長するプレストレスト荷重部材21を含む。

【0021】

プレストレスト荷重部材 2 1 は、プランジャ部材 2 6 およびプランジャ板 2 7 によって形成されたプランジャ装置を含む。プランジャ部材 2 6 には脆弱領域 2 8 が設けられている。脆弱領域 2 8 は、縮小直径の部分または、領域 2 8 の区域における引張強さの低減をもたらすあらゆる他の適切な構成を含み得る。プランジャ部材 2 6 は、プランジャ板 2 7 が液体入力部材 2 2 内に設けられ、プランジャ部材が張力装置（図示せず）との接続に適應されるように、入力クロージャ 3 1 の開口 2 9 を通って液体入力部材 2 2 の一端に延長する。

【0022】

入力クロージャ 3 1 は、地面に堅固に接続されており、プランジャが張力装置による張力下に置かれた時に液体のプランジャ板 9 7 を支持するように作動する。

10

【0023】

液体入力部材 2 2 は、非圧縮性液体を収容し、好ましくは鋼またはアルミニウムで形成される中空円筒形部材 3 2 を含む。入力部材 2 2 の一端は、プランジャ装置が延長する入力クロージャ 3 1 によって閉鎖されている。少なくとも 1 つの圧電変換器 3 3 が、中空円筒形部材 3 2 の壁を貫通し、液体の圧力変化を測定するためにその内部に延長しており、変換器は、部材 2 2 の反対端から入力クロージャ 3 1 までの適切な距離に配置されている。また、少なくとも 1 つの歪みゲージ 3 4 も同様に入力部材 2 2 の反対端から適切な距離で中空円筒形部材 3 2 の壁に備わっており、歪みゲージ 3 4 は、中の液体の圧力変化による液体入力部材 2 2 の周囲壁の変形を測定するために作動する。入力部材 2 2 と試験片 2 4 との間の界面からの圧電変換器 3 3 または歪みゲージ 3 4 の距離は、入射パルスおよび反射パルスを別個に記録するために十分でなければならない（例えば 0.5 m）。液体入力部材 2 2 の反対端は軟質膜の形式のシール 3 6 によって閉鎖されている。

20

【0024】

液体出力部材 2 3 は、入力部材 2 2 と概ね類似であり、入力部材に最も近いその端 2 3 も軟質膜の形式のシール 3 8 によって閉鎖されており、他方の端は出力クロージャ 3 9 によって閉鎖されている。同様に、少なくとも 1 つの圧電変換器 4 1 および少なくとも 1 つの歪みゲージ 4 2 が、液体入力棒 2 2 に関して上述したことと類似の態様で出力部材 2 3 と試験片 2 4 との間の界面から同距離で一端に隣接して設けられている。

【0025】

入力部材および出力部材 2 2、2 3 に備えられる非圧縮性液体は、入力部材 2 2 と出力部材 2 3 との間の機械インピーダンスの差異が、その特性を測定しようとする試験片 2 4 に関して以下の通り定義されるように選択される。

30

【0026】

$$1 < \frac{A_{Li} \rho_{Li} C_{Li}}{A_{spec} \rho_{spec} C_{spec}} > 10$$

40

ここで、

A_{Li} は入力端の出力部材の液体の断面積、

ρ_{Li} は入力部材または出力部材の液体密度、

C_{Li} は液体中の音速、

A_{spec} 、 ρ_{spec} 、 C_{spec} は試験片に関する同じ値である。

【0027】

通常、以下の変形によってその答えを得ることが単純であろう。

【0028】

$$\frac{A_{Li}}{A_{spec}} < 10 \text{ since } \frac{\rho_{Li}}{\rho_{spec}} \text{ and } \frac{C_{Li}}{C_{spec}} \approx 1$$

【0029】

使用の際、その特性を測定しようとする軟質試験片24は、入力部材22および出力部材23の間に置かれ、入力部材および出力部材22、23の端をそれぞれ閉鎖する柔軟シール36および38の間で保持される。プレストレスト荷重部材21は、プランジャ部材26が脆弱領域28の区域において破断するまでいずれかの適切な方法で引張られる。これは、プランジャ部材26に蓄えられた弾性位置エネルギーを解放させ、部材26が入力部材22に向けて駆動されると、プランジャ板27が中空入力部材22内で移動し入力部材22の液体に縦方向圧縮波パルス P_I の発生を生じさせることになる。圧縮パルスは、シール36を通過して軟質試料24にぶつかるまで入力部材22を伝搬する。圧縮パルスが軟質試料24にぶつかると、試験片24の変形により、圧縮波の一部は反射され(P_R)、別の部分 P_T は軟質試料24に伝達されて試料を変形させる。伝達された部分 P_T は試料24を通過して出力部材23に移る。さらに、入力部材および出力部材22、23における非圧縮性液体の使用により、縦方向圧縮波パルスの発生による入力部材および出力部材での圧力変化がそれぞれの部材22、23の壁に同じ値で伝達されることになる。これは、入力部材および出力部材22、23の歪みゲージ34、41が、液体での入射圧力パルス P_I 、 P_R および P_T によってそれぞれ生じる入力部材および出力部材22、23の壁の周方向変形 ε_{CI} 、 ε_{CR} および ε_{CT} を時間の関数として記録することができ、その結果、圧力値 P_I 、 P_R および P_T を計算できることを意味する。

【0030】

実際、各部材の液体内部の圧力 P は、歪みゲージが以下に従って測定する、部材の壁の周方向変形と関係する。

【0031】

$$\varepsilon_{circum} = \frac{PR}{ED}$$

ここで、

P ：液体における圧力

R ：中空円筒形部材の半径

E ：中空円筒形部材材料の弾性率

D ：中空円筒形部材の壁厚

【0032】

従って、 P_I 、 P_R および P_T の値は以下の関係式から計算できる。

【0033】

10

20

30

40

$$P_I = \frac{\varepsilon_{CI} \cdot D \cdot E}{R}$$

ここで、

ε_{CI} は P_I によって生じた中空円筒形部材の周方向変形である。

【0034】

10

$$P_R = \frac{\varepsilon_{CR} \cdot D \cdot E}{R}$$

ここで、

ε_{CR} は P_R によって誘起された中空円筒形部材の周方向変形である。

【0035】

20

$$P_T = \frac{\varepsilon_{CT} \cdot D \cdot E}{R}$$

ここで、

ε_{CT} は P_T によって誘起された中空円筒形部材の周方向変形である。

【0036】

30

値 P_I 、 P_R および P_T 、すなわち液体圧力は、代替的または補助的に、入力部材および出力部材 22、23 にそれぞれ取り付けられた圧電素子 33、41 によって直接測定することもできる。

【0037】

値 P_I 、 P_R および P_T が時間の関数として計算されるか、または直接に測定されると、衝撃によってそれに生じた応力、歪みおよび歪み速度といった軟質試料の機械的性質は、以下の式を用いて計算することができる。

【0038】

$$\frac{\sigma(t)}{ST} = \frac{A_{LIQUID} P_T(t)}{A_{ST}}$$

40

$$\frac{\varepsilon(t)}{ST} = \frac{2}{L_{ST}} \int_0^t V_R(t) dt$$

50

$$\dot{\varepsilon}_{ST}(t) = \frac{2}{L_{ST}} V_R(t)$$

$$V_R(t) = \frac{P_R(t)}{\rho_{LQ} C_{LQ}}$$

10

ここで、

σ_{ST} : 軟組織の応力、

ε_{ST} : 軟組織の歪み、

$\dot{\varepsilon}_{ST}$: 軟組織の歪み速度、

A_{LIQUID} : 組織カラムの断面積、

A_{ST} : 組織試験片の断面積、

t : 時間、

C_{LIQ} : 液体における波の速度、

L_{ST} : 軟組織試験片のゲージ長、

V_R : 反射圧力パルス P_R と関連する液体粒子速度である。

20

【0039】

値 σ_{ST} 、 ε_{ST} および $\dot{\varepsilon}_{ST}(t)$ は、衝撃に際して軟質試料がどのように反応するかを指示する値である。

【0040】

入力部材および出力部材 22、23 の間に人間の軟組織試料 24 を置くことが可能であるはずであり、その組織の特性が本発明の装置を用いて直接に測定できることが予想される。これは、機械インピーダンスの不整合が P_I 、 P_R および P_T の記録を不可能にする結果とさせるので、固体の入力部材および出力部材を使用する既存の装置ではできないであらう。

30

【0041】

軟組織試料の特性を直接に測定する代替例として、図 3 に示すように、自動車構造部品 43 を入力部材および出力部材 22、23 の間の試料 24 と接触して配置することができ、この構成を用いて、その構造部品の組織への衝突の傷害結果を定量化することが可能である。また、図 4 に示す通り、人体組織試料 24 が被る傷害の低減に対する衝撃エネルギー吸収材料 44 の効果を、自動車部品 43 と組織試料 24 との間に材料を置くことによって調べることができる。

【0042】

さらに別の代替として、図 5 に示すように、プレストレスト荷重棒を使用するのではなく、液体入力部材 22 の前面で間接的に自動車エアバッグ装置 46 を作動させることも可能である。エアバッグ装置 46 の作動は、プレストレスト荷重棒の使用によって生じるものと類似の態様で圧縮パルスの、従って、上述のように測定される入射圧縮波 P_I 、反射圧縮波 P_R および伝達圧力波 P_T の発生をもたらすはずである。従って、人体組織試料 24 への圧縮波パルスの効果を測定することができる。

40

【0043】

当然ながら、本発明は例示としてのみ記載されている上述の実施形態の詳細に制限されるように意図されていないことを理解しなければならない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

50

ホプキンソン棒を利用する公知の形式の衝突試験装置の略図である。

【図 2】

本発明による衝突試験装置の第 1 の実施形態を概略形式で示す。

【図 3】

本発明による衝突試験装置の第 2 の実施形態を概略形式で示す。

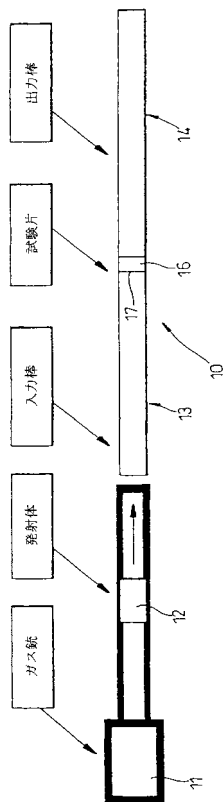
【図 4】

本発明による衝突試験装置の第 3 の実施形態を概略形式で示す。

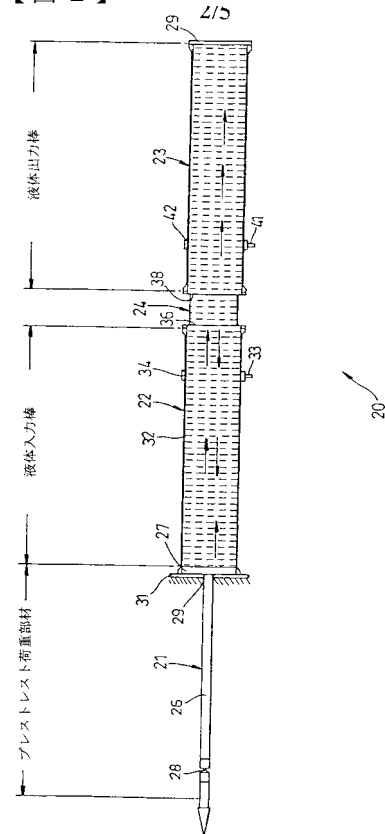
【図 5】

本発明による衝突試験装置の第 4 の実施形態を概略形式で示す。

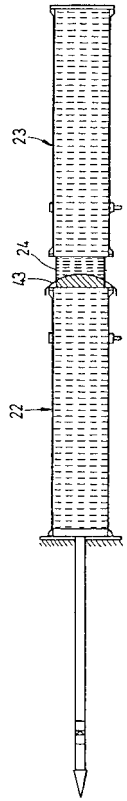
【図 1】



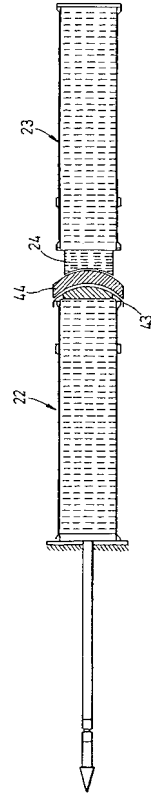
【図 2】



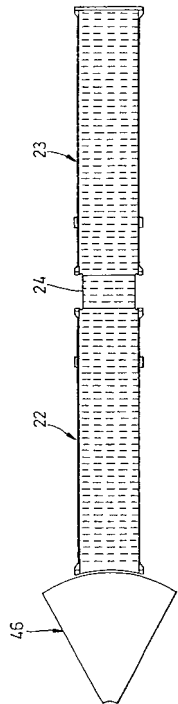
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
3 January 2002 (03.01.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/01185 A1

(51) International Patent Classification: G01N 3/30

(21) International Application Number: PCT/IB01/01141

(22) International Filing Date: 27 June 2001 (27.06.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 0015940.0 30 June 2000 (30.06.2000) GB

(71) Applicant (for all designated States except US): EUROPEAN COMMUNITY [—LU]; Rue Alcide de Gasperi, L-2920 Luxembourg (LU).

(72) Inventors; and
(75) Inventors/Applicants (for US only): ALBERTINI, Carlo [IT/IT]; Via dei Pini, 17, I-21027 Ispra (IT); LABIBES, Kamel [IT/IT]; Via Garibaldi, 19, I-21030 Orino (IT); SOLOMOS, George [IT/IT]; Via G. Pascoli, 7, I-21020 Casciago (IT).

(74) Agents: HILL, Richard et al.; Wilson Gunn Skerrett, Charles House, 148/9 Great Charles Street, Birmingham B3 3HT (GB).

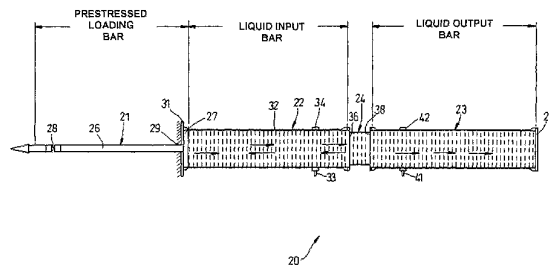
(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:
— with international search report
— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: COLLISION TEST APPARATUS



(57) Abstract: A collision test apparatus (20) comprises input (22) and output members (23) formed from incompressible liquids and between which is positioned a sample (24) whose impact characteristics are to be measured. A compression wave is input to the input member (22) and propagated through the sample (24) and into the output member (23). Suitable detectors (33, 34) detect the input compression wave, output compression wave and any part of the input compression wave reflected off the sample (24).

WO 02/01185 A1

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-1-

COLLISION TEST APPARATUS

This invention relates to a collision test apparatus and more particularly to such an apparatus for testing impact characteristics of human body parts with structural vehicle parts in collisions.

- 5 It has been proposed to measure impact characteristics of human body parts in vehicle collisions using collision test apparatus formed from a modification of a so-called Hopkinson bar. A Hopkinson bar is a well known device for measuring the mechanical properties of materials under impact loading.
- 10 Such apparatus usually comprises a projectile which impacts against an impact bar. The impact of the projectile with the input bar causes a compression incident pulse ε_i to be generated in the input bar which propagates through the input bar. A specimen to be measured is positioned between the input bar and an output bar and when the incident pulse ε_i
- 15 reaches the interface between the input bar and the specimen, a part of the incident pulse is reflected ε_R and the other part ε_T propagates into the specimen where it deforms the specimen and then propagates into the output bar. By positioning strain gauges on the input bar and output bar respectively, ε_i and ε_R can be measured as can ε_T . Measurement of ε_i , ε_R and
- 20 ε_T allows the calculation of mechanical properties (stress σ , strain ε , strain rate $\dot{\varepsilon}$) of the specimen by application of the uniaxial elastic wave propagation theory:

CONFIRMATION COPY

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-2-

$$\sigma_s = E \frac{A_o}{A_s} \varepsilon_T, \quad \text{where} \quad \begin{array}{l} E = \text{elastic modulus of the bar} \\ A_o = \text{cross sectional area of the bar} \\ A_s = \text{cross sectional area of the specimen} \end{array}$$

$$\varepsilon_s = \frac{2C_o}{L_s} \int_0^t \varepsilon_R dt \quad \text{where} \quad \begin{array}{l} C_o = \text{elastic wave speed in the bar} \\ L_s = \text{specimen gauge length} \\ t = \text{time} \end{array}$$

$$\dot{\varepsilon}_s = \frac{2C_o}{L_s} \varepsilon_R 10$$

However, the uniaxial elastic wave propagation theory can only be correctly used if the cross section of the input and output bars is higher than the cross section of the specimen and the respective bars must remain elastic as the specimen deforms until fracture. Furthermore, the diameter of the input and output bars must be much smaller than the wavelength of ε_i . Still further there must not be a large mechanical impedance mismatch between input and output bars and the specimen. Therefore the mechanical impedance of the bar $Z = \rho_{\text{BAR}} * C_{\text{BAR}} * A_{\text{BAR}}$ cannot be an order of magnitude higher than the mechanical impedance of the specimen $Z_{\text{SPEC}} = \rho_{\text{SPEC}} * C_{\text{SPEC}} * A_{\text{SPEC}}$

where $\begin{array}{l} \rho = \text{material density} \\ A = \text{cross sectional area} \\ C = \text{sound speed} \end{array}$

In fact, if the mechanical impedance mismatch is higher than an order of magnitude there is nearly total reflection of ε_i at the interface between input bar and specimen and ε_r will be so small that it cannot be recorded

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-3-

with accuracy in the output bar.

The consequences of mechanical impedance mismatch have hitherto limited practically the application of collision test apparatus formed in this way to the testing of specimens of steel, concrete or medium density (3-
5 4g/mm³) composite materials. In particular this type of apparatus has not been capable of being used to measure impact characteristics of human soft tissue or other soft materials or bodies which stimulate such tissue.

It is accordingly an object of the present invention to provide a collision test apparatus in which a modified Hopkinson bar system can be
10 used to measure the impact characteristics of soft tissue or other soft materials and in which the problems associated with impedance mismatch mentioned above are obviated.

Thus and in accordance with a first aspect of the present invention therefore there is provided a collision test apparatus comprising an input
15 member and output member between which a specimen to be measured can be positioned, said input member being adapted to receive an input compression wave and propagate the same to the sample and said output member being adapted to receive an output compression wave from said sample and detection means to detect the input compression wave, the
20 output compression wave and any part of said input compression wave reflected from said sample wherein said input and output members comprise incompressible liquids.

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-4-

With this arrangement it is possible to provide collision test apparatus in which the impact characteristics of human tissue or other soft materials can be measured since the mechanical impedance mismatch is reduced to less than an order of magnitude by the use of incompressible liquids in the input and output members.

In accordance with a second aspect of the present invention there is provided a method of testing impact characteristics of a material comprising interposing a sample whose characteristics are to be measured between input and output members each comprising incompressible liquids, arranging for an input compression wave to be created in the input member and propagated to the sample, detecting the input compression wave, any output compression wave in the output member and any part of the input compression wave reflected from the sample.

The invention will now be described further by way of example only and with reference to the accompanying drawings in which:-

Fig. 1 shows a schematic representation of a known form of collision test apparatus utilising a Hopkinson bar;

Fig. 2 shows in schematic form a first embodiment of collision test apparatus according to the present invention;

Fig. 3 shows in schematic form a second embodiment of collision test apparatus according to the present invention;

Fig. 4 shows in schematic form a third embodiment of collision test

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-5-

apparatus according to the present invention; and

Fig. 5 shows in schematic form a fourth embodiment of collision test apparatus according to the present invention.

Referring now to the drawings, there is shown in Fig. 1, a known form
5 of collision test apparatus 10 incorporating a Hopkinson bar arrangement.

The apparatus 10 comprises a gas gun 11 which fires a projectile 12 at high speed at an input bar 13. The input bar 13 is linked to an output bar 14 and a specimen 16, whose characteristics are to be measured, is sandwiched between the input and output bar 13, 14 respectively.

10 In use, the projectile 12 is fired at high speed at the input bar 13 and upon impact creates a compression wave ϵ_i in the input bar 13 which travels along the input bar 13 to the interface 17 between the input bar 13 and the specimen 16. As previously explained, at this interface 17, a part of the wave is reflected ϵ_r dependent on the specimen deformation and on the
15 impedance mismatch between the bar 13 and the specimen 16 and the remaining part ϵ_t is transmitted into the specimen 16 and deforms the specimen 16. The transmitted wave ϵ_t then exits the specimen 16 and is transmitted into the output bar 14. ϵ_i , ϵ_r and ϵ_t are conveniently measured using strain gauges (not shown) mounted on the input and output bars 13,
20 14 respectively and, from the values measured by the strain gauges, the impact characteristics of the specimen can be calculated using the equation set out in the introductory paragraphs of the specification.

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-6-

The problem with this arrangement is that it cannot be used to measure the properties of a specimen which has a difference in mechanical impedance which is greater than 1 magnitude mismatched with the mechanical impedance of the input or output bar 13 or 14 such as, for
5 example would be the case with human tissue or other soft material since ε_R would tend towards 100% and ε_T would be almost zero with the consequence of a low accuracy in the measurement of ε_T and therefore low accuracy in the measurement of the strength of the specimen.

A first embodiment of apparatus 20 according to the invention is
10 shown in Fig. 2.

The apparatus 20 comprises a prestressed loading member 21 which extends into a liquid input member 22 which is linked to a liquid output member 23 by a specimen 24.

The prestressed loading member 21 comprises a plunger arrangement
15 formed by a plunger member 26 and a plunger plate 27. The plunger member 26 is provided with an area of weakness 28. The area of weakness 28 may comprise a portion of reduced diameter or any other suitable configuration which leads to a reduction in the tensile strength in the region of the area 28. The plunger member 26 extends into one end of the liquid
20 input member 22 through an aperture 29 in an input closure 31 such that the plunger plate 27 is provided within the liquid input member 22 and plunger member is adapted for connection to a tensioning device (not shown).

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-7-

The input closure 31 is rigidly connected to ground and acts to support the plunger plate 97 in the liquid when the plunger is placed under tension by the tensioning device.

The liquid input member 22 comprises a hollow cylindrical member 32
5 containing a non compressible liquid and which is preferably formed from steel or aluminium. One end of the input member 22 is closed off by the input closure 31 through which the plunger arrangement extends. At least one piezo electric transducer 33 extends through the wall of the hollow cylindrical member 32, into the interior thereof to measure pressure changes
10 in the liquid and the transducer is disposed at an appropriate distance from the opposite end of the member 22 to the input closure 31. At least one strain gauge 34 is also provided on the wall of the hollow cylindrical member 32 also at an appropriate distance from the opposite end of the input member 22, and the strain gauge 34 acts to measure deformation of the
15 circumferential wall of the liquid input member 22 due to pressure changes in the liquid therein. The distance of the piezo-transducer 33 or strain gauge 34 from the interface between input member 22 and specimen 24 must be sufficient for recording separately the incident pulses and the reflected pulses (e.g. 0.5m). The opposite end of the liquid input 22 member is closed off by
20 a seal 36 in the form of a soft membrane.

The liquid output member 23 is generally similar to the input member 22 and an end thereof closest to the input member 23 is also closed off by a

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-8-

seal 38 in the form of a soft membrane and the other end is closed off by an output closure 39. Likewise at least one piezo electric transducer 41 and at least one strain gauge 42 are provided adjacent to one end at the same distance from the interface between the output member 23 and specimen 24 in a manner similar to that described above in relation to the liquid input bar 22.

The incompressible liquid which is provided in the input and output members 22, 23 is chosen such that the difference in mechanical impedance between the input member 22 and output member 23 with respect to the specimen 24 whose properties are to be measured is defined as follows:

$$1 < \frac{A_{LI} \rho_{LI} C_{LI}}{A_{spec} \rho_{spec} C_{spec}} > 10$$

Where A_{LI} = cross sectional area of the liquid of input ends output member
 ρ_{LI} = liquid density of input or output member
 C_{LI} = speed of sound in the liquid
 $A_{spec}, \rho_{spec}, C_{spec}$ are the same values for the specimen

Normally it would be simple to achieve this result by arrangement of

$$\frac{A_{LI}}{A_{spec}} < 10 \text{ since } \frac{\rho_{LI}}{\rho_{spec}} \text{ and } \frac{C_{LI}}{C_{spec}} \approx 1$$

In use, a soft specimen 24 whose characteristics are to be measured is placed between the input and the output member 22 and 23 and is held between the soft seals 36 and 38 which close off ends of the input and

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-9-

output members 22, 23 respectively. The prestressed loading member 21 is tensioned in any suitable manner until the plunger member 26 fractures in the region of the area of weakness 28. This causes the elastic potential energy stored in the plunger member 26 to be released as a member 26 is

5 driven towards the input member 22 which means that the plunger plate 27 moves within the hollow input member 22 and causes the generation of a longitudinal compression wave pulse P_i in the liquid in the input member 22. The compression pulse propagates through the input member 22 until it passes through the seal 36 and meets the soft sample 24. When the

10 compression pulse meets the soft sample 24, due to the deformation of the specimen 24, a part of the compression wave is reflected P_R and another part P_T is transmitted into the soft sample 24 to deform the sample. The transmitted part P_T passes through the sample 24 and passes into the output member 23. Furthermore, the use of an incompressible liquid in the input and

15 output members 22, 23 means that the pressure changes in the input and output members due to the generation of the longitudinal compression wave pulses will be transmitted with the same values to the wall of the respective member 22, 23. This means that the strain gauges 34, 41 on the input and output members 22, 23 can record the circumferential deformation of the

20 wall ϵ_{CI} , ϵ_{CR} , ϵ_{CT} of the input and output members 22, 23 caused respectively by the incident pressure pulses in the liquid P_i , P_R and P_T as function of time and as a result can calculate the pressure values P_i , P_R and P_T .

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-10-

In fact the pressure P inside the liquid in each member is related to the circumferential deformation of the wall of the members, which the strain

$$\varepsilon_{\text{circum}} = \frac{PR}{ED}$$

gauge measures, as follows:

Where P = pressure in liquid
 5 R = radius of hollow cylindrical member
 E = elastic modulus of hollow cylindrical member material
 D = hollow cylindrical member wall thickness

Therefore the value of P_I , P_R and P_T can be calculated from the
 10 following relationships

$$P_I = \frac{\varepsilon_{CI} \cdot D \cdot E}{R} \quad \text{where } \varepsilon_{CI} = \text{circumferential deformation of the hollow cylindrical member caused by } P_I$$

$$P_R = \frac{\varepsilon_{CR} \cdot D \cdot E}{R} \quad \varepsilon_{CR} = \text{circumferential deformation of the hollow cylindrical member provoked by } P_R$$

15

$$P_T = \frac{\varepsilon_{CT} \cdot D \cdot E}{R} \quad \varepsilon_{CT} = \text{circumferential deformation of the hollow cylindrical member provoked by } P_T$$

20 The values P_I , P_R and P_T i.e. the liquid pressure values can alternatively or additionally be directly measured by the piezo electric devices 33, 41 mounted on the input and output members 22, 23 respectively.

Once the values of P_I , P_R and P_T as a function of time have been

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-11-

calculated or directly measured, the mechanical properties of the soft sample, such is the stress, strain and strain rate therein caused by the impact can be calculated using the following equations:

$$\sigma(t) = \frac{A_{LIQUID} P_T(t)}{A_{ST}}$$

$$5 \quad \varepsilon(t) = \frac{2}{L_{ST}} \int_0^t V_R(t) dt$$

$$\dot{\varepsilon}(t) = \frac{2}{L_{ST}} V_R(t)$$

$$V_R(t) = \frac{P_R(t)}{\rho_{LIQ} C_{LIQ}}$$

Where:

σ_{ST} = stress in the soft tissue

10 ε_{ST} = strain of the soft tissue

$\dot{\varepsilon}_{ST}$ = strain rate of the soft tissue

A_{LIQUID} = cross sectional area of the tissue column

A_{ST} = cross sectional area of the tissue specimen

t = time

15 C_{LIQ} = wave velocity in the liquid

L_{ST} = gauge length of the soft tissue specimen

V_R = liquid particle velocity correlated with the reflected pressure pulse PR.

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-12-

The values σ_{st} , ϵ_{st} and $\dot{\epsilon}_{st}(t)$ are values which indicate how the soft sample will react upon an impact.

It is envisaged that it should be possible to place a human soft tissue sample 24 between the input and output members 22, 23 and the characteristics of this tissue can be measured directly using the apparatus of the invention. This would not be possible with existing arrangements which employ solid input and output members since the mechanical impedance mismatch would result in the impossibility of recording P_I , P_R and P_T .

As an alternative to measuring the characteristics of the soft tissue sample directly, as shown in Fig. 3, an automobile structural part 43 can be placed in contact with the sample 24 between the input and output members 22, 23 and using this arrangement it is possible to quantify the injuries consequence of a collision of this structural part on the tissue. Still further, as shown in Fig. 4, the effect of impact energy absorption materials 44 on the reduction of the injuries sustained by a human tissue sample 24 can be examined by placing the material between the automobile part 43 and the tissue sample 24.

As a still further alternative, as shown in Fig. 5, it is possible to, rather than use a prestressed loading bar, activate an automobile airbag arrangement 46 indirectly in front of the liquid input member 22. The activation of the airbag arrangement 46 will result in the generation of a compression pulse in like manner to that generated by the use of a

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-13-

prestressed loading bar and accordingly, the incident compression P_i , reflected compression wave P_R and transmitted pressure wave P_T having measured as described above. Accordingly the effects of the compression wave pulse on the human tissue sample 24 can be measured.

5 It is of course to be understood that the invention is not intended to be restricted to the details of the above embodiments which are described by way of example only.

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-14-

CLAIMS

1. A collision test apparatus comprising an input member and an output member between which a specimen to be measured can be positioned, said input member being adapted to receive an input compression wave and propagate the same to the sample and said output member being adapted to receive an output compression wave from said sample and detection means to detect the input compression wave, the output compression wave and any part of said input compression wave reflected from said sample wherein said input and output members comprising compressible liquids.

2. Apparatus according to Claim 1, wherein the density of the liquid is less than one order of magnitude difference from that of the sample and the relationship between the respective densities is defined by the following equation

$$1 < \frac{\rho_{LIQ} * C_{LIQ} * A_{PAR LIQ}}{\rho_{SAMPLE} * C_{SAMPLE} * A_{SAMPLE}} > 10$$

where ρ = density, C = elastic wave speed and A = cross-sectional area

3. Apparatus according to Claim 2, wherein the liquid is chosen so that $\rho_{LIQ} \approx \rho_{SAMPLE}$ and $C_{LIQ} \approx C_{SAMPLE}$ whereby the following equation defines the relationship

$$1 < \frac{A_{LIQ}}{A_{SAMPLE}} < 10$$

4. Apparatus according to any one of claims 1 to 3, wherein said input

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-15-

and output members comprise hollow cylindrical members, ends of which are in contact with said sample and being adapted so as to have a density substantially equal to that of the sample.

- 5 5. Apparatus according to claim 4, wherein the adaptation of the ends comprises closure members which close off the end of the respective input and output members.
6. Apparatus according to any one of claims 1 to 5, wherein at least one strain gauge is mounted adjacent each of the input and output members to measure circumferential deformation $\epsilon_{\text{CIRCUMF.}}$ of each said member during testing whereby the pressure in each member can be calculated according to the following equation:-

$$\epsilon_{\text{CIRCUMF.}} = \frac{PR}{tE}$$

- where R = member radius, E = elastic modulus of member material and T = member wall thickness which is directly proportional to pressure pulse amplitude P_R or P_T in the respective member.

- 15 7. Apparatus according to any one of claims 1 to 5, wherein the amplitude of the pressure pulse is measured by a pressure transducer placed in contact with the input and output member.
8. Apparatus according to any one of claims 1 to 7, wherein the diameter D of the input member and output member is at least a factor of 10 smaller than the length of the member such that whereby the stress σ_{ST} , ϵ_{ST} and the strain rate $\dot{\epsilon}_{\text{ST}}$ of the sample can

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-16-

be calculated upon measurements of an incident pressure pulse P_i and a reflected pressure pulse P_R in the input member and a transmitted pressure pulse P_T in the output member according to the following equations:-

$$5 \quad \frac{\sigma(t)}{ST} = \frac{A_{LIQ} P_T(t)}{A_{ST}}$$

$$\frac{\varepsilon(t)}{ST} = \frac{2}{L_{ST}} \int_0^t V_R(t) dt$$

$$\frac{\dot{\varepsilon}(t)}{ST} = \frac{2}{L_{ST}} V_R(t)$$

$$V_R(t) = \frac{P_R(t)}{\rho_{LIQ} C_{LIQ}}$$

Where:

10 σ_{ST} = stress in the soft tissue

ε_{ST} = strain of the soft tissue

$\dot{\varepsilon}_{ST}$ = strain rate of the soft tissue

A_{LIQ} = cross sectional area of the tissue column

A_{ST} = cross sectional area of the tissue specimen

15 t = time

C_{LIQ} = wave velocity in the liquid

L_{ST} = gauge length of the soft tissue specimen

V_R = liquid particle velocity correlated with the reflected pressure pulse P_R .

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-17-

9. Apparatus according to any one of claims 1 to 8, wherein the apparatus further includes an impact mitigation material provided interposed between said sample and said input member.
10. Apparatus according to any one of claims 1 to 9, wherein the input
5 compression wave is generated in the input member by inflation of an inflatable impact mitigation device.
11. Apparatus substantially as hereinbefore described with reference to Figs. 2, 3, 4, or 5 of the drawings.
12. A method of testing impact characteristics of a material comprising
10 interposing a sample whose characteristics are to be measured between input and output members each comprising incompressible liquids, arranging for an input compression wave to be created in the input member and propagated to the sample, detecting the input compression wave, any output compression wave in the output
15 member and any part of the input compression wave reflected from the sample.
13. A method according to claim 12 further including the step of interposing between said sample and said input member, an impact mitigation material.
- 20 14. A method according of claim 12 or claim 13, wherein the step of arranging for an input compression wave to be created in said input member is carried out by inflation of an inflatable impact mitigation

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

-18-

device.

15. A method substantially as hereinbefore described with reference to Figs. 2, 3, 4 or 5 of the drawings.

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

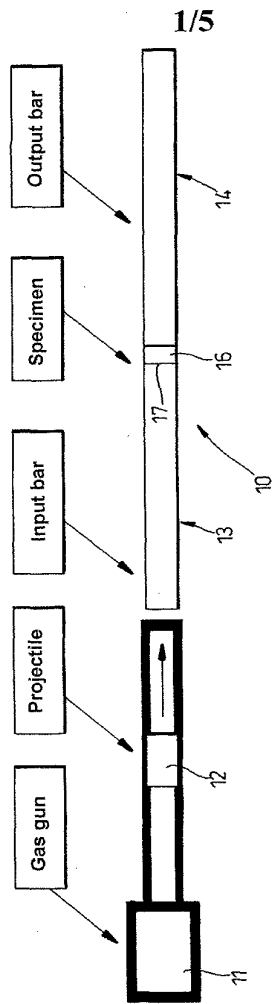
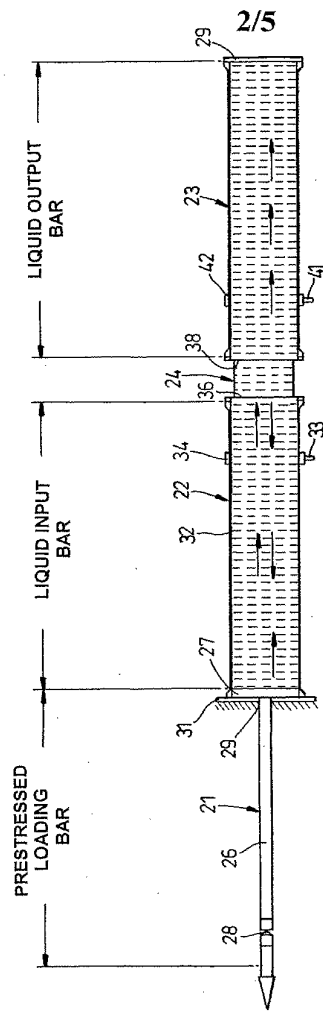


Fig. 1

WO 02/01185

PCT/IB01/01141



WO 02/01185

PCT/IB01/01141

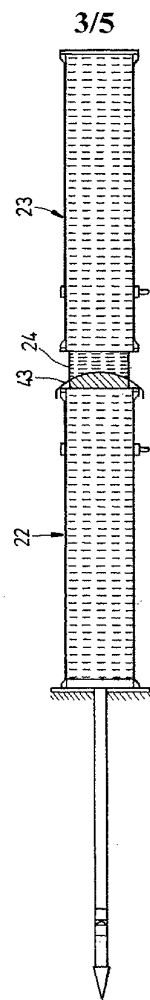


Fig. 3

WO 02/01185

PCT/IB01/01141

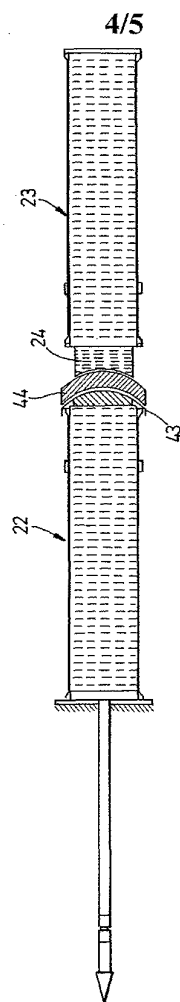


Fig. 4

5/5

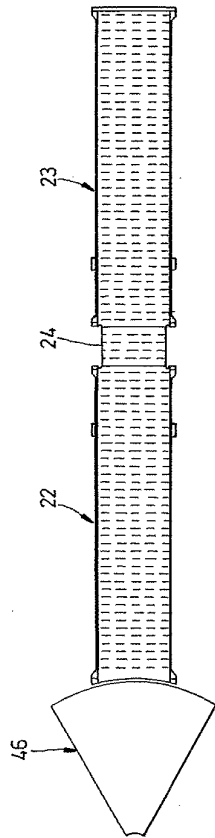


Fig. 5

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Original Application No. PCT/IB 01/01141
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 60IN3/30		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 60IN		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	EP 1 065 492 A (SUMITOMO RUBBER IND) 3 January 2001 (2001-01-03) abstract: figure 1 column 1, line 24 -column 3, line 16 column 4, line 43 -column 5, line 11 column 7, line 14 -column 8, line 57 column 10, line 52 -column 13, line 16 ----- -/-	1-10, 12-14
☒ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 19 November 2001		Date of mailing of the international search report 27/11/2001
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5018 Patentean 2 NL - 2260 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Runser, C

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Original Application No
PCT/IB 01/01141

C/(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	VALLEE G E ET AL: "DEVELOPMENT OF A DYNAMIC LOAD-DEFLECTION APPARATUS FOR ELASTOMERIC MATERIALS" JOURNAL OF TESTING AND EVALUATION, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. PHILADELPHIA, US, vol. 23, no. 5, 1 September 1995 (1995-09-01), pages 347-353, XP000535640 ISSN: 0090-3973 the whole document	1,12
A	EP 0 849 583 A (EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY) 24 June 1998 (1998-06-24) the whole document	1,12
A	LINDHOLM U S: "SOME EXPERIMENTS WITH THE SPLIT HOPKINSON PRESSURE BAR" JOURNAL OF THE MECHANICS AND PHYSICS OF SOLIDS, PERGAMON PRESS, OXFORD, GB, vol. 12, 1964, pages 317-335, XP000618916 ISSN: 0022-5096 the whole document	1,12

Form PCT/ISA/E10 (continuation of record sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT				International Application No.	
Information on patent family members				PCT/IB 01/01141	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date		
EP 1065492	A	03-01-2001	JP 2001013059 A	19-01-2001	
			EP 1065492 A2	03-01-2001	
EP 0849583	A	24-06-1998	EP 0849583 A1	24-06-1998	
			CA 2245743 A1	18-06-1998	
			WO 9826274 A1	18-06-1998	
			EP 0886770 A1	30-12-1998	
			JP 2000511643 T	05-09-2000	
			NO 983674 A	08-10-1998	
			US 6109093 A	29-08-2000	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZW

Fターム(参考) 2G061 AA13 AB04 BA20 CB00 CB20 DA01 EA04 EC02