

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6725960号  
(P6725960)

(45) 発行日 令和2年7月22日(2020.7.22)

(24) 登録日 令和2年6月30日(2020.6.30)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>F 4 1 H</b>	<b>5/04</b>	<b>(2006.01)</b>	F 4 1 H 5/04
<b>B 3 2 B</b>	<b>7/022</b>	<b>(2019.01)</b>	B 3 2 B 7/022
<b>B 3 2 B</b>	<b>27/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 3 2 B 27/00 Z

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2017-164112 (P2017-164112)  
 (22) 出願日 平成29年8月29日 (2017. 8. 29)  
 (65) 公開番号 特開2019-39646 (P2019-39646A)  
 (43) 公開日 平成31年3月14日 (2019. 3. 14)  
 審査請求日 令和1年12月11日 (2019. 12. 11)

(73) 特許権者 000187208  
 昭和飛行機工業株式会社  
 東京都昭島市田中町600番地  
 (74) 代理人 100086092  
 弁理士 合志 元延  
 (72) 発明者 相澤 武揚  
 東京都昭島市田中町600番地 昭和飛行  
 機工業株式会社内  
 審査官 長谷井 雅昭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 防弾複合板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

弾丸を防ぐ装甲用に使用される防弾複合板であって、前側から順に第1層、第2層、第3層が配された三層構造よりなり、

該第1層は、弾丸を粉碎、減速せしめ、該第2層は、粉碎された弾丸を捕捉し、該第3層は、該第2層の変形を吸収し、

該第1層は、ポリウレア樹脂がコーティングされたセラミックス製よりなり、該第2層は、繊維にて強化されたポリウレア樹脂製よりなり、該第3層は、ポリウレア樹脂がコーティングされたハニカムサンドイッチパネル製よりなること、を特徴とする防弾複合板。

【請求項2】

請求項1において、該第1層は、飛来して衝突した弾丸について、運動を吸収、減衰させて、飛散を防止しつつ粉碎、減速させるのに必要十分な、硬度を備えており、

該第2層は、該第1層にて粉碎された弾丸の破片群について、運動を更に吸収、減衰させて捕捉すると共に、捕捉に伴う該ポリウレア樹脂の弾性変形が、該繊維にて維持され、

該第3層は、ハニカムコアの開口端面に表面板が接合されたサンドイッチ構造よりなり、該ハニカムコアの特性に基づき、該第2層の弾性変形を吸収すること、を特徴とする防弾複合板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、防弾複合板に関する。すなわち、弾丸を防ぐ装甲用に使用される、防弾複合板に関するものである。

【背景技術】

【0002】

《技術的背景》

防弾板材が、攻撃側からの小銃弾，その他の敵弾を防ぐ、装甲用に使用されている。

すなわち、被弾した弾丸やその破片の貫通を防ぎ、これらによる人体や機材等の損傷，破壊を防止すべく、防弾板材が使用されており、代表例としては、車輛に張り付け装備されている。

この種の車輛は、その用途に鑑み機動性，高速移動性が要求されるが、防弾板材は、このような車輛の防御用に追加装備されることも多く、もって防弾性を付与している。

10

【0003】

《従来技術》

このような防弾板材としては、甲鉄板，鋼鉄板が用いられていたが、最近は重量軽減をめざし、防弾複合板が開発，使用されている。

特に、機動性，高速移動性が重視される車輛について、防弾性と機動性との両立をめざし、防弾複合板が多用されつつある。

そして、従来代表的な防弾複合板は、前側の第1層と後側の第2層の二層構造よりなっていた。そして第1層は、セラミックス等の硬度を持った素材よりなり、第2層は、繊維に樹脂が全面コーティングされたFRP製よりなっていた。

20

もって第1層により、弾丸を粉碎，減速せしめ、第2層により粉碎された弾丸を捕捉していた。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

《課題について》

ところで、このような従来防弾複合板については、次の問題が課題として指摘されていた。

防弾性と機動性の両立が容易でなく、依然として重量面に問題があった。防弾性を向上させると、引き換えに重量増となり機動性が低下するデメリットを伴う、という重量面の問題が指摘されていた。

30

すなわち、防弾性を重視すると、セラミックス等製で肉厚10mm程度を要する第1層の重量に加え、FRP製で肉厚20mm～30mm程度を要する第2層の重量が加わり、重量増が著しかった。

特に第2層について、繊維にコーティングされる樹脂による重量増が顕著となっていた。防弾性を向上のため、第2層の肉厚を厚くして、コーティング樹脂を多量に使用するの

で、重量増が著しかった。もって、従来防弾複合板は、高速移動性が重視される車輛等への装備上、難点が指摘されていた。

【0005】

40

《本発明について》

本発明防弾複合板は、このような実情に鑑み、上記従来技術の課題を解決すべくなされたものである。

そして本発明は、第1に、防弾性に優れると共に、第2に、重量面，機動性にも優れた、防弾複合板を提案することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

《各請求項について》

このような課題を解決する本発明の技術的手段は、特許請求の範囲に記載したように、次のとおりである。

50

請求項 1 については、次のとおり。

請求項 1 の防弾複合板は、弾丸を防ぐ装甲用に使用される。そして、前側から順に第 1 層、第 2 層、第 3 層が配された、三層構造よりなる。

該第 1 層は、弾丸を粉碎、減速せしめる。該第 2 層は、粉碎された弾丸を捕捉する。該第 3 層は、該第 2 層の変形を吸収する。

そして該第 1 層は、ポリウレア樹脂がコーティングされたセラミックス製よりなる。該第 2 層は、繊維にて強化されたポリウレア樹脂製よりなる。該第 3 層は、ポリウレア樹脂がコーティングされたハニカムサンドイッチパネル製よりなること、を特徴とする。

【 0 0 0 7 】

請求項 2 については、次のとおり。

請求項 2 の防弾複合板では、請求項 1 において、該第 1 層は、飛来して衝突した弾丸について、運動を吸収、減衰させて、飛散を防止しつつ粉碎、減速させるのに必要十分な、硬度を備えている。

該第 2 層は、該第 1 層にて粉碎された弾丸の破片群について、その運動を更に吸収、減衰させて捕捉すると共に、捕捉に伴う該ポリウレア樹脂の弾性変形が、該繊維にて維持される。

該第 3 層は、ハニカムコアの開口端面に表面板が接合されたサンドイッチ構造よりなり、該ハニカムコアの特性に基づき、該第 2 層の弾性変形を吸収すること、を特徴とする。

【 0 0 0 8 】

《作用等について》

本発明は、このような手段よりなるので、次のようになる。

( 1 ) この防弾複合板は、第 1 層、第 2 層、第 3 層の三層構造よりなる。

( 2 ) 第 1 層は、ポリウレア樹脂でコーティングされたセラミックス製よりなり、被弾した弾丸を、運動エネルギーを吸収、減衰させ飛散を防止しつつ、粉碎、減速する。

( 3 ) 第 2 層は、繊維で強化されたポリウレア樹脂製よりなり、粉碎された弾丸を、運動エネルギーを更に吸収、減衰させて捕捉する。

( 4 ) そして、第 2 層のポリウレア樹脂は、粉碎されて細かい破片群となった弾丸を、靱性変形、弾性変形して捕捉し、繊維がこれをサポートする。

又、粉碎され細かい破片群となった弾丸は、表面積、断面積の増加に伴い運動エネルギーが分散し、その吸収、減衰が促進される。

( 5 ) ところで、第 2 層のポリウレア樹脂等の靱性変形、弾性変形は、第 3 層で吸収される。

( 6 ) すなわち第 3 層は、ポリウレア樹脂でコーティングされたハニカムサンドイッチパネル製よりなり、その強度、剛性や座屈変形により、変形を緩衝、分散、吸収する。

( 7 ) このように本発明の防弾複合板は、優れた防弾性能を発揮する。

( 8 ) そして防弾性能を、重量増、機動性低下を伴うことなく実現する。第 2 層は大きく肉薄化、軽量化されており、第 3 層は軽量性が特徴である。

( 9 ) このように防弾性と軽量性、機動性が、初めて両立可能となる。もって機動性、高速移動性が重視される車輛にも、装備可能である。

( 1 0 ) そこで、本発明は次の効果を発揮する。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

《第 1 の効果》

第 1 に、防弾性に優れている。

本発明の防弾複合板は、ポリウレア樹脂でコーティングされたセラミックス製の第 1 層で、弾丸を粉碎、減速し、繊維で強化されたポリウレア樹脂製の第 2 層で、粉碎された弾丸を捕捉し、ポリウレア樹脂でコーティングされたハニカムサンドイッチパネル製の第 3 層で、第 2 層の変形を吸収する。

このような三層構造の組み合わせにより、優れた防弾性能を発揮し防弾性が向上する。

【 0 0 1 0 】

10

20

30

40

50

## 《第2の効果》

第2に、重量面，機動性にも優れている。

本発明の防弾複合板は、所定の第1層，第2層，第3層を、組み合わせた三層構造により、すなわち、ポリウレア樹脂でコーティングされたセラミックス製の第1層、繊維で強化されたポリウレア樹脂製の第2層、ポリウレア樹脂でコーティングされたハニカムサンドイッチパネル製の第3層を組み合わせた三層構造により、前述した優れた防弾性を、重量増や機動性低下を伴うことなく実現する。

前述した従来技術の防弾複合板のように、防弾性向上のため、第2層について肉厚を大とすると共にコーティング樹脂を多量に使用し、もって重量増を招いてしまうようなことはない。本発明では、防弾性と軽量性，機動性との両立が、初めて実現する。

このように、重量面の問題が解消されるので、機動性，高速移動性が重視される車輛等にも、装甲用，防御用として装備可能である。

このように、この種従来技術に存した課題がすべて解決される等、本発明の発揮する効果は、顕著にして大なるものがある。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】本発明に係る防弾複合板について、発明を実施するための形態の説明に供し、(1)図は、構成説明図(正面図)、(2)図は、作用説明図(平面図)である。(3)図は、比較例の説明図(平面図)である。

【図2】本発明に係る防弾複合板について、発明を実施するための形態の説明に供する。そして(1)図は、ハニカムコアの斜視図、(2)図は、高速移動体の一例の説明図(斜視)である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0012】

以下、本発明を実施するための形態について、図1の(1)図，(2)図等を参照して、詳細に説明する。

## 《本発明の概要》

まず、本発明の概要については、次のとおり。

本発明の防弾複合板Aは、弾丸Bを防ぐ装甲用に使用され、前側から順に第1層1，第2層2，第3層3が配された三層構造よりなる。

第1層1は、弾丸Bを粉砕，減速せしめ、第2層2は、粉砕された弾丸B'を捕捉し、第3層3は、第2層2の変形を吸収する。

そして第1層1は、ポリウレア樹脂CがコーティングされたセラミックスD製よりなる。第2層2は、繊維Eにて強化されたポリウレア樹脂C製よりなる。第3層3は、ポリウレア樹脂CがコーティングされたハニカムサンドイッチパネルF製よりなる。

なお、第1層1，第2層2，第3層3間は、接合，結束，パッキング等により、一体化されている。

本発明の概要については、以上のとおり。以下、このような本発明の防弾複合板Aについて、更に詳述する。

## 【0013】

## 《第1層1について》

まず、この防弾複合板Aの第1層1について、説明する。

第1層1は、ポリウレア樹脂CにてコーティングされたセラミックスD製よりなる。そして、弾丸Bを粉砕，減速せしめる。

すなわち、飛来して衝突した弾丸Bについて、運動を吸収，減衰させて飛散を防止しつつ粉砕，減速させるのに必要十分な、硬度を備えている。

## 【0014】

このような第1層1について、更に詳述する。第1層1は、ポリウレア樹脂Cが表裏等にコーティングされており、その特性により補強されたセラミックスD製よりなる。この第1層1の肉厚は、例えば10mm程度よりなる。

そして第1層1は、弾丸Bを粉碎，減速せしめる。すなわち、被弾，衝突した弾丸Bについて、その水平方向，前後方向の運動エネルギー（ $mV^2/2$ ）を、吸収，減衰させ、もって弾丸Bを、セラミックスDにて飛散を防止しつつ減速させて、粉碎された弾丸B'とする。第1層1は、このような機能発揮に必要十分な硬度を備えている。

弾丸Bとしては、7.62mm弾等の小銃弾が代表的に想定されるが、砲弾をも包含するものである。

#### 【0015】

ポリウレア樹脂Cについては、次のとおり。ポリウレア樹脂Cは、ウレア結合が主体となった化合物よりなり、耐衝撃性，高強度，強靱性，防護性，付着性等々の特性が知られており、コーティング材，塗料として使用されることも多い。

そして特性上、耐衝撃性と共に強靱性に極めて優れており、ねばり強さ，伸び性，柔軟性，変形性が特徴の高強度材であり、例えば2mm～3mm程度の極薄肉厚（膜厚）でも、強力な保護層を形成可能である。

なお、その靱性変形，伸び変形，弾性変形は、その持続性，維持性に乏しく、切れ易く破れ易い面もある。

第1層1については、以上のとおり。

#### 【0016】

##### 《第2層2について》

次に、この防弾複合板Aの第2層2について説明する。

第2層2は、繊維Eにて強化されたポリウレア樹脂C製よりなる。そして、粉碎された弾丸B'を捕捉する。

すなわち、第1層1にて粉碎された弾丸B'の破片群について、運動を更に吸収，減衰させて捕捉すると共に、捕捉に伴うポリウレア樹脂Cの弾性変形が、繊維Eにより維持される。

#### 【0017】

このような第2層2について、更に詳述する。第2層2は、ポリウレア樹脂Cよりなりと共に、内部に繊維Eが薄膜状に挿入，介装されており、もってポリウレア樹脂Cがこのような繊維Eにて補強されている。

この第2層2の肉厚は、例えば5mm程度の極薄状，薄膜状をなす。繊維Eとしては、ケブラー繊維やアラミド繊維等、弾性率が高く伸び変形し易い靱性に富んだ繊維材が使用される。

そして第2層2は、粉碎された弾丸B'を抑え込み捕捉する。すなわち、前述した第1層1で粉碎され破かれた弾丸B'の破片群について、その水平方向，前後方向の運動エネルギーに基づく荷重を、ポリウレア樹脂Cが、その反力により吸収，減衰，静止させて、捕捉する。

#### 【0018】

なお第1に、繊維Eの機能については、次のとおり。まず、ポリウレア樹脂Cは、第1層1から減速して第2層2に至った粉碎された弾丸B'を、その特性に基づき靱性変形，伸び変形，弾性変形して、キャッチし捕捉してしまう。

ところでその際、ポリウレア樹脂Cは、このような変形の持続性，維持性面に不安があるので、これを補うべく第2層2には、伸び変形し易い繊維Eが介装されている。

もって繊維Eは、ポリウレア樹脂Cにて捕捉された、粉碎された弾丸B'の破片群を、貫通して空き抜けることなくそのまま捕捉せしめる。繊維Eは、切れ易く破れ易い面があるポリウレア樹脂Cによる捕捉を、靱性向上によりサポートしバックアップする。

#### 【0019】

なお第2に、粉碎された弾丸B'の破片群の運動エネルギーの分散については、次のとおり。第1層1から第2層2に至った弾丸Bは、細かく粉碎された弾丸B'の破片群となっている。

すなわち、図1の(2)図に示したように、第1層1に衝突する前の1個の弾丸Bの表面積，断面積に比し、その後、第1層1にて細かく粉碎されて第2層2に至った弾丸B' 50

10

20

30

40

は、破片群となっており、その表面積，断面積がトータルでは大きく増加している（疑似的な表面積，断面積の増加）（図中の破線表示を参照）。

もってその分、有する運動エネルギーが小となっている。1個の弾丸Bが有していた運動エネルギーに比し、表面積，断面積が大となった分、弾丸B'の破片群が有する運動エネルギーは分散され、それぞれ小となっている。従って、第2層2における運動エネルギーの吸収，減衰は、一段と促進されスムーズ化されて実施される。

なお、図1の(3)図は比較例であり、サンプルのハニカムサンドイッチパネルGに弾丸Bを、本発明のように粉碎することなく、直接衝突させた場合を示す。同図では、衝突した弾丸Bの表面積，断面積が、粉碎された弾丸B'の場合に比し小である。（図1の(2)図中の破線表示と、図1の(3)図中の破線表示とを、比較対照）

10

第2層2については、以上のとおり。

【0020】

《第3層3について》

次に、この防弾複合板Aの第3層3について説明する。

第3層3は、ポリウレタ樹脂CがコーティングされたハニカムサンドイッチパネルF製よりなり、第2層2の変形を吸収する。

すなわち第3層3は、ハニカムコアHの開口端面に表面板Jが接合されたサンドイッチ構造のバックアップパネルよりなり、ハニカムコアHの特性に基づき、第2層2の弾性変形を吸収する。

【0021】

20

このような第3層3について、更に詳述する。第3層3のハニカムサンドイッチパネルFは、芯材であるハニカムコアHの前後の開口端面に、それぞれ表面板Jが接合されたサンドイッチ構造よりなる。

ハニカムコアHは、図2の(1)図にも示したように、セル壁Kにて区画形成された、中空柱状の多数のセルLの表面的集合体よりなる。そして、各セルLのセル軸方向Mの両開口端面のセル壁Kに、それぞれ表面板Jが接着等により接合されている。ハニカムコアHや表面板Jの母材としては、金属，樹脂，又は繊維材等が使用される。

そして、このようなハニカムサンドイッチパネルFは、ポリウレタ樹脂Cでコーティングされている。ハニカムコアHのセル壁Kの外表面や、表面板Jの外表面は、ポリウレタ樹脂Cでコーティングされ、その特性に基づき補強されている。

30

【0022】

そして、このような構成よりなる第3層3は、第2層2の弾性変形を吸収するバックアップパネルである。

まず、第2層2のポリウレタ樹脂Cや繊維Eは、前述したように、粉碎された弾丸B'の捕捉により、靱性変形，伸び変形，弾性変形する。そして、このような変形を第3層3が吸収する。第2層2を、第3層3が押え，ホールドし，保持している。

すなわち、第3層3のハニカムサンドイッチパネルFのハニカムコアHは、まず第1に、重量比強度に優れ、軽量であると共にセル軸方向Mの圧縮強度，剛性に優れるという特性を備えている。もって、前述した第2層2の変形，衝撃荷重，圧縮荷重を、変位なく緩衝，分散，吸収する。

40

又、このような第1段階の次の第2段階として、より大きな変形，衝撃荷重，圧縮荷重が加わった場合は、座屈変形（クラッシュストレングス変形）により、これを緩衝，分散，吸収する。

すなわち、第2層2から圧縮強度を越える荷重を受けた場合、第3層3の芯材のハニカムコアHは、その特性に基づきセル壁Kが、連続的に反転しながら細かく折り曲げられ，押し潰されて、折り畳み状態で塑性変形する。もって、これにより第2層2の変形等を吸収する。

第3層3については、以上のとおり。

【0023】

《作用等》

50

本発明の防弾複合板 A は、以上説明したように構成されている。そこで以下のようになる。

( 1 ) この防弾複合板 A は、前側から順に第 1 層 1 , 第 2 層 2 , 第 3 層 3 の三層構造よりなる。

【 0 0 2 4 】

( 2 ) そして被弾した弾丸 B は、まず、防弾複合板 A の第 1 層 1 に衝突する。

第 1 層 1 は、ポリウレア樹脂 C でコーティング補強されたセラミックス製よりなり、弾丸 B の運動エネルギーを吸収、減衰させ、もって弾丸 B を、飛散を防止しつつ粉碎、減速する。

【 0 0 2 5 】

( 3 ) 第 1 層 1 で粉碎、減速された弾丸 B ' の破片群は、防弾複合板 A の第 2 層 2 に至る。第 2 層 2 は、繊維 E にて強化されたポリウレア樹脂 C 製よりなる。

もって、粉碎された弾丸 B ' の破片群は、運動エネルギーが更に吸収、減衰され、もって第 2 層 2 に捕捉される。

【 0 0 2 6 】

( 4 ) 第 2 層 2 のポリウレア樹脂 C は、細かく粉碎された弾丸 B ' の破片群を、その特性に基づき靱性変形、伸び変形、弾性変形して捕捉するが、繊維 E がこれをサポートする。繊維 E にて、ポリウレア樹脂 C の靱性変形、伸び変形、弾性変形が、そのまま維持される。

又、粉碎された弾丸 B ' の細かい破片群は、1 個の弾丸 B の場合に比し、粉碎によりトータルで表面積、断面積が増加し、その分、運動エネルギーが分散し小となっている。もって、第 2 層 2 における運動エネルギーの吸収、減衰が促進される。

【 0 0 2 7 】

( 5 ) このように、粉碎された弾丸 B ' の破片群は、第 2 層 2 において捕捉されるが、捕捉に際しての第 2 層 2 のポリウレア樹脂 C 等の靱性変形、伸び変形、弾性変形は、第 3 層 3 により吸収される。

【 0 0 2 8 】

( 6 ) 第 3 層 3 は、ポリウレア樹脂 C にてコーティング補強されたハニカムサンドイッチパネル F よりなる。

もってバックアップパネルとして、ハニカムコア H の特性に基づき、その強度、剛性や座屈変形（クラッシュストレンクス変形）により、第 2 層 2 の変形を緩衝、分散、吸収する。

【 0 0 2 9 】

( 7 ) 本発明の防弾複合板 A は、以上のように第 1 層 1 , 第 2 層 2 , 第 3 層 3 を組み合わせたことにより、優れた防弾性能を発揮し、敵弾を防ぐ装甲用に使用される。

【 0 0 3 0 】

( 8 ) そして本発明の防弾複合板 A は、このような防弾性能を、重量増、機動性低下を伴うことなく実現する。

従来技術の防弾複合板と重量比較した場合、第 1 層はほぼ同等だが、第 2 層は大きく肉薄化、軽量化され、第 3 層は軽量性が特徴のハニカムサンドイッチパネル F を使用してなる。

【 0 0 3 1 】

( 9 ) このように本発明では、前述した防弾性と軽量性、機動性とが、初めて両立可能となる。そこで、機動性、高速移動性が重視される車輛、例えば図 2 の ( 2 ) 図に示した高速移動体 N にも、問題なく装備可能である。

本発明の作用等については、以上のとおり。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 2 】

A 防弾複合板

B 弾丸

10

20

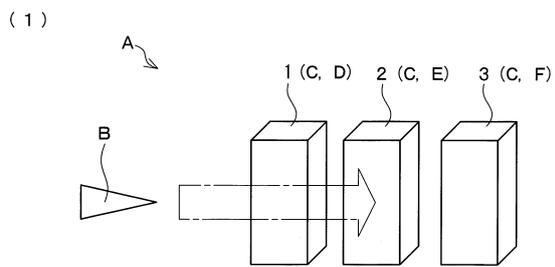
30

40

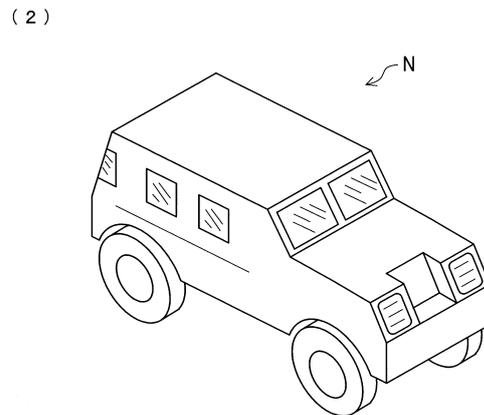
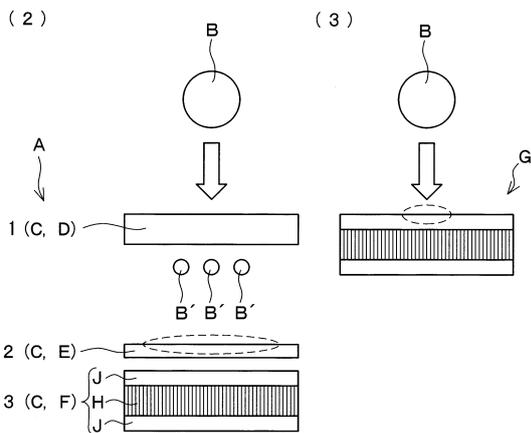
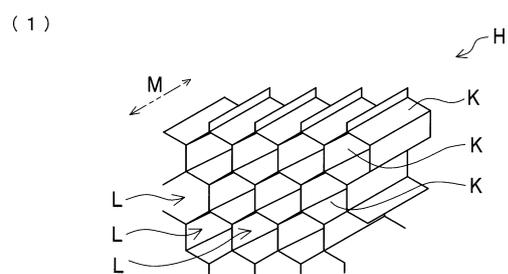
50

- B 粉砕された弾丸
- C ポリウレア樹脂
- D セラミックス
- E 繊維
- F ハニカムサンドイッチパネル
- G ハニカムサンドイッチパネル (サンプル)
- H ハニカムコア
- J 表面板
- K セル壁
- L セル
- M セル軸方向
- N 高速移動体
- 1 第1層
- 2 第2層
- 3 第3層

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-117705(JP,A)  
特開平04-222398(JP,A)  
特開2009-242834(JP,A)  
特表平11-500809(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F41H 5/04  
B32B 7/022  
B32B 27/00