

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2013-760

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **30.09.2013**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **01.07.2015**
(Věstník č. 26/2015)

B32B 5/28 (2006.01)
B32B 5/26 (2006.01)
B32B 7/04 (2006.01)
B32B 27/02 (2006.01)
B32B 27/18 (2006.01)
F41H 5/04 (2006.01)
F41H 1/02 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:
Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ

(72) Původce:
prof. RNDr. Josef Jančář, CSc., Brno -
Kohoutovice, CZ
RNDr. Jiří Tocháček, CSc., Brno - Žabovřesky, CZ
Ing. Petr Poláček, Ph.D., Šlapanice, CZ
Mgr. František Kučera, Ph.D., Brno - Husovice, CZ
Ing. Lucy Vojtová, Ph.D., Měnin, CZ

(74) Zástupce:
Inventia s.r.o., RNDr. Kateřina Hartvichová, Na
Bělidle 3, 150 00 Praha 5

(54) Název přihlášky vynálezu:
**Materiál pro balistickou ochranu, způsob
jeho přípravy a jeho použití**

(57) Anotace:
Předkládané řešení poskytuje materiál pro balistickou ochranu, který obsahuje více kompaktních vrstev balistických vláken, a mezi vrstvami balistických vláken vloženu alespoň jednu mezivrstvu neneutonské kapaliny vykazující růst viskozity s rychlostí deformace, popřípadě obsahující částice o velikosti v rozmezí 1 až 700 nm či činidla vykazující antiplastifikační vlastnosti, uspořádanou přímo mezi vrstvami balistických vláken nebo uspořádanou mezi vrstvami v obalu, perforovaném obalu nebo nanesenou na tkaninu. Dále řešení poskytuje způsob přípravy tohoto materiálu. Tento materiál je flexibilní a má nízkou hmotnost a lze jej použít zejména do neprůstřelných vest, moderních ochranných helem, osobních pancířů a/nebo pro ochranu lehkých pěchotníků a osobních automobilů.

K

Materiál pro balistickou ochranu, způsob jeho přípravy a jeho použití

Oblast techniky

Předkládaný vynález se týká nových materiálů pro balistickou ochranu a ochranu proti bodnutí, vhodných zejména do neprůstřelných vest, moderních ochranných helem, osobních pancířů, pro ochranu lehkých pěchotních a osobních automobilů, způsobu jeho přípravy a jeho použití.

Dosavadní stav techniky

V oblasti flexibilních materiálů pro balistickou ochranu a kombinací materiálů jsou stále prováděna mnohá zlepšení pro udržení kontaktu s vývojem balistických technologií. US 3,841,954 popisuje laminovaný panel nebo desku vytvořenou z více vrstev tkaniny, vzájemně sešitých k sobě a stlačených působením tepla a tlaku. Tím se vytvoří pevný panel pro použití jako komponenta osobního pancíře. US 3,509,833 popisuje flexibilní pancíř z keramických destiček připevněných k podkladu z šikmo (cross-ply) uspořádaných laminovaných flexibilních vláken. US 4,522,871 a US 4,781,351 navrhuje flexibilní pancíř obsahující více vrstev tkaného polyaramidového vlákna, např. materiál prodáváný pod značkou KEVLAR. US 4,608,717 navrhuje flexibilní pancíř obsahující více vrstev polyaramidových vláken v kombinaci s mezivrstvou z uspořádaného peří, pěny nebo plstěného materiálu. Vrstvy jsou sešité dohromady do integrálního flexibilního panelu. US 3,924,038 popisuje vícevrstvý panel vhodný pro neprůstřelné kombinézy pilotů nebo jako dočasné pokrytí stojících letadel či vybavení v bojové zóně. Panel je určen k ochraně proti fragmentům odletujícím při výbuších munice. Vícevrstvý panel obsahuje vnitřní výstelkovou vrstvu nylonové tkaniny a plsti, mezivrstvu plástvové struktury a vnější ochrannou vrstvu keramických destiček. Plástvová struktura mezivrstvy slouží ke zpevnění panelu do neflexibilní struktury. US 5,060,314 popisuje ochrannou bundu vytvořenou z flexibilní balistické tkaniny mající vnitřní kapsy pro vkládání tvrdých pancéřových vložek. Přídavné ramenní vložky mají flotační polštářky, určené pro nadnášení ve vodě. US 3,867,239, 4,198,707 a 4,633,756 popisují pancířové panely obsahující vícenásobně vytvrzené destičky uspořádané ve více vrstvách na podkladu z tkaniny.

US 7,825,045 popisuje osobní pancíř vytvořený sešitím z polymerních vláken impregnovaných suspenzí částic v kapalině, která vykazuje vlastnosti dilatantní tekutiny (růst viskozity s rychlostí deformace, typ nenenewtonské tekutiny). Impregnace však přináší určitá omezení, např. limituje velikost částic, nelze použít nanočástice, které zvyšují viskozitu a zabránily by tak impregnaci. Dosavadní řešení navíc využívají principu vzniku uspořádaných struktur v důsledku smykového namáhání s vysokou rychlostí. Dilatantní kapalina je tedy nízkoviskózní roztok nejčastěji polyethylenglykolu a obsahuje vysoké množství tuhých částic. Další variantou dilatantního flexibilního systému je směs dvou typů molekul, jejichž struktura je za nízkých smykových rychlostí flexibilní umožňující jejich vzájemný pohyb díky nízké molekulární frikci, ale při vysokých rychlostech dochází k prudkému zvýšení molekulární frikce vedoucí k dilatantní reologické odezvě.

Dosud známé materiály pro balistickou ochranu mají vysokou hmotnost a nedostatečnou flexibilitu, což omezuje jejich využití.

Podstata vynálezu

Předkládaný vynález poskytuje flexibilní materiál pro balistickou ochranu, např. pro osobní pancíř, obsahující:

- více kompaktních vrstev (lamin, rohoží) balistických vláken, a
- mezi vrstvami balistických vláken vloženou alespoň jednu mezivrstvu nenenewtonské kapaliny vykazující růst viskozity s rychlostí deformace (tj. deformačně zpevňující látka), obsahující částice o velikosti v rozmezí 1 až 700 nm či činidla vykazující antiplastifikační vlastnosti, uspořádanou přímo mezi vrstvami balistických vláken nebo uspořádanou mezi vrstvami na nosiči (např. plastovém nebo vláknovém) či perforovaném nosiči.

Nosičem může být plast, například polyethylentereftalát, nebo nosičová tkanina, například polyesterová (PET), polyamidová (PA), z tekutých krystalů (komerční Zylon) nebo polyethylenová (UHMWPE). Tato nosičová tkanina však není totožná s kompaktní vrstvou balistických vláken, s výhodou se jedná o nanovláknitou tkaninu, tj. mající vlákna s rozměrem v řádu jednotek až stovek nanometrů.

Kompaktní vrstvou balistických vláken může být jakákoliv balistická tkanina. Balistické tkaniny jsou odborníkovi v oboru dobře známé. Příkladem může být kompaktní balistická tkanina na bázi vláken z ultra-vysoko-molekulárního polyethylénu (UHMWPE) komerčně prodáváná například pod značkou Dyneema nebo Spectra. Lze rovněž použít vrstvy z balistických vláken z polyaromatických amidů (komerční název např. Kevlar) či z vláken z tekutých krystalů (komerční název např. Zylon).

V předkládaném vynálezu se tedy nejedná o impregnaci vláken, ale o jejich spojení mezivrstvou neneutonské kapaliny, která je buď ve formě termoplastické látky v kaučukovém stavu nanesené přímo na vrstvě vláken (takže vrstvy vláken slepuje) nebo je uspořádána na nosiči či perforovaném nosiči. Takto není potřeba vrstvy sešívát, ale jsou spojeny prostřednictvím mezivrstev. To umožňuje vzájemný pohyb vrstev při ohybu za běžných podmínek, tedy přináší větší flexibilitu materiálu pro balistickou ochranu, např. osobního pancíře, ale při balistickém rázu materiál ztuhne, což výrazně zvýší tloušťku kompaktní vrstvy balistických vláken podílející se na zachytu kulky či střepiny. S výhodou má mezivrstva tloušťku do 0,5 mm.

Materiály mající vlastnosti neneutonské kapaliny vykazující růst viskozity s rychlostí deformace jsou známy. Zejména vhodnými neneutonskými kapalinami jsou například směsi oligomerů na bázi akrylátových monomerů s různou délkou postranního řetězce, polyuretany na bázi methyldifenyl-diisokyanátu (MDI) i hexamethyldiisokyanátu (HDI) s esterovými či éterovými polyoly nebo polyoly na bázi oxidované celulózy, na bázi styren-butadien/polyterpen/dipenten makromonomerů. S výhodou je možno využít i termoplastické polyuretany, styren butadienové kaučuky a další lineární i mírně síťované (0 až 20%) amorfní polymery s teplotou skelného přechodu nižší než -40 °C. Tyto kapaliny mohou dále obsahovat nanočástice, s výhodou částice silikátové, celulózové, aluminu, a tyto částice mohou mít jakýkoliv tvar, například kulový, jehlicový, destičkový. Mezi použitelné typy částic plniva patří pyrolytická a koloidní silika, různé varianty POSS částic (polyhedrální silsesquioxan), laponit, částice nebo whiskery z Al_2O_3 , celulózové whiskery a nanokrystaly, částice ZrO_2 , grafen, C_{60} , uhlíkové nanotrubičky či vhodná hybridní kombinace výše uvedených částic. S výhodou je možno použít i hierarchické submikronové částice ve formě klastrů nanočástic. Pro dosažení dilatantního chování kapalin lze použít i antiplastifikátory. Antiplastifikační činidla jsou molekuly snižující pohyblivost polymerních segmentů při vysokých

deformačních rychlostech. Volba vhodného antiplastifikátoru závisí na použité kapalině. Mezi použitelné antiplastifikátory patří např. chlorované bifenyly a terfenyly, polystyren glykoly, deriváty kyseliny abietlové, oligomerní amidy terminované jak amino tak karboxylovými skupinami, dimethyl methyl fosfonát, 4-hydroxyacetanilid a 1,2-epoxy-3-fenoxypropan. Pro dosažení minimální plošné hustoty je možno částice a antiplastifikátory kombinovat.

S výhodou je na vnitřní straně materiálu (záchytné straně, tj. na straně přivrácené k chráněnému objektu, např. tělu nositele osobního pancíře) uspořádána pěnová vrstva, která odděluje plášť ochranného prostředku od těla nositele, takže deformace pláště dopadem projektilu je absorbována pěnovou vrstvou, nikoliv chráněným objektem, např. tělem nositele. Lze použít například pěnový polyethylen, polyurethan a podobné materiály.

Vynález dále poskytuje způsob přípravy materiálu pro balistickou ochranu, jehož podstata spočívá v tom, že alespoň dvě kompaktní vrstvy balistických vláken se spojí prostřednictvím alespoň jedné mezivrstvy ne-newtonské kapaliny vykazující růst viskozity s rychlostí deformace, a následně se případně výsledný materiál spojí s dalšími kompaktními vrstvami balistických vláken, a s výhodou se výsledný materiál dále opatří na jedné straně pěnovou vrstvou.

Ochranný prostředek podle vynálezu je schopen ochránit proti balistické střele typu IIIA (podle definice standardu National Institute of Justice Standard 0101.03), to odpovídá projektilu 44 Magnum o hmotnosti 15,5 gramu dopadnuvšího v rychlosti 450 m/s, nebo 9 mm celokovové opláštěné střele o hmotnosti 8 gramů dopadnuvší v rychlosti 450 m/s. Ochránění proti střele vyžaduje, aby byl cíl deformován ve směru střely o méně než 44 milimetrů. Hodnoty rychlosti z testu V50 jsou vyšší než 500 m/s, většinou vyšší než 600 m/s, přičemž minimum požadované US normou je 430 m/s, dosud existující produkty mají většinou záchytnou rychlost do 600 m/s. Dále má nový materiál o 20 až 25 % nižší plošnou hmotnost než stávající produkty.

Předkládaný vynález je vhodný pro výrobu zejména osobních pancířů, např. vybavení pro armádní personál, mírové sbory nebo další osoby, které je nutno chránit proti zabítí nebo zranění střelami.

Popis vyobrazení

Obr. 1 Schématické zobrazení možného uspořádání vrstev flexibilního materiálu pro balistickou ochranu.

N – nástřelná strana, Z - záchyťová strana (přivrácená k chráněnému objektu), BV - kompaktní vrstva balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylenu, NNK - vrstva deformačně zpevňujícího materiálu (ne-newtonská kapalina), P - vrstva pěny v kontaktu s nositelem.

Příklady provedení vynálezu

Příklad 1: Příprava materiálů pro balistickou ochranu

Materiál X3M

Tři vrstvy kompaktní balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylenu (UHMWPE) komerčně prodáváného například pod značkou Dyneema nebo Spectra (dále též označované jako rohože nebo laminy) byly spojeny deformačně zpevňujícím adhesivem na styren-butadien/polyterpen/dipentenové bázi s kulovými SiO_2 nanočásticemi a jejich klastry. Velikost primárních nanočástic je v rozmezí 1 až 20 nm, klastry mohou dosahovat velikosti až 500 nm. Toto adhesivum vytvořilo tenký, rovnoměrně rozprostřený film o tloušťce maximálně 0,5 mm. Tři spojené rohože vytvořily tzv. triple vrstvu.

Celkem bylo k sestavení materiálu použito pět triple vrstev na nástřelné straně a dále deset samostatných rohoží. Poslední vrstvou na záchyťové straně byla podložka z pěnového polyethylenu (PE) sloužící k utlumení rázu vzniklého po dopadu projektilu.

Výsledný materiál označený X3M je vhodný například pro flexibilní osobní pancíře.

Materiál X2

Tři vrstvy kompaktní balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylenu (UHMWPE) komerčně prodáváného například pod značkou Dyneema nebo Spectra (dále též označované jako rohože nebo laminy) byly spojeny, a tím vytvořily tzv. triple vrstvu. Ke spojení tří rohoží byl použit polyethylentereftalátový (PET) film jako nosič s nanesenou tenkou vrstvou deformačně zpevňujícího adhesiva na bázi akrylátového monomeru s kulovými SiO_2 nanočásticemi a jejich klastry. Velikost primárních nanočástic je v rozmezí 1

až 20 nm, klastry mohou dosahovat velikosti až 500 nm. Adhesivum vytvořilo tenký, rovnoměrně rozprostřený film o tloušťce maximálně 0,5 mm.

Celkem bylo k sestavení vzorku použito deset samostatných rohoží na nástřelné straně a dále pět triple vrstev. Poslední vrstvou byla podložka z pěnového PE sloužící k utlumení rázu vzniklého po dopadu projektilu.

Výsledný materiál označený X2 je vhodný například pro flexibilní osobní pancíře.

Materiál X2-TOP

Tři vrstvy kompaktní balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylénu (UHMWPE) komerčně prodáváného například pod značkou Dyneema nebo Spectra (dále též označované jako rohože nebo laminy) byly spojeny, a tím vytvořily tzv. triple vrstvu. Ke spojení tří rohoží byl použit polyethylentereftalátový (PET) film jako nosič s nanesenou tenkou vrstvou deformačně zpevňujícího adhesiva na bázi akrylátového monomeru s kulovými SiO₂ nanočásticemi a jejich klastry. Velikost primárních nanočástic je v rozmezí 1 až 20 nm, klastry mohou dosahovat velikosti až 500 nm. Adhesivum vytvořilo tenký, rovnoměrně rozprostřený film o tloušťce maximálně 0,5 mm.

Celkem bylo k sestavení vzorku použito pět triple vrstev na nástřelné straně a dále deset samostatných rohoží. Poslední vrstvou byla podložka z pěnového PE sloužící k utlumení rázu vzniklého po dopadu projektilu.

Výsledný materiál označený X2-TOP je vhodný například pro flexibilní osobní pancíře.

Materiál X2-M

Tři vrstvy kompaktní balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylénu (UHMWPE) komerčně prodáváného například pod značkou Dyneema nebo Spectra (dále též označované jako rohože nebo laminy) byly spojeny, a tím vytvořily tzv. triple vrstvu. Ke spojení tří rohoží byl použit polyethylentereftalátový (PET) film jako nosič s nanesenou tenkou vrstvou deformačně zpevňujícího adhesiva na bázi akrylátového monomeru s kulovými SiO₂ nanočásticemi a jejich klastry. Velikost primárních nanočástic je v rozmezí 1 až 20 nm, klastry mohou dosahovat velikosti až 500 nm. Adhesivum vytvořilo tenký, rovnoměrně rozprostřený film o tloušťce maximálně 0,5 mm.

Celkem bylo k sestavení vzorku použito pět samostatných rohoží na nástřelné straně, dále pět triple vrstev a nakonec pět samostatných rohoží. Poslední vrstvou byla podložka z pěnového PE sloužící k utlumení rázu vzniklého po dopadu projektilu.

Výsledný materiál označený X2-M je vhodný například pro flexibilní osobní pancíře.

Materiál APU

Tři vrstvy kompaktní balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylénu (UHMWPE) komerčně prodáváného například pod značkou Dyneema nebo Spectra (dále též označované jako rohože nebo laminy) byly spojeny, a tím vytvořily tzv. triple vrstvu. Ke spojení tří rohoží bylo použito deformačně zpevňující adhesivum na polyuretanové bázi obsahující jehlicovité a destičkové částice s nejmenším rozměrem 0,1 až 20 nm a největším rozměrem 10 nm až 1 mm. Příkladem jehlicového plniva jsou whiskery z celulózy a příkladem destičkového plniva je laponit. Adhesivum vytvořilo tenký, rovnoměrně rozprostřený film o tloušťce maximálně 0,5 mm.

Celkem bylo k sestavení vzorku použito deset samostatných rohoží na nástřelné straně a dále pět triple vrstev. Poslední vrstvou byla podložka z pěnového PE sloužící k utlumení rázu vzniklého po dopadu projektilu.

Materiál APUNS

Tři vrstvy kompaktní balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylénu (UHMWPE) komerčně prodáváného například pod značkou Dyneema nebo Spectra (dále též označované jako rohože nebo laminy) byly spojeny, a tím vytvořily tzv. triple vrstvu. Ke spojení tří rohoží bylo použito deformačně zpevňující adhesivum na polyuretanové bázi obsahující 0,1 až 12 % ^{trv.} hmot nanočástic siliky. Adhesivum vytvořilo tenký, rovnoměrně rozprostřený film o tloušťce maximálně 0,5 mm.

Celkem bylo k sestavení vzorku použito deset samostatných rohoží na nástřelné straně a dále pět triple vrstev. Poslední vrstvou byla podložka z pěnového PE sloužící k utlumení rázu vzniklého po dopadu projektilu.

Materiál APUA

Tři vrstvy kompaktní balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylénu (UHMWPE) komerčně prodáváného například pod značkou Dyneema nebo Spectra (dále též označované jako rohože nebo laminy) byly spojeny, a tím vytvořily tzv. triple vrstvu. Ke spojení tří rohoží bylo použito deformačně zpevňující adhesivum na polyuretanové bázi obsahující 12 až 20 % ^{trv.} hmot nanočástic aluminu. Adhesivum vytvořilo tenký, rovnoměrně rozprostřený film o tloušťce maximálně 0,5 mm.

Celkem bylo k sestavení vzorku použito deset samostatných rohoží na nástřelné straně a dále pět triple vrstev. Poslední vrstvou byla podložka z pěnového PE sloužící k utlumení rázu vzniklého po dopadu projektilu.

Materiál X2-TOP-MOD2

Tři vrstvy kompaktní balistické tkaniny na bázi ultra-vysoko-molekulárního polyetylénu (UHMWPE) komerčně prodáváného například pod značkou Dyneema nebo Spectra (dále též označované jako rohože nebo laminy) byly spojeny, a tím vytvořily tzv. triple vrstvu. Ke spojení tří rohoží byl použit polyethylentereftalátový (PET) film jako nosič s nanesenou tenkou vrstvou deformačně zpevňujícího adhesiva na bázi akrylátového monomeru s kulovými SiO₂ nanočásticemi a jejich klastry. Velikost primárních nanočástic je v rozmezí 1 až 20 nm, klastry mohou dosahovat velikosti až 500 nm. Adhesivum vytvořilo tenký, rovnoměrně rozprostřený film o tloušťce maximálně 0,5 mm.

Celkem bylo k sestavení vzorku použito šest triple vrstev na nástřelné straně a dále deset samostatných rohoží. Poslední vrstvou byla podložka z pěnového PE sloužící k utlumení rázu vzniklého po dopadu projektilu.

Příklad 2: Balistická limitní rychlost

Pro jednotlivé připravené materiály byla stanovena balistická limitní rychlost v souladu s normou NIJ Standard-0101.04. Testy byly prováděny střelami 9x19 FMJRN výrobce S&B Vlašim o hmotnosti 8 g. Hodnoceny byly rychlosti, při nichž došlo za podmínek testu k částečnému nebo úplnému průrazu. Výsledek je aritmetickým průměrem rychlostí 5x částečného průrazu a 5x úplného průrazu.

Vzorek	V50 (m/s)
X3M	642,2
X2	577
X2-TOP	647
X2-M	625
APU	594

30.09.13

- 9 -

Vzorek	V50 (m/s)
APUNS	567
APUA	562
X2-TOP- MOD2	635,1

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Materiál pro balistickou ochranu, vyznačený tím, že obsahuje
 - více kompaktních vrstev balistických vláken, a
 - mezi vrstvami balistických vláken vloženou alespoň jednu mezivrstvu neneutonské kapaliny vykazující růst viskozity s rychlostí deformace, obsahující částice o velikosti v rozmezí 1 až 700 nm či činidla vykazující antiplastifikační vlastnosti, uspořádanou přímo mezi vrstvami balistických vláken nebo uspořádanou mezi vrstvami na nosiči nebo perforovaném nosiči.
2. Materiál podle nároku 1, vyznačený tím, že ~~je~~ na vnitřní straně materiálu ^{je} uspořádána pěnová vrstva.
3. Způsob přípravy materiálu podle nároku 1, vyznačený tím, že alespoň dvě kompaktní vrstvy balistických vláken se spojí prostřednictvím alespoň jedné mezivrstvy ne^{je}newtonske kapaliny vykazující růst viskozity s rychlostí deformace, a následně se případně výsledný materiál spojí s dalšími kompaktními vrstvami balistických vláken.
4. Způsob podle nároku 3, vyznačený tím, že ~~se~~ ^{je} výsledný materiál dále opatří na jedné straně pěnovou vrstvou.
5. Použití materiálu podle nároku 1 nebo 2 do neprůstřelných vest, moderních ochranných helem, osobních pancířů a/nebo pro ochranu lehkých pěchotních a osobních automobilů.

1/1

PV 2013-760

0000.17

~~X~~

Obr. 1

