

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2013-342

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

B01D 39/16 (2006.01)
B32B 5/02 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
D01D 5/06 (2006.01)
D01F 6/60 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **10.05.2013**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **07.01.2015**
(Věstník č. 1/2015)

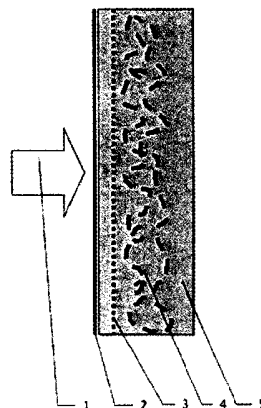
(71) Přihlašovatel:
Technická univerzita v Liberci, Liberec, CZ

(72) Původce:
Ing. Michal Komárek, Ph.D., Nový Bor, CZ
doc. Ing. Petr Exnar, CSc., Hradec Králové -
Plotiště n.L., CZ

(74) Zástupce:
Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář, Ing.
Dobroslav Musil, Cejl 38, 602 00 Brno

(54) Název přihlášky vynálezu:
**Kompozitní materiál pro filtraci spalin a
způsob vytvoření tohoto materiálu**

(57) Anotace:
Řešení se týká kompozitního materiálu pro filtraci spalin, který obsahuje funkční nanovláknennou složku z polymerů, které jsou tepelně odolné v rozmezí teplot 180 až 300 °C, přičemž nanovláknenná složka obsahuje nanovláknna s katalyticky aktivními nanočásticemi vázanými v jejich hmotě nebo na jejich povrchu. Řešení se také týká způsobu výroby kompozitního materiálu pro filtraci spalin. Elektrostatickým zvlákňováním organického polymeru s teplotní stabilitou v rozmezí teplot 180 až 300 °C při dlouhodobé zátěži se vytvoří funkční nanovláknenná vrstva, přičemž katalyticky aktivní nanočástice se buď přímo přidají do zvlákňovaného organického polymeru nebo se dostatečně naváží na povrch nanovláken funkční nanovláknenné vrstvy, načež se funkční nanovláknenná vrstva mechanicky spojí s membránou (2) pro odlučování pevných částic na straně přívodu spalin (1).



Kompozitní materiál pro filtraci spalin a způsob vytvoření tohoto materiálu

Oblast techniky

Vynález se týká kompozitního materiálu pro filtraci spalin.

- 5 Vynález se také týká způsobu výroby kompozitního materiálu pro filtraci spalin.

Dosavadní stav techniky

- Kompozitní textilní filtr pro katalytickou filtraci průmyslových spalin je
10 popsán v EP 0 854 751 B1. Předmětem tohoto patentu je umístění katalytických částic ve hmotě polytetrafluoroethylenové (PTFE) fólie, která je následně využitím systému napínání a ojednocování ožehlenými válci přetvořena do formy plochých vláknenných útvarů, jež jsou následně spojeny mechanicky do formy vpichované netkané vrstvy. Umístěním katalytických částic ve hmotě
15 relativně tlustých vláknenných útvarů je však velmi významně snížena jejich katalytická účinnost, protože ta závisí na ploše styku spalin s povrchem katalytických částic a aktivní jsou pouze částice vyčnívající z povrchu PTFE vláknenných útvarů.

- Podle CN 101357279 je práškový katalyzátor nanesen na mikroporézní
20 membránu polytetrafluorethylenu (teflonu) a vpichováním je mechanicky zachycen v povrchu této membrány. Prosté mechanické zatlačení částic katalyzátoru do polytetrafluorethylenové membrány však není postačující. Dalším výrazným nedostatkem je relativně malý měrný povrch a významné tlakové ztráty u jednoduché mikroporézní membrány, čímž se v provozních
25 podmínkách při filtraci a katalytickém dočišťování spalin dosahuje nižší jednotkové účinnosti při větších tlakových ztrátách.

Metoda přípravy polytetrafluorethylenových vláken obsahujících ve své hmotě práškový katalyzátor použitelný pro rozklad plynných škodlivin je popsána také v CN 1978717.

- 30 Z CZ 294274, respektive z WO 2005024101, je znám postupu výroby nanovláken elektrostatickým zvlákňováním. V CZ 294274, respektive ve WO

2005024101, však nejsou podrobněji specifikovány polymerní roztoky pro přípravu nanovláken.

CN 101284226 popisuje přípravu membrány z nanovláken až mikrovláken oxidu titaničitého použitelné jako fotokatalyzátor, nosič enzymů, adsorpční materiál a tepelně a chemicky vysoce odolný materiál. Výsledný produkt může mít i určité katalytické vlastnosti na plynné škodliviny, pro tyto účely však není deklarovaný a samotná nanovláknenná vrstva nemá dostatečné mechanické vlastnosti pro použití při filtraci spalin.

CN 101502796 popisuje kombinovaný selektivní denitrifikační katalyzátor na bázi nanočástic oxidu titaničitého (60 až 85 %) s denitrifikačními komponentami WO_3 a V_2O_5 (4 až 25 % v poměru WO_3 a V_2O_5 10-20 : 1) a pojivem skleněnými vlákny (5 až 20 %). Katalyzátor je určen pro denitrifikaci odpadových plynů z velkých tepelných zdrojů a jeho reakční teplota je 250 až 400 °C.

V JP 3221146 je popsáno zvýšení chemické odolnosti anorganických vláken určených jako nosič katalyzátorů a filtrační materiál v kyselých plynech odcházejících ze spalovacích procesů. Princip tohoto řešení spočívá v potažení skleněných vláken vrstvou oxidu titaničitého metodou sol-gel. Výsledný materiál vykazuje vyšší odolnost proti působení kyselých složek odpadových plynů, není však deklarován jako katalyzátor (pouze jako potenciální nosič katalyzátorů) a vlastním substrátem jsou anorganická vlákna.

Metoda přípravy katalytického filtru založeného na vláknech systému $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ vyrobených metodou sol-gel a povrchově upravených oxidy V_2O_5 a WO_3 je popsána v JP 6134306. Katalytický filtr je určen pro čištění odpadových plynů ze spalovacích procesů, vykazuje však nižší mechanickou odolnost tohoto filtru při otřesech v proudu čištěného odpadového plynu vzhledem k horším mechanickým vlastnostem anorganických vláken v praktických podmínkách. Podobný je i US 2007289270A1 s katalytickými částicemi různého složení včetně TiO_2 na povrchu anorganických keramických vláken (oxidu křemičitého, oxidu hlinitého nebo křemičitanu hlinitého) nebo WO 2009110505A1 popisující anorganická vlákna s blíže nespecifikovanou katalytickou vrstvou o tloušťce do 20 % průměru vláken.

Dvouvrstvá tkanina podle JP 11207115 je určena k odstranění prachu a ke katalytickému rozkladu organických látek obsahujících chlor. První vrstva je složena z vláken s obsahem oxidů Ti, Si, Al, Zr a/nebo Mo a slouží k oddělení prachu před katalytickou vrstvou. Druhá vrstva obsahuje obdobné oxidy jako
5 první vrstva a navíc řadu oxidů nebo kovů ze skupiny přechodných kovů (včetně V a W). Obě vrstvy jsou slepeny solem oxidu křemičitého nebo hlinitého. Podobnou náplň má i JP 11309316, který má navíc ještě absorpční mezivrstvu s aktivními uhlíkovými vlákny.

WO 2008027265A2 popisuje přípravu nanovláken se zvětšeným
10 povrchem a s přidavkem nanočástic uhlíku nebo jiných nanočástic před zvláknováním. Zvětšený povrch je výhodný pro řadu aplikací, mimo jiné i obecně jako nosič katalyzátorů. Další možností je získání nanovláken z kovů nebo jiných materiálů tepelným rozkladem nanovláken s nanočásticemi a spojením těchto nanočástic do anorganických nanovláken. Velmi podobné jsou
15 i WO 2009074630A2 a WO 2009140381A1.

JP 11309317 popisuje zlepšení podmínek pro dlouhodobou expozici filtrů pro odstranění prachu a současnou katalytickou redukci plyných škodlivin v odpadových plynech z pecí. Princip spočívá v tom, že ze strany přívodu plynu s prachem je nejdříve tepelně odolná membrána z polytetrafluorethylenu
20 s velmi malými póry, která zabrání průniku prachových částic do druhé vrstvy s katalyzátory, adsorbenty a neutralizátory. Tato druhá vrstva je tvořena vlákny polyimidu, polyphenylensulfidu nebo podobnými tepelně odolnými organickými materiály. Principem tohoto řešení je porézní film přilepený termickým tlakovým pojením těsně na přívodní stranu výfukového plynu u hadicového filtru
25 vytvořeného z polyphenylensulfidové, polyamidové nebo jiné podobné netkané textilie, která nese částice činidla pro katalytické čištění plynu, adsorbent, neutralizér, nebo obdobné materiály ve vláknech. Porézní film z polytetrafluorethylenu je tepelně odolný a má jemné póry, které jsou menší, než průměr částic činidla naneseného na vlákna filtrační tkaniny a menší, než
30 průměr částic prachu, tak aby částice prachu nemohly penetrovat do filtrační tkaniny a narušovat průchod výfukového plynu.

Cílem tohoto vynálezu je odstranit nebo alespoň minimalizovat nevýhody dosavadního stavu techniky, zejména zlepšit měrnou účinnost katalytické reakce.

5 Podstata vynálezu

Cíle vynálezu je dosaženo kompozitním materiálem pro filtraci spalin, jehož podstata spočívá v tom, že katalytické nanočástice jsou umístěny do nanovlákněné vrstvy s vyšší tepelnou a chemickou stabilitou imobilizací do hmoty nebo jsou umístěny na povrch nanovláken (průměr nanovláken v
10 rozmezí 50 až 500 nm). Tímto postupem je oproti obvykle používanému umístění katalytických částic do hrubých vpichovaných polytetrafluorethylenových vlákněných materiálů nebo jiných nosičů katalyzátorů (viz dosavadní stav techniky) dosaženo znatelně vyšší měrné reakční plochy pro katalytické reakce. Vzhledem k této skutečnosti je možné
15 pro dosažení obdobné efektivity katalytické reakce jaká se dosahuje řešeními dle stavu techniky použít značně nižšího množství katalytické složky ve funkční vrstvě, respektive je možné při menší tloušťce funkční vrstvy významně snížit tlakové ztráty filtrovaného proudu spalin.

Potřebná nanovláknena lze připravit z organických polymerů s dostatečnou
20 teplotní stabilitou (180 až 300 °C při dlouhodobé zátěži). S výhodou je využíván polyimid (PI) vzhledem k vynikající zvláknitelnosti tohoto polymeru do formy nanovlákněných materiálů. Mohou však být použity i další typy polymerů, např. polyfenylen sulfid (PPS), polybenzaxolové typy polymerů, nebo deriváty aramidových polymerů, pokud jsou zvláknitelné do formy nanovláken a jejich
25 fyzikální a chemické vlastnosti vyhovují cílené aplikaci. Jako katalyticky aktivní komponenta mohou sloužit směsi nanočástic anorganických oxidů kovů např. TiO_2 , V_2O_5 , WO_3 , nebo nanočástice vzácných kovů, např. Pt, nebo jiné dostupné nanočástice katalyticky aktivních látek v korespondujících rozměrech (1 až 500 nm).

30 Funkční nanovlákněná složka s imobilizovanými katalyzátory je mechanicky pojena do výsledného kompozitního textilního materiálu. Ten se skládá z následujících komponent:

- PTFE vpichovaná textilie armovaná tkaninou

- polyimidová (PI) nanovláknenná vrstva s imobilizovanými nanočásticemi katalyzátorů

- PTFE membrána na vstupní straně filtru.

Nanočástice katalytických oxidů mohou být do nanovláknenné vrstvy
5 z tepelně odolného polymeru imobilizovány dvěma metodami, které mohou být i kombinovány. První metodou je přímá dispergace směsi katalytických nanočástic ve zvlákňovaném polymerním roztoku a následné přípravě nanovláken elektrostatickým zvlákňováním. Druhá metoda spočívá v imobilizaci katalytických oxidů na povrchu předem připravených nanovláken metodou sol-
10 gel. V tomto případě jsou nanočástice katalytických oxidů rozptýleny v solu vhodného složení, nanoseny na povrch nanovláken namočením nebo nastříkáním a jsou zafixovány tepelným zpracováním. Hlavním přínosem těchto postupů je výrazné zvýšení reakční plochy, tedy plochy styku mezi proudícím plynným médiem a katalytickou složkou oproti řešením ze stavu techniky,
15 v němž jsou katalytické složky umístěny v hrubých vláknech vpichované PTFE textilie. Umístění katalyzátorů na nanovláknena umožňuje použití procentuálně menšího množství katalytických složek, než je u technologií dle stavu techniky, což znatelně ovlivňuje ekonomičnost přípravy filtračního materiálu. Parametry imobilizace a složení směsi katalytických nanočástic zásadní měrou ovlivňují
20 katalytickou aktivitu nanočástic a tedy i celkovou účinnost katalytické filtrace.

Stanovení katalytické účinnosti připravených vzorků bylo provedeno v reálných podmínkách horkých spalin tak, aby byly splněny požadavky normy ČSN EN 1948-1 *Stacionární zdroje emisí - stanovení hmotnostní koncentrace PCDD/PCDF a dioxinům podobných PCB – část 1: vzorkování PCDD/PCDF*.
25 Měření in situ probíhala v řádu hodin až desítek hodin. Po tuto dobu byly nečištěné spaliny z průmyslové spalovny odebírány ze spalínovodu a vedeny vyhřívaným potrubím s termoregulací do teplotní komory, kde se proud dělil na dvě větve. Větev A procházela přes vzorek filtračního materiálu, větev B byla jako bypass mimo filtr pro určení aktuální koncentrace kontaminantů ve
30 spalinách (okamžité koncentrace PCDD/PCDF při provozu kolísají až několikanásobně a pro určení katalytické účinnosti je tedy nelze brát za známé a konstantní). Spaliny v obou větvích byly potom vedeny přes soustavu chladičů a kondenzačních baněk na sorpční trubičky z vysoce čištěného polyuretanu

(PUF) spikovaného PCDD/PCDF obsahujícím izotop ^{13}C . Na PUF docházelo k zachytu PCDD/PCDF ze spalin. Obě PUF trubičky (testovací a srovnávací) byly po měření odeslány na analýzu do akreditované laboratoře a účinnost byla hodnocena poměrem stanovených obsahů PCDD/PCDF v nich.

5

Objasnění výkresů

Na obrázku je v řezu schematicky znázorněno příkladné provedení kompozitního materiálu pro filtrování spalin dle tohoto vynálezu.

Příklady uskutečnění vynálezu

Vynález je dále dokumentován příklady, jimiž však nejsou dokumentovány všechny možnosti, jejichž použití a využití jsou průměrnému odborníkovi při znalosti tohoto vynálezu jasné z tohoto textu.

Příklad provedení kompozitního materiálu pro filtraci spalin vytvořeného dle tohoto vynálezu je znázorněn na obrázku. V proudu spalin 1 je umístěna membrána 2 sloužící k odlučování pevných částic ze spalin a k zajištění pulzní čistitelnosti filtru. Ve směru proudění spalin 1 za membránou 2 je situována nosná PTFE netkaná textilie 5, v jejíž (ve směru proudění spalin 1) přední části je situována armovací tkanina 3, za kterou jsou v nosné PTFE netkané textili 5 situovány rozptýlené části 4 nanovláknenné vrstvy. Části 4 nanovláknenné vrstvy jsou příkladně tvořeny PI nanovláknem s imobilizovanými nanočásticemi katalyzátorů umístěnými ve hmotě nebo na povrchu částí 4 nanovláknenné vrstvy. Části 4 nanovláknenné vrstvy jsou mechanicky, např. technologií vpichování, distribuovány a fixovány v objemu nosné PTFE netkané textilie 5. Části 4 nanovláknenné vrstvy tvoří ve filtračním kompozitním materiálu dle tohoto provedení kompaktní vrstvu, ale jsou umístěny v mezivláknenných prostorech nosné PTFE netkané textilie 5.

Příklad 1:

Nanovláknenná vrstva byla připravena elektrostatickým zvlákňováním roztoku kyseliny polyamid karboxylové v organickém rozpouštědle (použito bylo zařízení Nanospider výrobce Elmarco). Do zvlákňovacího roztoku 22% kyseliny

polyamid karboxylové v N,N-dimethylformamidu byly předem přidány nanočástice katalytických oxidů TiO_2 , V_2O_5 a WO_3 v hmotnostním poměru 95 : 2,5 : 2,5 v celkovém množství 2 hmotn. % zvlákňovacího roztoku. Vytvořená nanovláknenná vrstva byla následně v horkovzdušné peci imidizována sekvencí teplotního působení až do 250 °C. Nanovláknenná vrstva byla následně
5 vložena sendvičově mezi nosné vrstvy PTFE vpichované textilie a byla mechanicky (např. vpichováním) s nimi spojena.

Stanovení katalytické účinnosti tohoto kompozitního filtračního materiálu při odbourávání PCDD/PCDF in situ potvrdilo 70% účinnost při plošném obsahu katalytické složky 0,4 g/m² finálního kompozitního filtračního materiálu. Pro
10 srovnání: Obsah katalytické složky ve standardním katalytickém materiálu dle stavu techniky s hrubými vlákny je 200 až 500 g/m².

Příklad 2:

15 Nanovláknenná vrstva byla připravena elektrostatickým zvlákňováním 26% roztoku kyseliny polyamid karboxylové v organickém rozpouštědle N,N-dimethylformamidu (použito bylo zařízení Nanospider výrobce Elmarco). Vytvořená nanovláknenná vrstva byla imidizována v horkovzdušné pícce při teplotě 250 °C. Nanočástice katalytických materiálů (TiO_2 , WO_3 a V_2O_5 v
20 hmotnostním poměru 89 : 10 : 1) byly naneseny na imidizovanou nanovláknennou vrstvu nastříkáním ve formě disperze v solu připraveném metodou sol-gel z isopropoxidu titaničitého (jinak nazývaného tetraizopropyltitanát) v izopropylalkoholu přidavkem vody za kyselé katalýzy HCl. Celkový obsah sušiny (netěkavých složek vzniklých hydrolýzou
25 isopropoxidu titaničitého) v připraveném solu byl 2,0 hmotn. %, přídavek vody pro hydrolýzu isopropoxidu odpovídal hodnotě molárního poměru $[\text{H}_2\text{O}] / [\text{isopropoxid titaničitý}] = 2,3$ a hmotnostní poměr nanočástice : sušina byl 40 : 60. Celková hmotnost nanesených složek (sušina + nanočástice) na nanovláknena odpovídala 50 % hmotnosti nanovláken. Pro zafixování nanočástic
30 na povrchu nanovláken byl výsledný produkt zahřát v horkovzdušné pícce na teplotu 250 °C.

Stanovení katalytické účinnosti tohoto filtračního materiálu při odbourávání PCDD/PCDF in situ potvrdilo 85% účinnost při plošném obsahu

katalytické složky $1,25 \text{ g/m}^2$ finálního filtračního materiálu. Pro srovnání: Obsah katalytické složky ve standardním katalytickém materiálu dle stavu techniky s hrubými vlákny je 200 až 500 g/m^2 .

5 Příklad 3:

Nanovlákná vrstva byla připravena elektrostatickým zvlákňováním 26% roztoku kyseliny polyamid karboxylové v organickém rozpouštědle N,N-dimethylformamidu na zařízení Nanospider. Vytvořená nanovlákná vrstva byla imidizována v horkovzdušné pícce při teplotě 250°C . Nano částice katalytických materiálů (TiO_2 a WO_3 v hmotnostním poměru 92 : 8) byly naneseny na imidizovanou nanovláknou vrstvu nastříkáním ve formě disperze v solu připraveném metodou sol-gel z ethoxidu křemičitého (jinak nazývaného tetraethylorthosilikát) v izopropylalkoholu přidavkem vody za kyselé katalýzy HCl. Celkový obsah sušiny (netěkavých složek vzniklých hydrolyzou ethoxidu křemičitého) v připraveném solu byl 2,0 hmotn. %,
přídavek vody pro hydrolyzu ethoxidu odpovídal hodnotě molárního poměru $[\text{H}_2\text{O}] / [\text{ethoxid křemičitý}] = 2,3$ a hmotnostní poměr nanočástice : sušina byl 52 : 48. Celková hmotnost nanosených složek (sušina + nanočástice) na nanovlákně odpovídala 50 % hmotnosti nanovláken. Pro zafixování nanočástic na povrchu nanovláken byl výsledný produkt zahřát v horkovzdušné pícce na teplotu 300°C .

Maximální uváděná hodnota teplotní odolnosti 300°C nanovláken podle tohoto vynálezu je horním teplotním limitem pro použití nanovláken typů uvedených dle tohoto vynálezu. Nanovlákné materiály dle tohoto vynálezu lze použít i při nižších procesních teplotách, tj. při teplotách pod 300°C . Při teplotách pod uvedeným dolním limitem 180°C lze také využít i běžnějších typů polymerních nanovlákných materiálů. Tyto tzv. "běžnější typy" polymerních nanovlákných materiálů však nejsou předmětem tohoto vynálezu. Z výše uváděných důvodů je proto rozmezí aplikovatelnosti teplotně odolných nanovlákných vrstev dle tohoto vynálezu deklarováno v rozmezí teplot $180 - 300^\circ\text{C}$. Při znalosti tohoto vynálezu je příprava konkrétních polymerních nanovláken spadajících do rozsahu tohoto vynálezu s teplotní odolností v rozmezí 180°C až 300°C v rámci odborné dovednosti .

Stanovení katalytické účinnosti tohoto filtračního materiálu při odbourávání PCDD/PCDF in situ potvrdilo 35% účinnost při plošném obsahu katalytické složky $1,25 \text{ g/m}^2$ finálního filtračního materiálu. Pro srovnání: Obsah katalytické složky ve standardním katalytickém materiálu dle stavu techniky s hrubými vlákny je 200 až 500 g/m^2 .

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Kompozitní materiál pro filtraci spalin, **vyznačující se tím, že** obsahuje funkční nanovláknennou složku z polymerů, které jsou tepelně odolné v rozmezí
5 teplot $180^{\circ} - 300^{\circ} \text{C}$, přičemž nanovláknenná složka obsahuje nanovláknena s katalyticky aktivními nanočásticemi vázanými v jejich hmotě nebo na jejich povrchu.

2. Kompozitní materiál podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** nanovláknena s katalyticky aktivními nanočásticemi jsou z polyimidu a katalyticky
10 aktivní nanočástice jsou na bázi katalyticky aktivních oxidů.

3. Způsob výroby kompozitního materiálu pro filtraci spalin, **vyznačující se tím, že** se elektrostatickým zvlákňováním organického polymeru s teplotní stabilitou v rozmezí teplot $180^{\circ} - 300^{\circ} \text{C}$ při dlouhodobé zátěži vytvoří funkční nanovláknenná vrstva, přičemž katalyticky aktivní nanočástice se buď přímo
15 přidají do zvlákňovaného organického polymeru nebo se dodatečně naváží na povrch nanovláken funkční nanovláknenné vrstvy, načež se funkční nanovláknenná vrstva mechanicky spojí s membránou (2) pro odlučování pevných částic na straně přívodu spalin (1).

4. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** funkční nanovláknenná
20 vrstva se vytvoří elektrostatickým zvlákňováním roztoku kyseliny polyamid karboxylové nebo obdobné látky v rozpouštědle s následnou imidizací nanovláken při teplotě až 250°C , přičemž nanovláknena nanovláknenné vrstvy mají průměr v rozmezí 50 nm až 500 nm.

5. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** do zvlákňovaného
25 organického polymeru nebo na povrch nanovláken funkční nanovláknenné vrstvy se naváží katalytické nanočástice tvořené nanočásticemi katalyticky aktivních anorganických oxidů kovů o velikosti nanočástic 1 nm až 500 nm.

6. Způsob podle nároku 5, **vyznačující se tím, že** do zvlákňovaného organického polymeru nebo na povrch nanovláken funkční nanovláknenné vrstvy

se naváží katalyticky aktivní nanočástice tvořené směsí nanočástic TiO_2 , V_2O_5 a WO_3 .

7. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** katalyticky aktivní nanočástice se do zvlákňovaného organického polymeru přidají již před
5 zahájením elektrostatického zvlákňování, čímž se stanou součástí hmoty vytvářených nanovláken.

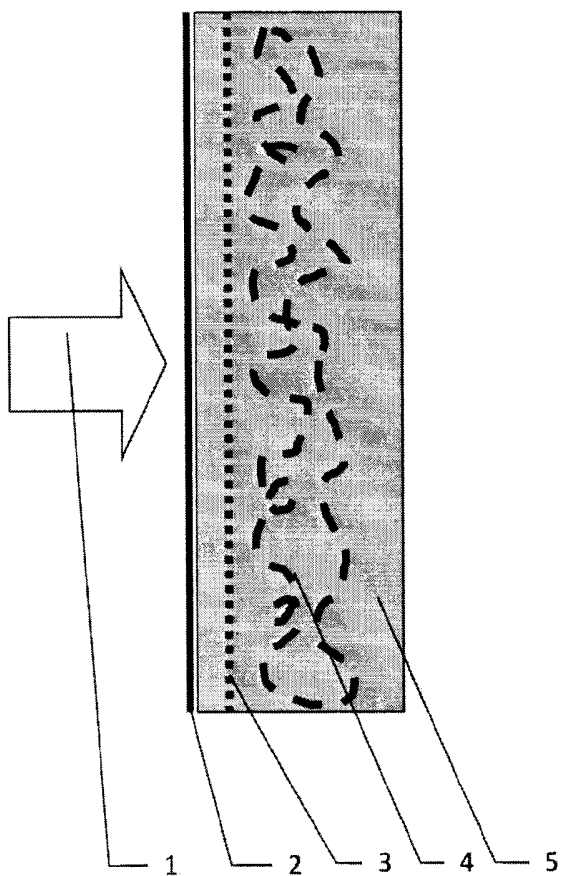
8. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** katalyticky aktivní nanočástice se rozptýlí v solu připraveném metodou sol-gel, výsledná směs se nanese namočením nebo nastříkáním na nanovlákná nanovláknenné vrstvy a
10 následně se tepelně zafixuje na povrchu nanovláken zahřátím na teplotu až 250°C .

9. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím, že** sol pro fixaci katalytických nanočástic na povrchu nanovláknem se připraví metodou sol-gel z alkoxidu titaničitého nebo alkoxidu křemičitého.

15 10. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** funkční nanovláknenná vrstva s vázanými katalytickými nanočásticemi se do výsledného kompozitního materiálu zapojí mechanickým vpichováním do nosné PTFE netkané textilie (5), která se spojí s membránou (2).

1/1

PV 2013-342
10.05.13



obr. 1