

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

31 410

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

B01D 39/08 (2006.01)
C02F 3/04 (2006.01)
C02F 1/00 (2006.01)
B82B 3/00 (2006.01)
C02F 11/00 (2006.01)
C02F 103/44 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2017-34448**
(22) Přihlášeno: **12.12.2017**
(47) Zapsáno: **23.01.2018**

- (73) Majitel:
Technická univerzita v Liberci, Liberec, Liberec I-
Staré Město, CZ
- (72) Původce:
Ing. Jakub Hrůza, Ph.D., Světlá pod Ještědem, CZ
Ing. Ganna Ungur, Ph.D., Liberec, Liberec XXIII-
Doubí, CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář, Ing.
Dobroslav Musil, Zábrdovická 801/11, 615 00
Brno, Zábrdovice

- (54) Název užitého vzoru:
**Filtr pro filtraci kapalin, zejména odpadní
nebo povrchové vody**

CZ 31410 U1

Filtr pro filtraci kapalin, zejména odpadní nebo povrchové vody

Oblast techniky

Technické řešení se týká filtru pro filtraci kapalin, zejména odpadní nebo povrchové vody, který obsahuje porézní vrstvu polymerních nanovláken uloženou prostřednictvím nespojitě vrstvy tavného pojiva na nosné textilní vrstvě.

Dosavadní stav techniky

V současné době je známá řada různých konstrukcí filtrů určených pro filtraci kapalin, zejména odpadní nebo povrchové vody, založených na použití různých filtračních materiálů nebo jejich kombinací. Jako velmi perspektivní se jeví zejména filtry, které obsahují alespoň jednu vrstvu polymerních nanovláken, neboť tato vrstva přirozeně obsahuje póry velmi malé velikosti (cca 1 až 2 μm), díky kterým je schopná zachytávat velmi jemné mechanické nečistoty a také některé mikroorganismy, a přitom má díky své velmi malé tloušťce (obvykle maximálně desítky μm) a velké porozitě v podstatě zanedbatelný tlakový spád a velmi nízký odpor proti toku filtrované kapaliny. Vzhledem k tomu, že běžně používané vrstvy polymerních nanovláken mají jen velmi malou mechanickou odolnost a soudržnost, umísťují se obvykle mezi dvě vrstvy jiného materiálu do blízkosti středu filtru, případně do blízkosti jeho odtokové strany, aby tak byly chráněny proti přímému působení přitékajícího filtrovaného média a v něm obsažených nečistot. To však obvykle znemožňuje plně využít jejich vysoké filtrační schopnosti, a v případě, kdy filtrovaná kapalina obsahuje nežádoucí mikroorganismy, které by vrstva polymerních nanovláken odfiltrovala, umožňuje, aby tyto mikroorganismy pronikly do části vnitřní struktury filtru předřazené vrstvě polymerních nanovláken, a přežívaly v ní.

Další nevýhodou používaných vrstev polymerních nanovláken je také to, že tyto vrstvy fungují spíše jako hloubkový filtr a filtrované nečistoty se zachytávají hlouběji v jejich vnitřní struktuře, což komplikuje jejich pozdější odstranění v rámci průběžného čištění filtru.

Cílem technického řešení je navrhnout filtr pro filtraci kapalin, který by obsahoval porézní vrstvu polymerních nanovláken, ale netrpěl výše uvedenými nevýhodami.

Podstata technického řešení

Cíle technického řešení se dosáhne filtrem pro filtraci kapalin, zejména odpadní nebo povrchové vody, který obsahuje porézní vrstvu polymerních nanovláken uloženou prostřednictvím nespojitě vrstvy tavného pojiva na nosné textilní vrstvě, jehož podstata spočívá v tom, že vrstva polymerních nanovláken má tloušťku do 20 μm , její póry mají průměr do 2 μm a její polymerní nanovlákeny mají oválný příčný průřez s poměrem nejmenšího a největšího průměru polymerních nanovláken 1:1,2 až 1:3, s výhodou pak 1:1,3 až 1:1,6, přičemž je tato vrstva polymerních nanovláken uspořádána jako nátočná vrstva filtru. Vrstva polymerních nanovláken s těmito parametry se vytvoří modifikací standardní vrstvy polymerních nanovláken působením zvýšeného tlaku a teploty.

Póry vrstvy polymerních nanovláken mají s výhodou průměr 0,1 až 0,9 μm , kdy je tato vrstva schopná zachytávat, kromě velmi jemných mechanických nečistot, také většinu bakterií a některé viry.

Pro zvýšení antimikrobiálních vlastností filtru je na alespoň jednom povrchu vrstvy polymerních nanovláken a/nebo v materiálu polymerních nanovláken uložena alespoň jedna antimikrobiální látka. Tato látka likviduje nebo alespoň oslabuje zachycené mikroorganismy, přičemž tyto mikroorganismy navíc díky uspořádání vrstvy polymerních nanovláken jako nátočné vrstvy filtru, nemohou pronikat do vnitřní struktury tohoto filtru.

Antimikrobiální látka je s výhodou uložena na vnějším povrchu vrstvy polymerních nanovláken, kde je její účinnost proti zachyceným mikroorganismům největší. Přitom je výhodné, pokud je uložena ve formě tenkého filmu vytvořeného na povrchu jednotlivých nanovláken např. nánosem této látky ve formě solu.

Vhodnou antimikrobiální látkou je pak zejména antimikrobiální látka na bázi iontů stříbra a/nebo mědi a/nebo zinku.

Koncentrace antimikrobiální látky je s výhodou 0,01 až 5 % hmotn. vztaženo k celkové hmotnosti filtru.

5 Objasnění výkresů

Na přiložených výkresech je na obr. 1 schematicky znázorněn průřez filtrem podle technického řešení při odstraňování nečistot zachycených na jeho povrchu vzduchovou bublinou, na obr. 2 SEM snímek běžné vrstvy polymerních nanovláken při zvětšení 10 000x, na obr. 3 SEM snímek vrstvy polymerních nanovláken pro filtr podle technického řešení při zvětšení 10 000x, na obr. 4 jiný SEM snímek vrstvy polymerních nanovláken pro filtr podle technického řešení při zvětšení 9 990x, na obr. 5 SEM snímek vrstvy polymerních nanovláken dle obr. 4 s nanosenou antimikrobiální látkou při zvětšení 10 000x, a na obr. 6 SEM snímek vrstvy polymerních nanovláken dle obr. 5 vytvořený za jiných světelných podmínek při zvětšení 10 000x.

Příklady uskutečnění technického řešení

15 Filtr 1 pro filtraci kapalin, zejména odpadní nebo povrchové vody, podle technického řešení obsahuje nosnou vrstvu 2 tvořenou vhodnou standardní textilií, např. netkanou textilií typu spunbond, apod., s výhodou s plošnou hmotností 60 až 200 g/m². Na alespoň jednom povrchu této nosné vrstvy 2 je prostřednictvím neznázorněné nespojitě vrstvy tavného pojiva (např. kopolyester, kopolyamid, polyethylen apod.) uložená vrstva 3 polymerních nanovláken, např. vrstva 3 polymerních nanovláken vytvořená elektrostatickým zvlákňováním (např. dle CZ 274294, CZ 305901, apod.), elektrickým zvlákňováním (např. dle CZ 304137, CZ 306772, apod.), případně odstředivým zvlákňováním (např. dle CZ 30004) roztoku nebo taveniny polymeru. Tato vrstva 3, která má dle potřeby a uvažovaného využití tloušťku do 20 μm, je přitom uspořádaná jako nátočná vrstva filtru 1, tj. jako první vrstva filtru 1 ve směru proudění filtrované kapaliny.

25 Vrstva 3 polymerních nanovláken použitá ve filtru 1 podle technického řešení je tvořená modifikovanou vrstvou 3 polymerních nanovláken vytvořenou vystavením standardní vrstvy 3 polymerních nanovláken působení zvýšeného tlaku (0,01 až 1 MPa) a zvýšené teploty (60 až 200 °C, dle konkrétního materiálu nanovláken) po dobu 1 až 10 minut, např. na lisu mezi dvěma rovnoběžnými vyhřívanými přitlačnými deskami, mezi průběžnými přitlačnými válci, apod. Materiál polymerních nanovláken se při této modifikaci zahřívá na teplotu, která je nižší než teplota jeho tání, což způsobuje změknutí nanovláken, díky čemuž se tato nanovláčka při současném a/nebo následném působení tlaku mohou spojovat v místech svého křížení. Původně volně uložená a volně tvarovaná polymerní nanovláčka se díky působení tlaku přesunují do nového prostorového uspořádání s menšími vzájemnými rozestupy ve směru nebo v podstatě ve směru působícího tlaku, a přitom se tvarují do prostorově úspornějších tvarů - dochází ke zploštění jejich příčného průřezu, který se z v podstatě kruhového mění na oválný s poměrem nejmenšího a největšího průměru vlákna 1:1,2 až 1:3, s výhodou pak 1:1,3 až 1:1,6. Kromě zmenšení tloušťky vrstvy 3 polymerních nanovláken (obvykle cca o 10 až 80 %) a jejich pórů dochází také ke vzájemnému mechanickému zaklesnutí polymerních nanovláken a v důsledku toho ke zpevnění vrstvy 3 polymerních nanovláken, zvýšení její soudržnosti, resp. odolnosti proti delaminaci a odolnosti proti abrazi a zpětnému tlaku, aniž by však přitom současně docházelo k neúměrnému zvýšení jejího tlakového spádu. Souběžně s těmito změnami ve struktuře vrstvy 3 polymerních nanovláken dochází také k vyhlazení a zpevnění jejího povrchu, díky čemuž se zachycované nečistoty 4 ukládají převážně na povrchu vrstvy 3 polymerních nanovláken, a to s podstatně nižší adhezí než u standardní (nemodifikované) vrstvy 3 polymerních nanovláken, takže je možné je relativně snadno odstranit některým ze známých způsobů regenerace filtrů – např. oplachem a/nebo snížením tlaku a/nebo diskontinuální dočištěním zpětným proplachem, s výhodou pak proudem vzduchových bublinek 5 pohybujících se po povrchu vrstvy 3 polymerních nanovláken. Vrstva 3 polymerních nanovláken si však i po této modifikaci zachovává svoji výhodnou nanovláčennou morfologii.

Na obr. 1 je pro názornost schematicky znázorněno odstraňování nečistot 4 zachycených na vnějších povrchu modifikované vrstvy 3 polymerních nanovláken filtru 1 bublinkou 5 vzduchu, která se pohybuje po povrchu vrstvy 3 nanovláken (šipka A), kolmo ke směru pohybu filtrované kapaliny (šipka B).

- 5 Takto modifikovaná vrstva 3 polymerních nanovláken je pro zvýšení mechanické odolnosti termolaminací připojená k povrchu nosné vrstvy 2. Termolaminace přitom může proběhnout současně s modifikací vrstvy 3 polymerních nanovláken, nebo samostatně, nezávisle na ní.

Volbou vhodných podmínek modifikace vrstvy 3 polymerních nanovláken lze volit velikost pórů takto modifikované vrstvy 3 polymerních nanovláken v rozsahu cca 0,1 až 2 μm , přičemž pro praktické využití je nejvhodnější, pokud mají tyto póry velikost do 1 μm , kdy je modifikovaná vrstva 3 polymerních nanovláken schopna zachytávat kromě velmi jemných mechanických nečistot také některé bakterie, s výhodou pak 0,1 až 0,9 μm , kdy je modifikovaná vrstva 3 polymerních nanovláken schopna zachytávat většinu bakterií a také některé viry. Uspořádání vrstvy 3 polymerních nanovláken jako nátočné vrstvy filtru 1, což je umožněné úpravou jejích parametrů a vnější i vnitřní struktury, ke kterým dochází při její modifikaci, pak brání tomu, aby tyto mikroorganismy pronikaly do vnitřní struktury filtru 1 a přežívaly v ní, což podstatným způsobem zvyšuje životnost filtru 1.

Pro zvýšení antimikrobiálních vlastností filtru 1 podle technického řešení je dále výhodné, pokud se na alespoň vnější stranu vrstvy 3 polymerních nanovláken a/nebo do její vnitřní struktury a/nebo do materiálu nanovláken uloží alespoň jedna vhodná antimikrobiální látka, která likviduje nebo alespoň oslabuje zachycené mikroorganismy. Vhodnou antimikrobiální látkou je např. antimikrobiální látka na bázi iontů stříbra a/nebo mědi a/nebo zinku, částice fotodynamického senzitizeru, atd. Antimikrobiální látka se přitom může např. způsobem dle CZ 300797 nebo CZ 303243 zakomponovat během zvláknování přímo do materiálu nanovláken, případně se může následně uložit na jejich povrchu. Vhodným způsobem k jejímu uložení na povrchu nanovláken je pak např. způsob popsáný v CZ 305045, při kterém se antimikrobiální látka nanáší na povrch vrstvy 3 polymerních nanovláken vynášecím válcem nebo smočením ve formě solu s následným ždímáním v kalandru při přítlaku 500 až 5000 N/m a sušením za teploty do 150 °C. Tento postup vede k vytvoření tenkého filmu antimikrobiální látky, který nijak výrazně nesnižuje porozitu vrstvy 3 polymerních nanovláken, na povrchu jednotlivých nanovláken. Koncentrace antimikrobiální látky je přitom s výhodou 0,01 až 5 % hmotn. vztaženo na celkovou hmotnost filtru 1.

Výhodným materiálem polymerních nanovláken je zejména polyamid (PA), polyamid 6 (PA6), polyuretan (PU), polyakrylonitril (PAN) a polyvinylidenfluorid (PVDF); obecně však lze použít libovolný zvláknitelný polymer, jehož nanovláknina nejsou po zvláknění a případné úpravě, jako např. síťování, rozpustná ve filtrované kapalině.

Níže jsou pro názornost uvedeny dvě příkladné varianty filtru 1 podle technického řešení.

Příklad 1

Elektrostatickým zvláknováním 12% roztoku polyamidu 6 ve směsi kyseliny octové a kyseliny mravenčí se v elektrostatickém poli vytvořeném mezi drátovou zvláknovací elektrodou dle CZ 300345, na kterou se přivádělo stejnosměrné napětí o velikosti 70 kV, a uzemněnou sběrnou elektrodou vytvořila nanovláknina polyamidu 6. Tato nanovláknina se během elektrostatického zvláknování zachytávala na povrchu silikonového papíru, na kterém postupně vytvořila plošnou vrstvu 3 s plošnou hmotností 1,6 g/m², tloušťkou 20 μm a průměrným průměrem pórů 1,2 μm . SEM snímek této vrstvy 3 při zvětšení 10 000x je na obr. 2.

45 Takto vytvořená vrstva 3 nanovláken polyamidu 6 se po zatuhnutí materiálu nanovláken sejmula ze silikonového papíru a uložila se na povrch polypropylenové netkané textilie typu spunbond s plošnou hmotností 90 g/m², na kterém byla předem uložená nespojitá vláknenná pojivá vrstva kopolyamidu s plošnou hmotností 8 g/m². Takto vytvořený polotovar se následně vložil mezi dvě rovnoběžné, vyhřívané desky, které na něj 1 minutu při teplotě 140 °C působily tlakem 0,4 MPa. Přitom došlo k připojení vrstvy 3 polymerních nanovláken k vrstvě netkané textilie a současně k modifikaci vrstvy 3 polymerních nanovláken – její tloušťka se zmenšila na 10 μm , průměrný

průměr pórů na 0,58 μm a původně v podstatě kulatý průřez nanovláken se změnil na oválný průřez s poměrem nejmenšího a největšího průměru vlákna 1:1,5. SEM snímek takto modifikované vrstvy 3 polymerních nanovláken při zvětšení 10 000x je na obr. 3.

- 5 Tímto způsobem se vytvořil filtr 1 podle technického řešení, který byl testován při čištění reálné odpadní vody s aktivovaným kalem s následujícími výsledky: průtočnost filtru 1 15 l/hod/ m^2 při tlakovém spádu 5 kPa, odolnost vůči tlaku při protiproudém čištění 70 kPa, odolnost vůči provoznímu tlaku 200 kPa, účinnost zachytu nerozpuštěných látek větší než 99,5 % a účinnost zachytu koliformních bakterií 98 %. Tzv. Cornell test dle ASTM E21491 pak prokázal inhibiční účinnost filtru 1 67 % pro kolonie koliformních bakterií.

10 Příklad 2

- Stejným způsobem jako v příkladu 1 se vytvořila stejná plošná vrstva 3 nanovláken polyamidu 6 uložená na silikonovém papíru. Po zatuhnutí materiálu nanovláken se tato vrstva 3 i se silikonovým papírem vložila mezi dvě rovnoběžné, vyhřívané desky, které na ni 1 minutu při teplotě 140 $^{\circ}\text{C}$ působily tlakem 0,4 MPa. Přitom došlo k její modifikaci. SEM snímek této modifikované vrstvy 3 nanovláken polyamidu 6 při zvětšení 9 990x je na obr. 4. Na takto modifikovanou vrstvu 3 polymerních nanovláken se následně pomocí fuláru nanasla vrstva solu s viskozitou 3,5 mPa.s, která obsahovala 2 % Ag. Po jeho zatuhnutí a vytvoření filmu na povrchu nanovláken se takto upravená vrstva 3 uložila na povrch polypropylenové netkané textilie typu spunbond s plošnou hmotností 90 g/m^2 , na kterém byla předem uložená nespojitá vláknenná pojivá vrstva kopolyamidu s plošnou hmotností 8 g/m^2 a termickou laminací se s ní spojila. Na obr. 5 je SEM snímek vrstvy nanovláken po vytvoření filmu antimikrobiální látky při zvětšení 10 000x. Přítomnost filmu antimikrobiální látky je patrná z výraznější odrazivosti této vrstvy 3, jinak není na její struktuře patrná žádná jiná změna. Světelně upravený SEM snímek vrstvy 3 s uloženým filmem Ag při zvětšení 10 000x je pak na obr. 6.

- 25 Tímto způsobem se vytvořil filtr 1 podle technického řešení s antimikrobiální úpravou, s průtočností 12 l/hod/ m^2 při tlakovém spádu 5 kPa a průměrem průměrného průtočného póru 0,5 μm .

- U takto vytvořeného filtru 1 se následně testovala jeho inhibiční účinnost a stabilita antimikrobiální úpravy při simulovaném průtoku 1,5 m^3 vody (průtok 180 l/hod přes plochu filtru 1 o velikosti 200 cm^2). Analýza vody po průtoku filtrem 1 přitom neprokázala zvýšení koncentrace stříbra oproti hodnotám naměřeným před filtrem 1. Z výsledků vyplývá, že tento filtr 1 je schopen zachytu 98 % koliformních bakterií, aniž by docházelo k jejich prorůstání strukturou filtru 1 a k uvolňování antimikrobiální látky během procesu filtrace. Tzv. Cornell test dle ASTM E21491 pak prokázal inhibiční účinnost filtru 1 100 % pro kolonie koliformních bakterií.

35 Průmyslová využitelnost

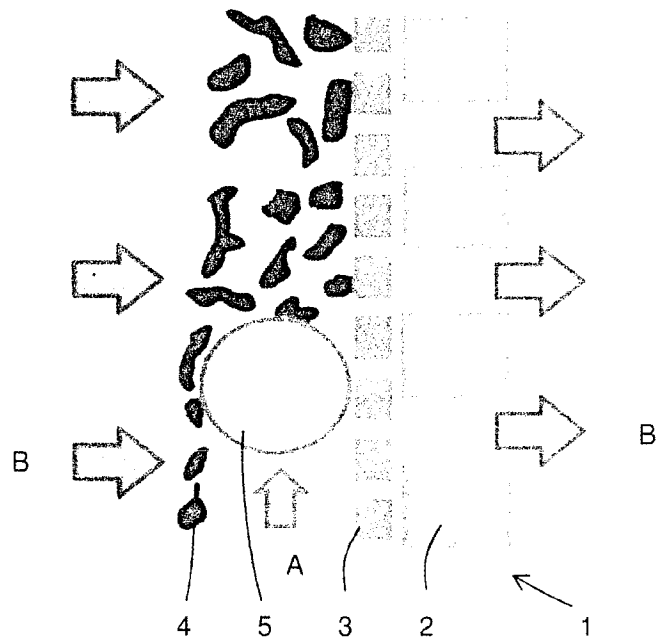
Filtr 1 podle technického řešení je určen pro filtraci různých kapalin, zejména vody. Jeho typickou aplikací je např. čištění aktivovaného kalu v čistírnách odpadních vod, odpadních vod z automyček, povrchových vod, apod.

N Á R O K Y N A O C H R A N U

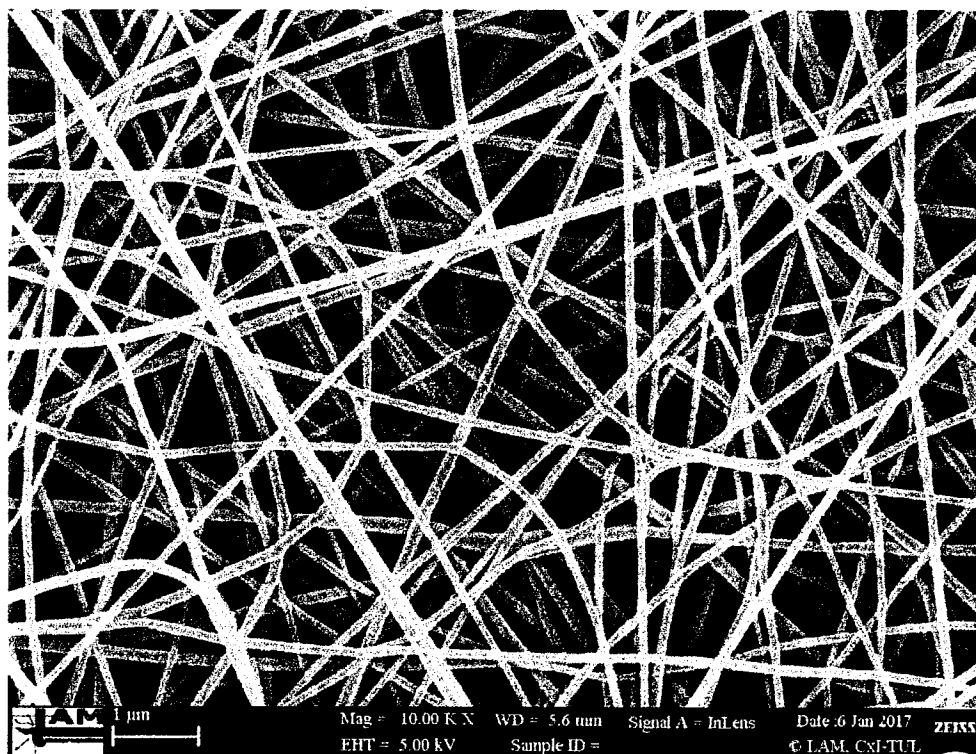
- 40 1. Filtr (1) pro filtraci kapalin, zejména odpadní nebo povrchové vody, který obsahuje porézní vrstvu (3) polymerních nanovláken uloženou prostřednictvím nespojitě vrstvy tavného pojiva na nosné textilní vrstvě (2), **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že vrstva (3) polymerních nanovláken má tloušťku do 20 μm , její póry mají průměr do 2 μm a její polymerní nanovlákeny mají oválný příčný průřez s poměrem nejmenšího a největšího průměru vlákna 1:1,2 až 1:3, přičemž je tato vrstva (3) polymerních nanovláken uspořádána jako nátočná vrstva filtru (1).

2. Filtr (1) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že polymerní nanovlákná mají oválný příčný průřez s poměrem nejmenšího a největšího průměru vlákna 1:1,3 až 1:1,6.
3. Filtr (1) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že póry vrstvy (3) polymerních nanovláken mají průměr 0,1 až 0,9 μm .
- 5 4. Filtr (1) podle libovolného z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že na alespoň jednom povrchu vrstvy (3) polymerních nanovláken a/nebo v materiálu polymerních nanovláken je uložena alespoň jedna antimikrobiální látka.
5. Filtr (1) podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že antimikrobiální látka je uložena na vnějším povrchu vrstvy (3) polymerních nanovláken.
- 10 6. Filtr (1) podle libovolného z nároků 4 nebo 5, **vyznačující se tím**, že antimikrobiální látka je ve formě filmu uložena na povrchu nanovláken vrstvy (3) polymerních nanovláken.
7. Filtr (1) podle libovolného z nároků 4 až 6, **vyznačující se tím**, že antimikrobiální látka je antimikrobiální látka na bázi iontů stříbra a/nebo mědi a/nebo zinku.
- 15 8. Filtr (1) podle libovolného z nároků 4 až 7, **vyznačující se tím**, že koncentrace antimikrobiální látky je 0,01 až 5 % hmotn. vztaženo na hmotnost filtru (1).

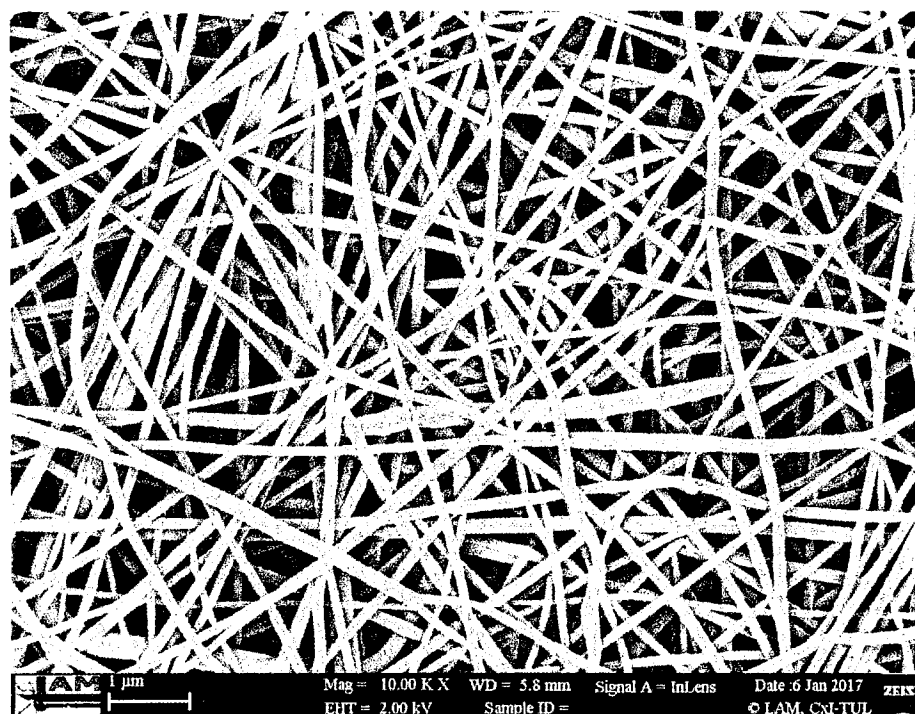
3 výkresy



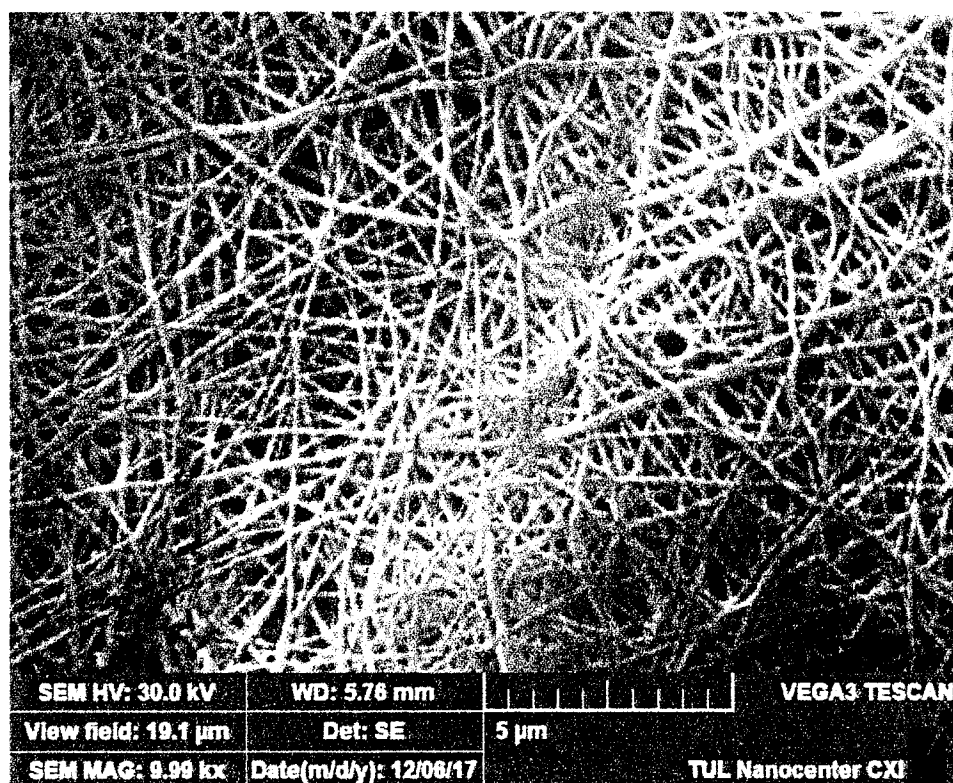
Obr. 1



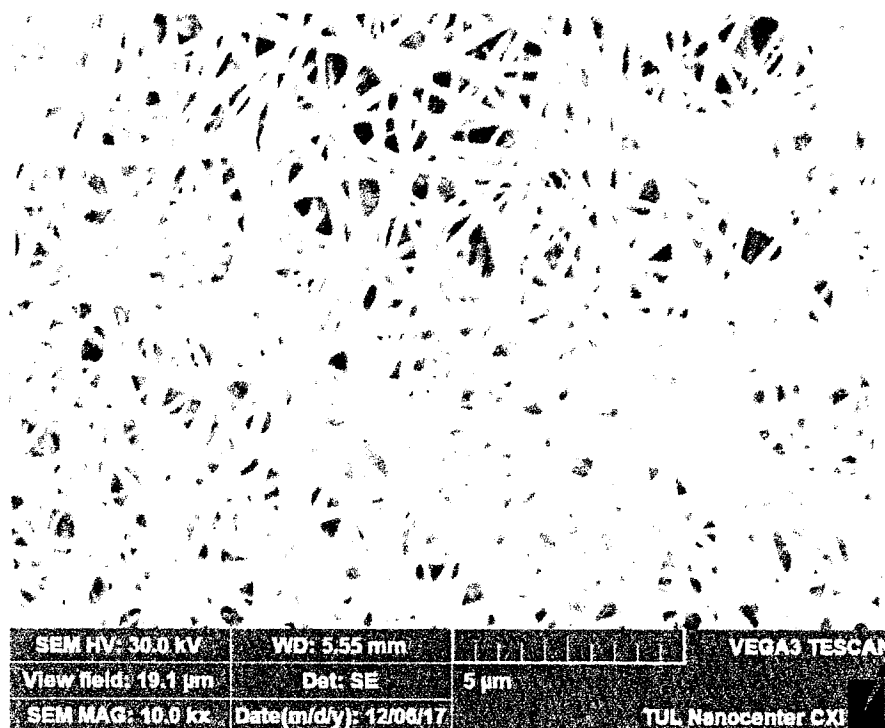
Obr. 2



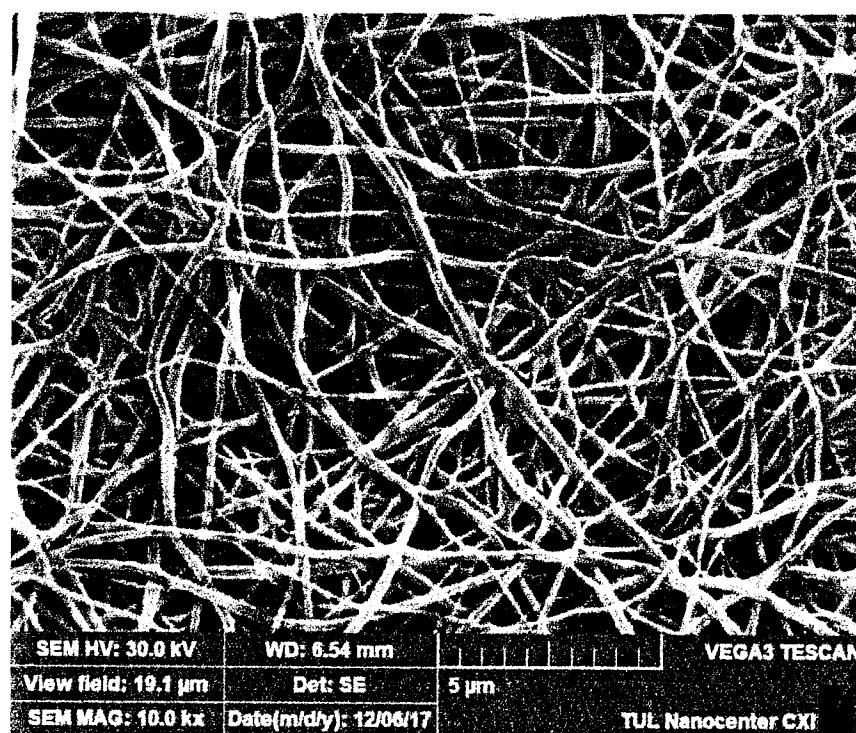
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6