

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **24.03.2010**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **05.10.2011**
(Věstník č. 40/2011)

(21) Číslo dokumentu:

2010-221

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

B82B 3/00 (2006.01)
D01D 5/00 (2006.01)
D01D 5/08 (2006.01)
D01D 5/11 (2006.01)
D04H 3/02 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

ELMARCO s.r.o., Liberec, CZ

(72) Původce:

Jakůbek František Ing., Liberec 15, CZ
Nýdrle Milan Ing., Liberec 10, CZ
Čmelík Jan Ing., Liberec, CZ

(74) Zástupce:

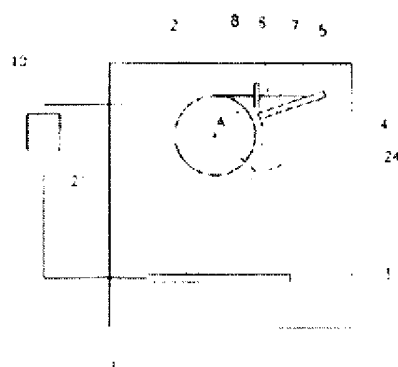
Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář, Ing.
Dobroslav Musil, Cejl 38, Brno, 60200

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob a zařízení pro výrobu polymerních
nanovláken z kapalné polymerní matrice**

(57) Anotace:

Při způsobu výroby polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice (7) se kapalná polymerní matrice (7) dopravuje na povrch otáčející se válcové zvlákňovací elektrody (2), kde se pomocí roztrácejího prostředku přiřazeného zvlákňovací elektrodě (2) vytváří vrstva polymerní matrice (7) předem dané tloušťky (w_1 , x_1). Ve zvlákňovací zóně vytvářené mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody (2) a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou (3) se silovým působením elektrického pole přetváří polymerní matrice (7) na polymerní nanovlákná. Zařízení pro výrobu nanovláken obsahuje zvlákňovací komoru (1), v níž jsou proti sobě uspořádány otočná válcová zvlákňovací elektroda (2) a sběrná elektroda (3), z nichž každá je připojena k rozdílnému elektrickému potenciálu.



Způsob a zařízení pro výrobu polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice

Oblast techniky

- 5 Vynález se týká způsobu a zařízení k výrobě polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice, u kterého se kapalná polymerní matrice dopravuje na povrchu otáčející se válcové zvlákňovací elektrody do zvlákňovací zóny vytvořené mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou.

10

Dosavadní stav techniky

- Pro výrobu polymerních nanovláken z kapalných polymerních matric (roztoků nebo tavenin polymerů) elektrostatickým zvlákňováním se v současné době používá několik různých typů statických nebo rotačních zvlákňovacích elektrod.

- 15 Základním typem statické zvlákňovací elektrody je tryska či soustava trysek, ze kterých je polymerní matrice vytlačována do elektrického pole vytvořeného mezi zvlákňovací elektrodou a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou. Tyto trysky jsou použity např. u zařízení popsaného v mezinárodní patentové přihlášce WO 03080905, či v novější WO 2005/090653. Nevýhodou tohoto typu zvlákňovací elektrody je jednak její vysoká poruchovost, kdy dochází vlivem ucpávání trysek zasychající polymerní matricí k přerušení procesu elektrostatického zvlákňování, a také faktická nemožnost regulace jejího výkonu. Kromě toho dochází při jakémkoliv jiném uspořádání než při
- 20 umístění sběrné elektrody nad zvlákňovací elektrodou, tedy při zvlákňování směrem nahoru, k úkapu polymerní matrice z jednotlivých trysek, přičemž její kapky poškozují již vytvořenou vrstvu polymerních nanovláken a svým elektrickým nábojem narušují stabilitu elektrického pole a celého procesu elektrostatického zvlákňování. Přitom může dojít také k porušení bezpečnosti
- 25 celého zařízení.
- 30

Stejně nevýhody vykazuje i zařízení popsané EP 0027777, u kterého polymerní tavenina stéká působením gravitace do elektrického pole štěrbinou.

Mezi rotační zvlákňovací elektrody patří tělesa různých, většinou rotačních tvarů, která se alespoň částečně brodí v polymerní matrici, a vynáší ji
5 do elektrického pole na svém povrchu – viz např. EP 1673493, WO 2008028428, či WO 2007/111477. Tyto zvlákňovací elektrody sice odstraňují nebo alespoň zmírňují většinu nevýhod statických zvlákňovacích elektrod, avšak stejně jako ony jsou vhodné zejména pro zvlákňování směrem nahoru, kdy je zvlákňovací elektroda uspořádaná pod sběrnou elektrodou, a v některých
10 specifických případech pro zvlákňování šikmo nahoru nebo do boku. Při jiném uspořádání pak dochází, stejně jako u statických elektrod, k úkapu polymerní matrice, přičemž její kapky mechanicky porušují již vytvořenou vrstvu polymerních nanovláken, a narušují stabilitu elektrického pole a celého procesu elektrostatického zvlákňování. Další nevýhodou je, že během rotace
15 zvlákňovací elektrody se působením gravitační síly (a v případně vyšší rychlosti rotace zvlákňovací elektrody i vlivem odstředivých sil) mění množství polymerní matrice přiváděné zvlákňovací elektrodou do elektrického pole, což způsobuje nerovnoměrnost vyvářené vrstvy polymerních nanovláken.

Z výše uvedeného dále také vyplývá, že stávající typy zvlákňovacích
20 elektrod jsou použitelné pouze v kombinaci s podkladovým materiálem (na kterém se zachytávají připravená polymerní nanovlákná), který je v elektrickém poli umístěn/veden v podstatě v napnutém stavu nad zvlákňovací elektrodou nebo vedle ní. Tento požadavek omezuje skupinu použitelných podkladových materiálů pouze na materiály s dostatečnou podélnou pevností v tahu, a uložení
25 vrstvy polymerních nanovláken na jiném podkladovém materiálu, např. na vlákenné pavučině pak představuje velmi složitý technologický problém. Přitom je z dosavadního výzkumu zřejmé, že kombinaci vrstvy polymerních nanovláken s některými takovými materiály, zejména netkanými textiliemi, je možné vytvořit výrobky s lepšími vlastnostmi a širšími možnostmi využití, než
30 při použití podkladových materiálů s vyšší podélnou pevností v tahu.

Cílem vynálezu je navrhnout způsob pro výrobu polymerních nanovláken z kapalně polymerní matrice a zařízení k provádění tohoto způsobu, které odstraní nevýhody dosavadního stavu techniky.

Podstata vynálezu

Cíle vynálezu je dosaženo způsobem pro výrobu polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice, u něhož se kapalná polymerní matrice dopravuje povrchu otáčející se válcové zvlákňovací elektrody do zvlákňovací zóny vytvořené mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou, v níž se kapalná polymerní matrice silovým působením elektrického pole vytvořeného rozdílem elektrických potenciálů zvlákňovací elektrody a proti ní uspořádané sběrné elektrody přetváří na polymerní nanovlákná. Podstata vynálezu pak spočívá v tom, že na povrch otáčející se zvlákňovací elektrody se před zvlákňovací zónou nanese kapalná polymerní matrice, z níž se na povrchu otáčející se zvlákňovací elektrody pomocí roztíracího prostředku přiřazeného zvlákňovací elektrodě vytváří vrstva předem dané tloušťky.

Pro aplikace určené pro zvlákňování směrem dolů, nebo šikmo dolů je výhodné, pokud je přitom síla působící mezi vrstvou kapalné polymerní matrice a povrchem zvlákňovací elektrody větší než součet gravitační síly a odstředivé síly působící na tuto vrstvu kapalné polymerní matrice. Tím se dosáhne nejen rovnoměrného přísunu předem daného množství kapalné polymerní matrice do zvlákňovací zóny mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou, takže výsledná vrstva polymerních nanovláken je díky tomu rovnoměrnější, ale současně se zabrání nežádoucímu úkapu polymerní matrice z povrchu zvlákňovací elektrody.

Dle použitého typu kapalné polymerní matrice a jejich fyzikálních vlastností leží šířka pracovní štěrbiny v intervalu od 0,1 mm do 1 mm, výhodněji pak v intervalu od 0,2 mm do 0,5 mm.

Vhodným roztíracím prostředkem přiřazeným zvlákňovací elektrodě je přitom buď statická lišta, nebo pomocná válcová zvlákňovací elektroda, na jejímž povrchu se rovněž vytváří vrstva kapalné polymerní matrice předem dané tloušťky. Vrstva polymerní matrice na povrchu pomocné zvlákňovací elektrody se přitom přivádí do zvlákňovací zóny mezi částí obvodu pomocné válcové zvlákňovací elektrody a proti ní uspořádané sběrné elektrody, kde se rovněž přetváří na polymerní nanovlákná.

Cíle vynálezu je dále dosaženo zařízením pro výrobu polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice, které obsahuje zvlákňovací komoru, v níž jsou proti sobě uspořádány otáčející se válcová zvlákňovací elektroda a sběrná elektroda, z nichž každá je připojena k rozdílnému elektrickému potenciálu, přičemž mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou je vytvořena zvlákňovací zóna. Před vstupem otáčejícího se povrchu zvlákňovací elektrody do zvlákňovací zóny je povrchu zvlákňovací elektrody přiřazen roztírací prostředek, přičemž mezi ním a povrchem zvlákňovací elektrody je vytvořena pracovní štěrbina konstantní šířky.

Nejvhodnějším roztíracím prostředkem je přitom statická lišta nebo pomocná válcová zvlákňovací elektroda. Statická lišta přitom může svým tvarem snadněji kopírovat případné konstrukční zaoblení nebo zkosení válcové zvlákňovací elektrody.

Dle použitého typu kapalné polymerní matrice, jejich fyzikálních vlastností a rychlosti otáčení zvlákňovací elektrody leží šířka pracovní štěrby v intervalu od 0,1 mm do 1 mm, výhodněji pak v intervalu od 0,2 mm do 0,5 mm.

Pro možnost využití zařízení podle vynálezu pro elektrostatické zvlákňování různých typů polymerní matrice při různých podmínkách v elektrickém poli je výhodné, pokud je šířka pracovní štěrby v těchto intervalech nastavitelná.

Přehled obrázků na výkrese

Na přiloženém výkrese jsou schematicky znázorněny dvě varianty zařízení k provádění způsobu pro výrobu polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice podle vynálezu určené pro zvlákňování směrem dolů, přičemž na obr. 1 je znázorněn řez zvlákňovací komorou tohoto zařízení se statickým prostředkem pro vytváření vrstvy kapalné polymerní matrice na zvlákňovací elektrodě, na obr. 2 pohled shora na tuto variantu, na obr. 3 řez zvlákňovací komorou tohoto zařízení s pohyblivým prostředkem pro vytváření vrstvy kapalné polymerní matrice na zvlákňovací elektrodě, na obr. 4 pohled

shora na tuto variantu, a na obr. 5 graf znázorňující závislost výkonu procesu elektrostatického zvlákňování na rychlosti otáčení zvlákňovací elektrody pro polymerní matrici PVA.

5 Příklady provedení vynálezu

Způsob pro výrobu polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice podle vynálezu bude vysvětlen na dvou variantách zařízení k provádění tohoto způsobu, které jsou schematicky znázorněny na obr. 1 až obr. 4. Jedná se přitom o varianty, které jsou určeny pro zvlákňování směrem dolů, případně
10 šikmo dolů.

Na obr. 1 je znázorněn řez zvlákňovací komorou 1 zařízení k provádění způsobu podle vynálezu, v jejíž horní části je otočně uspořádaná válcová zvlákňovací elektroda 2, proti které je ve spodní části zvlákňovací komory 1 uspořádaná plošná sběrná elektroda 3. Zvlákňovací elektroda 2 a sběrná
15 elektroda 3 jsou propojeny s opačnými póly zdroje 10 vysokého stejnosměrného napětí, který je umístěn mimo zvlákňovací komoru 1, případně je jedna z nich uzemněna, přičemž rozdílem jejich elektrických potenciálů je mezi nimi vytvořeno elektrické pole o vysoké intenzitě. Zvlákňovací elektroda 2 je dále spřažena s neznázorněným pohonem pro otáčivý pohyb kolem podélné
20 osy 21 ve směru naznačeném šipkou A.

V blízkosti horní části zvlákňovací elektrody 2 je po celé její délce rovnoběžně uspořádaná šikmá statická lišta 4, přičemž mezi touto statickou lištou 4 a povrchem zvlákňovací elektrody 2 je vytvořena pracovní štěrbina 24 konstantní šířky w. Jak je patrné z obr. 1 i obr. 2, který představuje pohled do
25 zvlákňovací komory 1 shora, prostor mezi zvlákňovací elektrodou 2 a statickou lištou 4 je v oblasti čel zvlákňovací elektrody 2 uzavřen bočnicemi 5 přibližně trojúhelníkového tvaru. Tím je z tohoto prostoru vytvořen zásobní prostor 6 pro dočasné uložení kapalné polymerní matrice 7 určené ke zvlákňování. Jako kapalnou polymerní matrici 7 přitom lze použít jak roztok, tak i taveninu
30 polymeru.

Shora zasahuje do zásobního prostoru 6 a ve znázorněném příkladu provedení i do v něm uložené polymerní matrice 7 přívod 8, který je propojený s neznázorněným zdrojem polymerní matrice 7 umístěným mimo zvlákňovací komoru 1. Přívod 8 je ve znázorněném příkladu provedení uspořádán některým
5 ze známých způsobů pohyblivě vratně podél zvlákňovací elektrody 2 mezi bočnicemi 4 a je spřažen se známým neznázorněným pohonem pro tento vratný pohyb.

Při provozu zařízení podle vynálezu se do zásobního prostoru 6 přivádí přívodem 8 polymerní matrice 7, která se během otáčení zvlákňovací elektrody
10 2 zachycuje na jejím povrchu, po celé její délce mezi bočnicemi 4. Následným průchodem pracovní štěrbinou 24 se na povrchu sběrné elektrody 2 vytváří vrstva polymerní matrice 7 předem dané tloušťky w₁, přičemž přebytečná polymerní matrice 7 se zachycuje v zásobním prostoru 6. Zde následně slouží jako zásoba polymerní matrice 7 pro další zvlákňování a/nebo k vyrovnávání
15 nerovnoměrností přísunu kapalné polymerní matrice 7 přívodem 8, apod.

Tloušťka w₁ vrstvy polymerní matrice 7 na povrchu zvlákňovací elektrody 2 se u varianty určené pro zvlákňování směrem dolů, nebo šikmo dolů volí taková, při které je síla působící mezi polymerní matricí 7 a povrchem zvlákňovací elektrody 2 větší, než součet gravitační síly a odstředivé síly
20 působící na tuto polymerní matrici 7. Tím se zajistí, že při otáčení zvlákňovací elektrody 2 nedojde k nežádoucímu úkapu polymerní matrice 7, ani k jejímu samovolnému roztékání po povrchu zvlákňovací elektrody 2. Do zvlákňovací zóny vytvořené mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody 2 a proti němu uspořádanou sběrnou elektrodou 3 tak bude v každém okamžiku přiváděno
25 přesné, předem stanovené množství polymerní matrice 7, které bude rovnoměrně rozloženo po celé délce zvlákňovací elektrody 2. Díky tomu se bude proces elektrostatického zvlákňování inicializovat po celé délce zvlákňovací elektrody 2, nebo bude na celou délku zvlákňovací elektrody 2 poměrně rychle rozveden. Jeho výkon pak bude po celé délce zvlákňovací
30 elektrody 2 a během celého pracovního cyklu konstantní, což se příznivě projeví na zvýšené rovnoměrnosti vytvářené vrstvy polymerních nanovláken jak v jejím příčném, tak i podélném směru. Zabránění úkapu polymerní matrice 7

z povrchu zvlákňovací elektrody 2 současně umožňuje provádět zvlákňování v podstatě v libovolném požadovaném směru určeném vhodným umístěním sběrné elektrody 3 proti příslušné části povrchu zvlákňovací elektrody 2 s výjimkou té části povrchu zvlákňovací elektrody 2, která zasahuje do zásobního prostoru 6, a která se nachází proti statické liště 4. Díky tomu je
5 mj. možné zvlákňovat směrem dolů a použít pro ukládání vytvořených polymerních nanovláken podkladové materiály s nízkou podélnou pevností v tahu, neboť tyto podkladové materiálu mohou být volně uloženy přímo na sběrné elektrodě 2, případně na vhodném statickém, nebo pohyblivém nosném prvku v její blízkosti, a nemusí tedy být zvlákňovací komorou 1 vedeny
10 v napnutém stavu, jako je tomu při zvlákňování směrem nahoru.

Z hlediska dalšího zvýšení rovnoměrnosti vytvářené vrstvy polymerních nanovláken je výhodné, pokud se polymerní matrice 7 vynáší do zvlákňovací zóny ve vrstvě požadované tloušťky w₁ po celé délce zvlákňovací elektrody 2 již
15 od začátku pracovního cyklu. Toho se dosáhne např. vytvořením zásoby polymerní matrice 7 v zásobním prostoru 6 před zahájením procesu elektrostatického zvlákňování, případně pohybem přívodu 8, kterým je přiváděna polymerní matrice podél zvlákňovací elektrody 2 mezi bočnicemi 5.

Vzhledem k tomu, že většina polymerních matic 7 vhodných pro
20 elektrostatické zvlákňování relativně rychle „stárne“ – vlivem odparu rozpouštědla houstne, přičemž se mění její chemické a fyzikální vlastnosti, je dále výhodné, pokud se řízením množství polymerní matrice 7 přiváděné přívodem 8 dosáhne toho, že celý objem polymerní matrice 7 zachycené v zásobním prostoru 6, nebo alespoň jeho podstatná část, se po určité době
25 obmění. Další možností jak proces stárnutí eliminovat nebo alespoň omezit je přizpůsobit koncentraci rozpouštědla v nově přiváděné polymerní matici 7 složení polymerní matrice 7 zachycené v zásobním prostoru 6 a polymerní případně matici v zásobním prostoru promíchávat.

Polymerní matrice 7 na povrchu zvlákňovací elektrody 2 se během jejího
30 otáčení přivádí do zvlákňovací zóny vytvořené mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody 2 a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou 3, v níž dochází vlivem silového působení elektrického pole k elektrostatickému zvlákňování. Při něm

se na vrstvě polymerní matrice 7 na povrchu zvlákňovací elektrody 2 vytváří tzv. Taylorovy kužely, z nichž jsou následně vydlužována polymerní nanovlákná. Ta se dále v důsledku silového působení elektrického pole postupně oddělují od vrstvy polymerní matrice 7 a pohybují se směrem ke sběrné elektrodě 3,
5 přičemž se dle použité technologie ukládají buď přímo na ní, nebo na neznázorněném podkladovém materiálu, který je umístěn buď na povrchu sběrné elektrody 2, v prostoru mezi zvlákňovací elektrodou 2 a sběrnou elektrodou 3, nebo mimo tento prostor, přičemž polymerní nanovlákná jsou k němu přiváděna např. vhodně směřovaným proudem vzduchu, či jiným
10 vhodným způsobem.

Zbytek polymerní matrice 7, který se nepřetvořil na polymerní nanovlákná se přitom vrací na povrchu zvlákňovací elektrody 2 zpět do zásobního prostoru 6, a může být dále zpracován. Pro některé typy polymerních matric 7 je však výhodnější, pokud se jejich zbytek ze zvlákňovací
15 elektrody 2 odstraní k tomu určeným neznázorněným prostředkem, který je umístěn ve směru otáčení zvlákňovací elektrody 2 před zásobním prostorem 6. Jeho odstranění přitom může probíhat buď mechanicky, nebo chemicky, např. s využitím vhodného rozpouštědla.

Pohyb přívodu 8 v zásobním prostoru 6 podél zvlákňovací elektrody 2
20 způsobuje nejen rychlejší nanesení polymerní matrice 7 na celou délku zvlákňovací elektrody 2 mezi bočnicemi 4, ale současně promíchává nově přiváděnou polymerní matici 7 s polymerní maticí 7 již uloženou v zásobním prostoru 6. To přispívá k zachování konstantních vlastností a chemického složení v celém objemu polymerní matrice 7, a oddaluje proces jejího „stárnutí“.
25 Pro zvýšení efektivity rozmíchávání je přívod 8 v neznázorněném příkladu provedení opatřen alespoň na části svého povrchu vhodně tvarovanými výstupky a/nebo nástavbami. Tento efekt se ještě zvýší v případě použití několika pohyblivých přívodů 8, které jsou buď spřaženy a pohybují se společně, nebo se naopak pohybují navzájem nezávisle. V dalších
30 neznázorněných variantách je možné v zásobním prostoru 6 k tomuto účelu uspořádat jiný vhodný pohyblivý prvek (prvky). Přívod 8 polymerní matrice 7 může být vytvořen i jako statický. Statický přívod 8 má své opodstatnění v

- případech, kdy je délka zvlákňovací elektrody 2 relativně malá a/nebo kdy má použitá polymerní matrice 7 nižší viskozitu a/nebo je dostatečně odolná proti „stárnutí“. Polymerní matrice 7 může být statickým přívodem 8 přiváděna na povrch zvlákňovací elektrody 2, na povrch statické lišty 4 nebo do prostoru mezi nimi, případně i na bočnici 5. V případě použití několika statických přívodů 8 je možné jimi polymerní matrici 7 přivádět na povrch libovolného z těchto prvků, na povrch několika těchto prvků současně a/nebo do prostoru mezi nimi. Při použití statického přívodu 8 přitom není nutné, aby zasahoval do polymerní matrice 7 v zásobním prostoru 6.
- 10 V dalších neznázorněných příkladech provedení je statická lišta 4 uspořádána proti zvlákňovací elektrodě 2 odlišným způsobem, než u varianty znázorněné na obr. 1, přičemž může být uspořádána např. vodorovně, nebo šikmo dolů, a může přitom představovat dno, stěnu, část dna, nebo část stěny zásobního prostoru 6, případně sloužit k odvedení přebytečné polymerní
- 15 matrice 7 mimo kontakt se zvlákňovací elektrodou 2. Ve všech těchto variantách uspořádání přitom může být statická lišta 4 dále opatřena na části nejbližší zvlákňovací elektrodě 2 břítem nebo jiným podobným prostředkem či tvarovou úpravou, zabráňující úkapu polymerní matrice 7 a/nebo upravující rozložení polymerní matrice 7 na povrchu zvlákňovací elektrody 2. V prostoru
- 20 pod statickou lištou 4 může být dále zařazen vhodný neznázorněný prvek pro zachyt případných kapek polymerní matrice 7.

V dalších konstrukčních variantách je pak statická lišta 4 propojená s bočnicemi 5 a tvoří s nimi jeden kus, který je s výhodou vyměnitelný, přičemž při použití různých typů a/nebo velikostí těchto prvků lze přizpůsobit délku

25 zvlákňovací elektrody 2 mezi bočnicemi 5 a/nebo šířku w pracovní štěrby 24 různým typům polymerní matrice 7 a požadavkům na výslednou vrstvu polymerních nanovláken.

Statickou lištu 4 s příslušným tvarováním lze kromě válcové zvlákňovací elektrody 2 znázorněné na obr. 1 a obr. 2 použít i v dalších konstrukčních

30 provedeních v kombinaci s válcovou zvlákňovací elektrodou 2 se zaoblenými nebo zkosenými okraji, případně v kombinaci se zvlákňovací elektrodou 2 konvexního tvaru popsanou ve WO2006131081.

U varianty zařízení k provádění způsobu podle vynálezu znázorněné na obr. 3 a 4 jsou všechny prvky zařízení v podstatě stejné jako u předchozí varianty, s tím rozdílem, že statická lišta 4 je zde nahrazena pomocnou válcovou zvlákňovací elektrodou 41. Ta je svou velikostí a tvarem shodná se zvlákňovací elektrodou 2, se kterou je současně rovnoběžná, přičemž mezi povrchem zvlákňovací elektrody 2 a pomocné zvlákňovací elektrody 41 je vytvořena pracovní štěrbina 241 konstantní tloušťky x. Pomocná zvlákňovací elektroda 41 je dále spřažena s neznázorněným pohonem pro otáčivý pohyb kolem podélné osy 411 ve směru naznačeném šipkou B, tedy proti směru otáčení zvlákňovací elektrody 2.

Jak je znázorněno na obr. 3 a obr. 4, který představuje pohled do zvlákňovací komory 1 shora, prostor mezi zvlákňovací elektrodou 2 a pomocnou zvlákňovací elektrodou 41 je v oblasti čel obou zvlákňovacích elektrod 2 a 41 uzavřen bočnicemi 5, čímž je z něj vytvořen zásobní prostor 6 pro dočasné uložení polymerní matrice 7 určené ke zvlákňování. Do zásobního prostoru 6, a ve znázorněném příkladu provedení i do v něm uložené polymerní matrice 7, přitom zasahuje přívod 8, který je propojený s neznázorněným zdrojem polymerní matrice 7 uloženým mimo zvlákňovací komoru. Přívod 8 je, stejně jako v předcházejícím příkladu provedení, uspořádán pohyblivě vratně podél zvlákňovací elektrody 2 a je spřažen s neznázorněným pohonem pro tento vratný pohyb. Ve znázorněném příkladu provedení je přívod 7 směřován do prostoru mezi zvlákňovací elektrodou 2 a pomocnou zvlákňovací elektrodou 41, avšak v dalších neznázorněných příkladech provedení je nasměrován proti povrchu kterékoliv z nich, či jiným vhodným způsobem. Při využití více přívodů 8, a to jak pohyblivých a/nebo statických, může být každý z nich směřován jinak, dle potřeby.

Během provozu se do zásobního prostoru 6 přivádí přívodem 8 polymerní matrice 7, která se během otáčení zvlákňovací elektrody 2 a pomocné zvlákňovací elektrody 41 zachytává na jejich površích, po celé jejich délce mezi bočnicemi 4. Následným průchodem pracovní štěrbinou 241 se pak na povrchu zvlákňovací elektrody 2 i pomocné zvlákňovací elektrody 41 vytváří

vrstva polymerní matrice 7 předem stanovené tloušťky x₁, přičemž přebytečná polymerní matrice 7 se zachycuje v zásobním prostoru 6

5 Tloušťka x₁ polymerní matrice 7 na povrchu zvlákňovací elektrody 2 a pomocné zvlákňovací elektrody 41 se pro zvlákňování směrem dolů, nebo šikmo dolů volí taková, při které je síla působící mezi vrstvou polymerní matrice 7 a povrchem zvlákňovací elektrody 2, resp. pomocné zvlákňovací elektrody 41 větší než součet gravitační síly a odstředivé síly působící na tuto vrstvu kapalné polymerní matrice 7. Tím se, stejně jako v předchozí variantě zajistí, že při dalším otáčení zvlákňovací elektrody 2 a pomocné zvlákňovací elektrody 41 10 nedojde k nežádoucímu úkapu polymerní matrice 7, ani k jejímu samovolnému roztékání po povrchu zvlákňovací elektrody 2 nebo pomocné zvlákňovací elektrody 41. Do zvlákňovacích zón vytvořených mezi částí povrchu zvlákňovací elektrody 2, resp. pomocné zvlákňovací elektrody 41 a proti němu uspořádanou sběrnou elektrodou 3, tak bude v každém okamžiku přiváděno 15 přesné, předem stanovené množství polymerní matrice 7, které bude rovnoměrně rozloženo po celé délce zvlákňovací elektrody 2, resp. pomocné zvlákňovací elektrody 41. Díky tomu se bude proces elektrostatického zvlákňování inicializovat po celé délce zvlákňovací elektrody 2 i pomocné zvlákňovací elektrody 41, nebo na ni bude poměrně rychle rozveden, a jeho 20 výkon bude po celé délce zvlákňovací elektrody 2 i pomocné zvlákňovací elektrody 41, a během celého pracovního cyklu konstantní. To se příznivě projeví na zvýšené rovnoměrnosti vytvářené vrstvy polymerních nanovláken jak v jejím příčném, tak i podélném směru.

25 Díky tomu, že elektrostatické zvlákňování probíhá současně z povrchu dvou stejných zvlákňovacích elektrod 2, 41 a ze dvou stejných, rovnoměrných vrstev polymerní matrice 7, je jeho celkový výkon téměř dvojnásobný oproti výkonu zařízení s jednou zvlákňovací elektrodou 2.

30 Zabránění úkapu polymerní matrice 7 z povrchu zvlákňovací elektrody 2 nebo pomocné zvlákňovací elektrody 41 současně umožňuje provádět zvlákňování v podstatě v libovolném požadovaném směru, vhodným umístěním sběrné elektrody 3 proti příslušné části povrchu zvlákňovací elektrody 2 a/nebo

pomocné zvlákňovací elektrody 41, s výjimkou té části jejich povrchu, která zasahuje do zásobního prostoru 6.

Stejně jako v případě provedení znázorněném na obr. 1 a obr. 2 je i v tomto případě výhodné, pokud se polymerní matrice 7 vynáší do
5 zvlákňovacích zón ve vrstvě požadované tloušťky x_1 po celé délce zvlákňovací elektrody 2 i pomocné zvlákňovací elektrody 41 již od začátku pracovního cyklu. Toho lze opět dosáhnout vytvořením zásoby polymerní matrice 7 v zásobním prostoru 6 před zahájením procesu elektrostatického zvlákňování, případně pohybem přívodu 8, kterým je přiváděna polymerní matrice podél zvlákňovací
10 elektrody 2 a pomocné zvlákňovací elektrody 41 mezi bočnicemi 5. Přitom lze dále použít také stejné prostředky pro eliminaci nebo alespoň zpomalení „stárnutí“ polymerní matrice 7.

Polymerní matrice 7 se na povrchu zvlákňovací elektrody 2 a na povrchu pomocné zvlákňovací elektrody 41 přivádí do aktivní zóny, vytvořené mezi částí
15 obvodu zvlákňovací elektrody 2, resp. pomocné zvlákňovací elektrody 41, a proti němu uspořádanou sběrnou elektrodou 2, v níž dochází vlivem silového působení elektrického pole k elektrostatickému zvlákňování.

Zbytek polymerní matrice 7, který se nepřetvořil na polymerní nanovlákná, se pak vrací na povrchu zvlákňovací elektrody 2 a na povrchu
20 pomocné zvlákňovací elektrody 41 zpět do zásobního prostoru 6, a může být dále zpracován. V jiných neznázorněných variantách se zbytek polymerní matrice 7 z povrchu zvlákňovací elektrody 2 a/nebo pomocné zvlákňovací elektrody 41 odstraní k tomu určeným neznázorněným prostředkem, který je umístěn ve směru otáčení zvlákňovací elektrody 2, 41 před zásobním
25 prostorem 6. Odstranění přitom může probíhat buď mechanicky nebo chemicky nebo kombinací obou postupů.

Popisované zařízení může být dále vytvořeno v různých jiných variantách, které nejsou znázorněny, přičemž např. pomocná zvlákňovací elektroda 41 může mít jiný tvar a/nebo velikost než zvlákňovací elektroda 2,
30 případně se může otáčet jinou rychlostí než zvlákňovací elektroda 2. Kromě toho může být pomocná zvlákňovací elektroda 41 nahrazena jiným vhodným pohyblivým nebo statickým prvkem, který se účastní, nebo naopak neúčastní

spoluvytváření elektrického pole a procesu elektrostatického zvlákňování, případně několika takovými prvky. V některých variantách je dále výhodné, pokud je v prostoru pod pracovní štěrbinou 241 zařazen neznázorněný vhodný prvek pro zachyt případných kapek polymerní matrice 7.

- 5 V dalších neznázorněných příkladech provedení je možné umístit sběrnou elektrodu 3 libovolného vhodného typu, případně větší počet sběrných elektrod 3, proti téměř jakékoliv části obvodu zvlákňovací elektrody 2 a pomocné zvlákňovací elektrody 41, s výjimkou té části, která zasahuje do zásobního prostoru 6, a tím téměř libovolně posunout jejich zvlákňovací zóny.
- 10 Tím lze vytvořit prostorové uspořádání, při kterém probíhá proces elektrostatického zvlákňování polymerní matrice 7 z povrchu zvlákňovací elektrody 2 a pomocné zvlákňovací elektrody 41 dle požadavků souběžně nebo různoběžně. Přitom lze použít libovolnou ze známých sběrných elektrod 3, např. dle EP1673493, CZ PV 2006-477, CZ PV 2007-727 nebo analogické
- 15 PCT/CZ2008/000123, nebo jiný typ sběrné elektrody 3, případně jejich libovolnou vhodnou kombinaci.

- Všechny výše popsané varianty zařízení k provádění způsobu podle vynálezu tak umožňují využití otáčející se zvlákňovací elektrody 2 protáhlého rotačního tvaru, která při elektrostatickém zvlákňování kapalných polymerních
- 20 matric 7 dosahuje nejlepších výsledků, i pro elektrostatické zvlákňování směrem svisle dolů a/nebo šikmo dolů, což při použití stávajících zařízení nebylo dosud možné. Při zvlákňování směrem dolů je odstraněna podmínka vedení podkladového materiálu, na nějž se vytvořená polymerní nanovlákná ukládají, přes zvlákňovací komoru 1 v napnutém stavu, což rozšiřuje oblast
 - 25 použitelných podkladových materiálů i na materiály s nízkou podélnou pevností v tahu, které mohou být pro některé aplikace výhodnější než materiály s vysokou pevností v tahu.

- Ve všech popisovaných variantách je dále výhodné, pokud je šířka x, w pracovní štěrbiny 24, 241 nastavitelná v určitém rozsahu hodnot, např. 0,1 až 1
- 30 mm, což umožňuje přizpůsobit její šířku x, w aktuálnímu typu polymerní matrice 7 a/nebo jejím aktuálním vlastnostem, případně rychlosti otáčení zvlákňovací elektrody 2, a to buď manuálně, nebo automaticky.

V následujících příkladech jsou pro konkrétnost uvedeny použitelné rozsahy šířky w pracovní štěrbiny 24 pro některé typy polymerních matric 7 pro zvlákňování směrem dolů. Vzhledem k tomu, že je vždy nutno zabránit úkapu polymerní matrice 7 z pracovní štěrbiny, šířky w, x pracovních štěrbin 24, 241 jsou při použití statické lišty 4 i pomocné zvlákňovací elektrody 41 v podstatě stejné.

Během řady experimentů bylo současně zjištěno, že s rostoucí rychlostí otáčení zvlákňovací elektrody 2 lze zvětšovat šířku pracovní štěrbiny 24, 241, aniž by se tím zvyšovalo nebezpečí úkapu polymerní matrice 7. V závislosti na konkrétním složení polymerní matrice 7, jejich fyzikálních vlastnostech, a rychlosti otáčení zvlákňovací elektrody 2 se použitelná šířka x pracovní štěrbiny 24 pohybuje v rozmezí 0,1 až 1 mm. Se zvyšováním rychlosti otáčení zvlákňovací elektrody 2 však poměrně strmě klesá výkon celého zařízení, jak je patrné z obr. 5, na kterém je znázorněna závislost výkonu na rychlosti otáčení zvlákňovací elektrody 2 při použití polymerní matrice 7 polyvinylalkoholu (PVA). Testována přitom byla polymerní matrice 7 obsahující v 1004 g 120 g PVA, 880 g demineralizované vody a 4 g H_3PO_4 s funkcí zvodivovacího činidla, při rozdílu napětí mezi zvlákňovací elektrodou 2 a sběrnou elektrodou 3 tvořenou kovovou deskou 85 kV, relativní vlhkosti 42% a teplotě 24°C. Jak dále vyplývá z obr. 5, pro danou polymerní matrici 7 je výkon elektrostatického zvlákňování nejvyšší při rychlosti otáčení zvlákňovací elektrody 2 2 ot/min, přičemž hodnota optimální šířky x pracovní štěrbiny 24 v tomto případě byla stanovena na 0,2 mm.

V dalším případě byla na stejném zařízení testována polymerní matrice 7 obsahující směs polyvinylalkoholu (PVA) a polyetylenoxidu (PEO) o složení 795,4 g 13% roztoku PVA, 132 g 5% roztoku PEO, 6,3 g H_3PO_4 s funkcí zvodivovacího činidla, 6,4 g síťovacího činidla s obchodním označením „Sequarez“, a 60 g demineralizované vody na 1000 g hmotnosti polymerní matrice 7. Při použití této polymerní matrice 7 se nejvyššího výkonu dosáhlo při rychlosti otáčení zvlákňovací elektrody 2 5 ot/min, pro kterou byla optimální šířka x pracovní štěrbiny 24 stanovena na 0,5 mm.

Viskozita obou polymerních matric 7 se přitom v závislosti na teplotě a dalších parametrem pohybuje v rozmezí 500 až 600 mPas.

Podstatu vynálezu, tedy vytváření vrstvy polymerní matrice 7 předem dané tloušťky x_1 , w_1 na povrchu válcové zvlákňovací elektrody 2, případně i na povrchu pomocné zvlákňovací elektrody 41, lze kromě popisovaných případů určených pro zvlákňování směrem dolů, nebo šikmo dolů, použít i v případech,

5 kdy se z otáčející válcové zvlákňovací elektrody 2, resp. z pomocné zvlákňovací elektrody 41 zvlákňuje směrem nahoru, šikmo nahoru, případně do boku. Vytváření vrstvy polymerní matrice 7 předem dané tloušťky x_1 , w_1 na povrchu zvlákňovací elektrody 2, resp. pomocné zvlákňovací elektrody 41 přitom v těchto případech zajišťuje rovnoměrný přívod přesného, předem

10 daného množství polymerní matrice 7 do zvlákňovací zóny, což má za následek nejen rovnoměrnější a snadnější inicializaci zvlákňovacího procesu, ale také zvýšenou rovnoměrnost vytvářené vrstvy polymerních nanovláken. U variant určených pro zvlákňování směrem nahoru, šikmo nahoru, případně do boku přitom nemusí být ze zřejmých důvodů nutně splněna podmínka, že síla

15 působící mezi polymerní matricí 7 a povrchem zvlákňovací elektrody 2 je větší, než součet gravitační síly a odstředivé síly působící na tuto polymerní matrici 7.

Seznam vztahových značek

	1	zvlákňovací komora
	10	zdroj vysokého stejnosměrného napětí
5	2	zvlákňovací elektroda
	21	podélná osa zvlákňovací elektrody
	24, 241	pracovní štěrbina
	3	sběrná elektroda
	4	statická lišta
10	41	pomocná zvlákňovací elektroda
	411	podélná osa pomocné zvlákňovací elektrody
	5	bočnice
	6	zásobní prostor
	7	polymerní matrice
15	8	přívod
	w, x	šířka pracovní štěrby
	w ₁ , x ₁	tloušťka vrstvy polymerní matrice

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob pro výrobu polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice (7), u něhož se kapalná polymerní matrice (7) dopravuje na povrchu otáčející se válcové zvlákňovací elektrody (2) do zvlákňovací zóny vytvořené mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody (2) a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou (3), v níž se kapalná polymerní matrice (7) silovým působením elektrického pole vytvořeného rozdílem elektrických potenciálů zvlákňovací elektrody (2) a sběrné elektrody (3) přetváří na polymerní nanovlákná,
vyznačující se tím, že na povrch otáčející se zvlákňovací elektrody (2) se před zvlákňovací zónou nanese kapalná polymerní matrice (7), z níž se na povrchu otáčející se zvlákňovací elektrody (2) pomocí roztíracího prostředku přiřazeného zvlákňovací elektrodě (2) vytváří vrstva polymerní matrice (7) předem dané tloušťky (w_1 , x_1).
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že na povrchu zvlákňovací elektrody (2) se vytváří vrstva kapalné polymerní matrice (7) předem dané tloušťky (x_1 , w_1), při níž je síla působící mezi vrstvou kapalné polymerní matrice (7) a povrchem zvlákňovací elektrody (2) větší než součet gravitační síly a odstředivé síly působící na tuto vrstvu kapalné polymerní matrice (7).**
3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím, že šířka (x , w) pracovní štěrby (24, 241) leží v intervalu 0,1 až 1mm.**
4. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím, že šířka (x , w) pracovní štěrby (24, 241) leží v intervalu 0,2 až 0,5mm.**
5. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že rozstíracím prostředkem přiřazeným zvlákňovací elektrodě (2) je statická lišta (4).**
6. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že rozstíracím prostředkem přiřazeným zvlákňovací elektrodě (2) je otáčející se pomocná válcová zvlákňovací elektroda (41), na jejímž povrchu se rovněž vytváří vrstva kapalné polymerní matrice (7) předem dané tloušťky (x_1), která se na povrchu**

pomocné válcové zvlákňovací elektrody (41) přivádí do zvlákňovací zóny vytvořené mezi částí obvodu pomocné válcové zvlákňovací elektrody (41) a proti ní uspořádané sběrné elektrody (3), přičemž kapalná polymerní matrice (7) se v této zvlákňovací zóně přetváří silovým působením elektrického pole vytvořeného rozdílem elektrických potenciálů pomocné válcové zvlákňovací elektrody (41) a sběrné elektrody (2) na polymerní nanovlákná.

7. Zařízení pro výrobu polymerních nanovláken z kapalné polymerní matrice (7), které obsahuje zvlákňovací komoru (1), v níž jsou proti sobě uspořádány otočná válcová zvlákňovací elektroda (2) a sběrná elektroda (3), z nichž každá je připojena k rozdílnému elektrickému potenciálu, přičemž mezi částí obvodu zvlákňovací elektrody (2) a proti ní uspořádanou sběrnou elektrodou (3) je vytvořena zvlákňovací zóna, **vyznačující se tím, že** před vstupem otáčejícího se povrchu zvlákňovací elektrody (2) do zvlákňovací zóny je povrchu zvlákňovací elektrody (2) přiřazen roztírací prostředek, přičemž mezi roztíracím prostředkem a povrchem zvlákňovací elektrody (2) je vytvořena pracovní štěrbina konstantní šířky (x, w).

8. Zařízení podle nároku 7, **vyznačující se tím, že** roztíracím prostředkem je statická lišta (4) uspořádaná podél zvlákňovací elektrody (2).

9. Zařízení podle nároku 7, **vyznačující se tím, že** roztíracím prostředkem je pomocná válcová zvlákňovací elektroda (42).

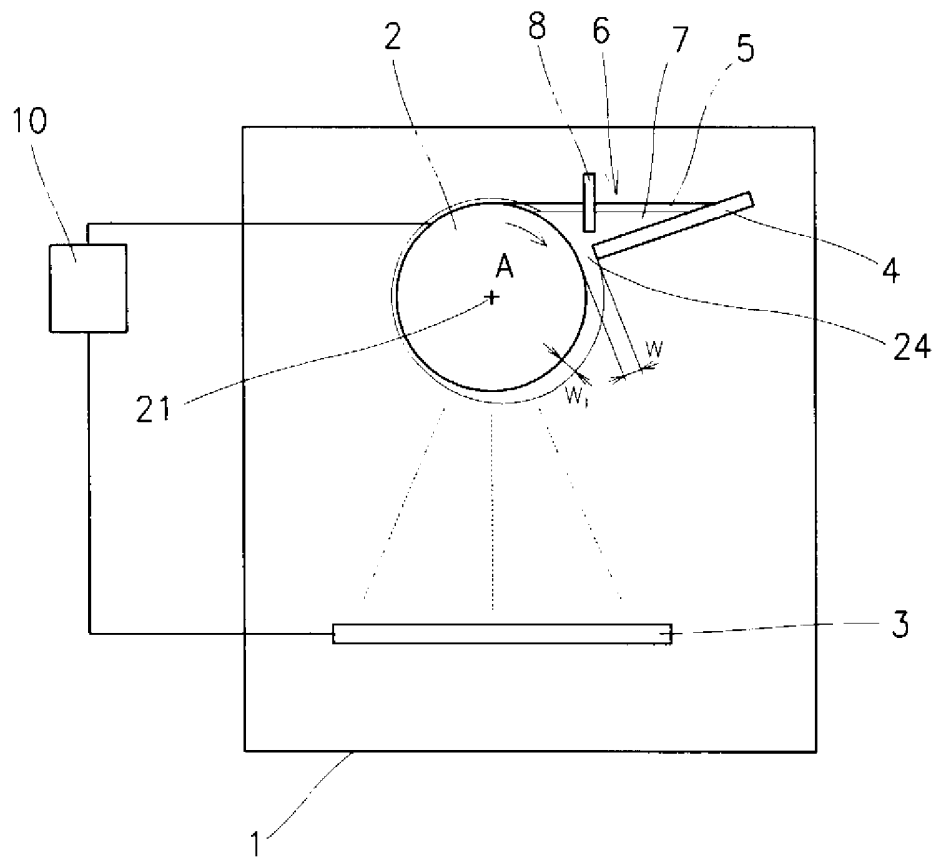
10. Zařízení podle libovolného z nároků 7 až 9, **vyznačující se tím, že** šířka (x, w) pracovní štěrby (24, 241) leží v intervalu 0,1 až 1mm.

11. Zařízení podle libovolného z nároků 7 až 10, **vyznačující se tím, že** šířka (x, w) pracovní štěrby (24, 241) je nastavitelná intervalu 0,1 až 1mm.

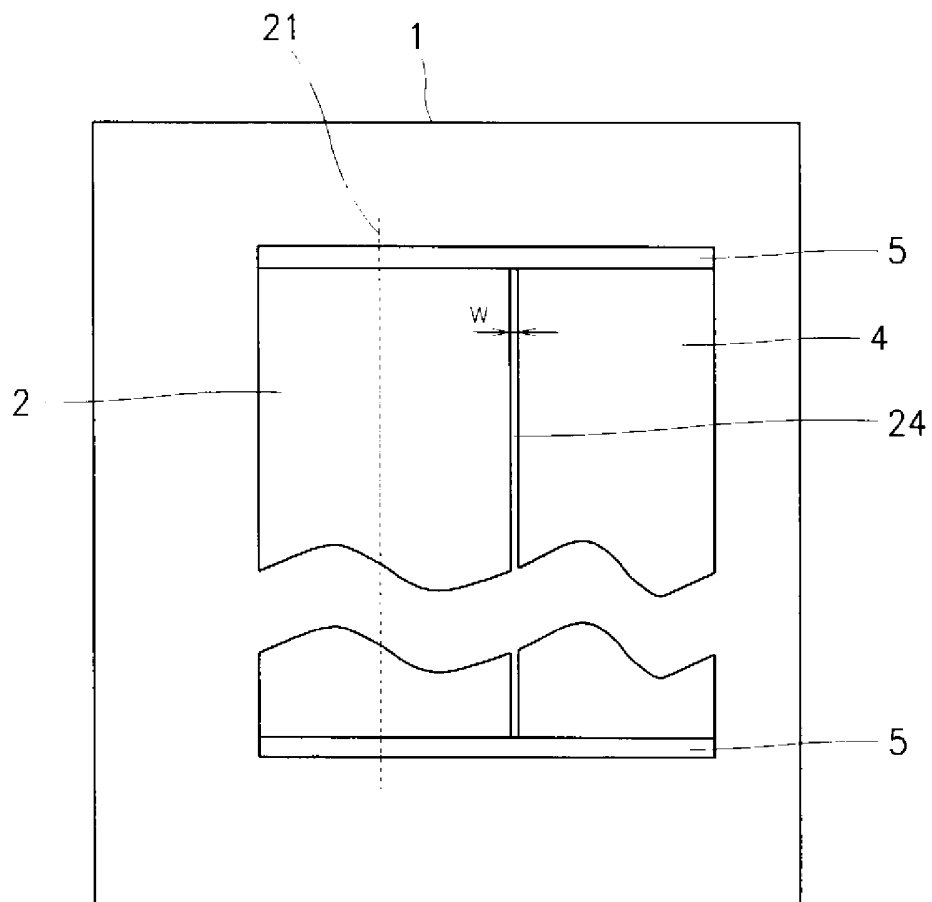
12. Zařízení podle nároku 10, **vyznačující se tím, že** šířka (x, w) pracovní štěrby (24, 241) leží v intervalu 0,2 až 0,5mm.

13. Zařízení podle libovolného z nároků 7 až 9 nebo 12, **vyznačující se tím, že** šířka (x, w) pracovní štěrby (24, 241) je nastavitelná v intervalu 0,2 až 0,5mm.

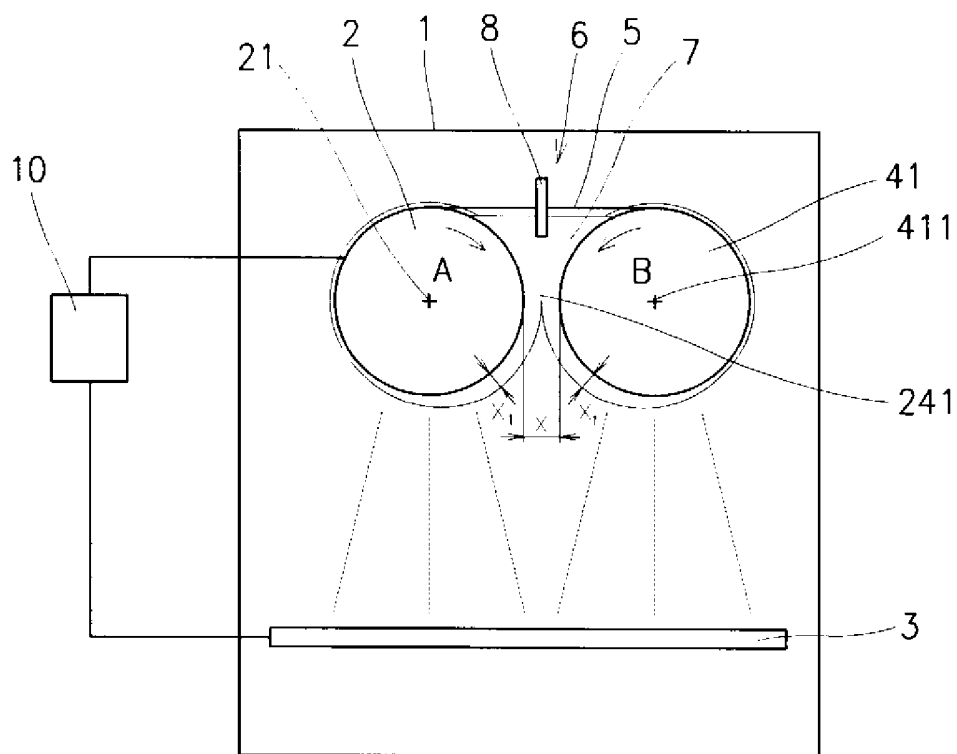
24.03.10



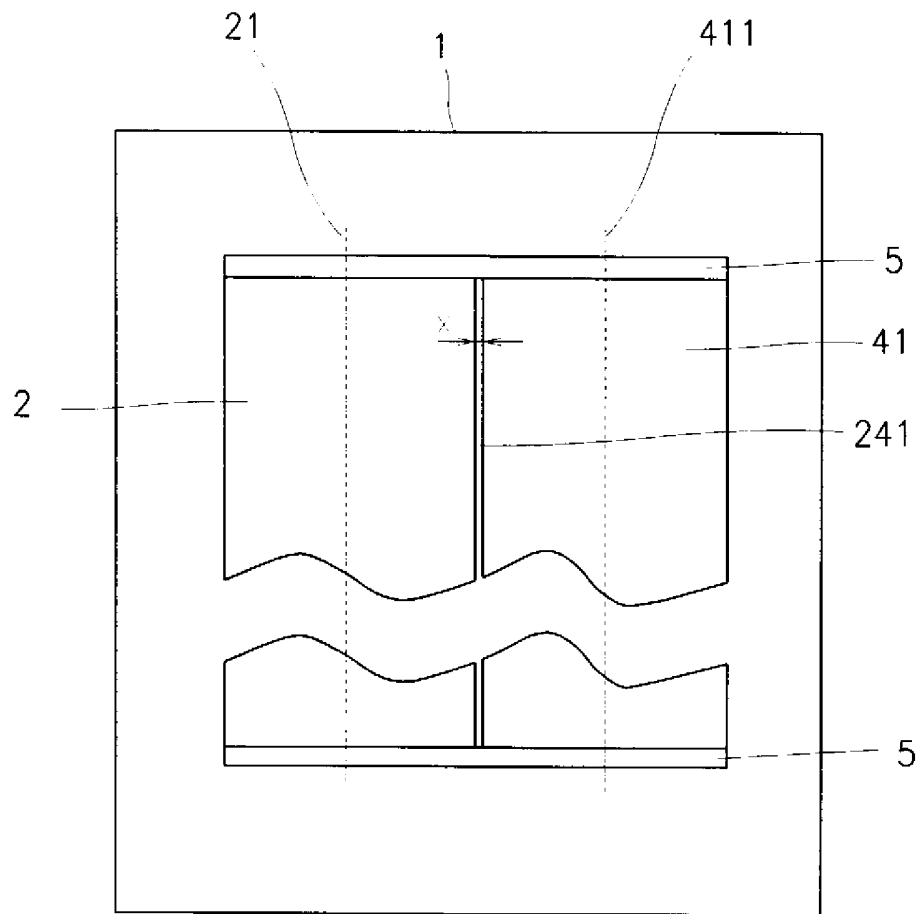
Obr. 1



Obr. 2

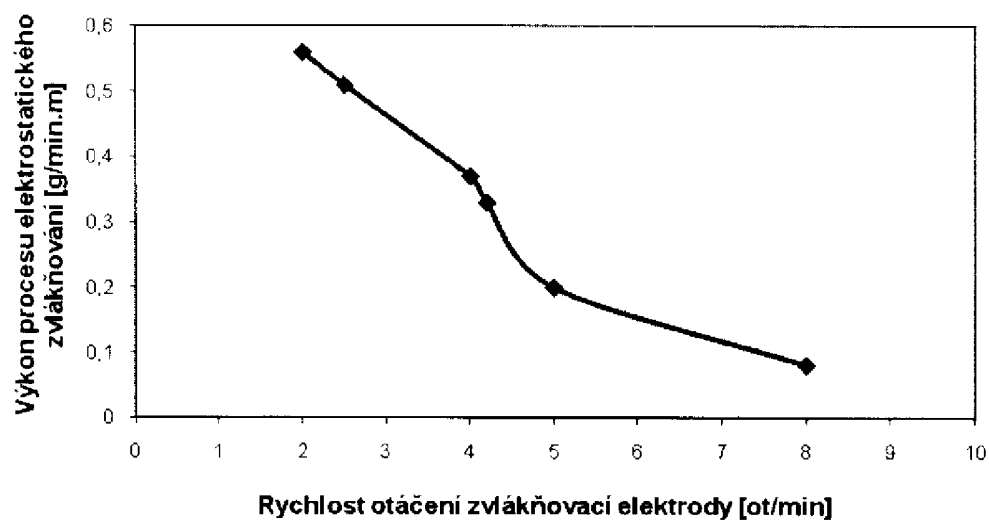


Obr. 3



Obr. 4

Závislost výkonu procesu elektrostatického zvlákňování na rychlosti otáčení válcové zvlákňovací elektrody



Obr. 5