

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2003-2421

(13) Druh dokumentu: **A3**

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **08.09.2003**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **10.11.2004**
(Věstník č. 11/2004)

(51) Int. Cl. :
D 04 H 1/70
D 04 H 1/72
D 04 H 5/08
D 01 D 4/06
D 01 D 5/08
D 01 D 5/06
D 01 D 5/11

(71) Přihlašovatel:

Technická univerzita v Liberci, Liberec, CZ

(72) Původce:

Jirsák Oldřich Prof., RNDr., CSc., Liberec, CZ
Sanetrník Filip, Liberec, CZ
Lukáš David Prof., RNDr., CSc., Liberec, CZ
Kotek Václav, Liberec, CZ
Martinová Lenka Ing., CSc., Liberec, CZ
Chaloupek Jiří Ing., Ústí nad Labem, CZ

(74) Zástupce:

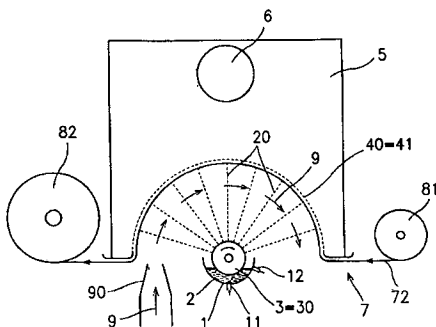
Patentová kancelář, Ing. Dobroslav Musil, Cejl 38, Brno,
60200

(54) Název přihlášky vynálezu:

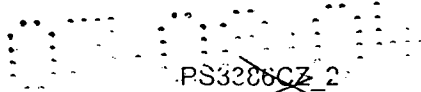
**Způsob výroby nanovláken z polymerního
roztoku elektrostatickým zvlákňováním a
zařízení k provádění způsobu**

(57) Anotace:

Polymerní roztok (2) se do elektrického pole pro zvlákňování přivádí povrchem otáčející se nabité elektrody (30), přičemž se na části obvodu nabité elektrody (30), která je přivrácena k protielektrodě (40), vytvoří zvlákňovací plocha, čímž se dosáhne vysokého zvlákňovacího výkonu. Zařízení k provádění tohoto způsobu má nabitou elektrodu (30) uloženu otočně a (dolní) částí svého obvodu zasahuje do polymerního roztoku (2), přičemž proti volné části obvodu nabité elektrody (30) je umístěna protielektroda (40).



CZ 2003 - 2421 A3



Způsob výroby nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním a zařízení k provádění způsobu

5 Oblast techniky

Vynález se týká způsobu výroby nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi nabitou elektrodou a protielektrodou.

10 Dále se vynález týká zařízení k provádění tohoto způsobu obsahujícího nabitou elektrodu a protielektrodu s rozdílným potenciálem mezi nimiž se vytváří elektrické pole.

Dosavadní stav techniky

15 Polymerní vlákna s průměry v rozmezí 10 až 1000 nanometrů představují nový typ materiálů s extrémními hodnotami některých vlastností. Typickými oblastmi použití vrstev polymerních vláken jsou filtrace plynů a kapalin, bariérové materiály pro zachycení submikronových částic, bakterií a chemikálií, kde se dosahuje velmi vysokých filtračních účinků. Nanovlákna se používají jako bateriové separátory, výztuže kompozitů a jako nosiče léčiv a tkáňových 20 implantátů v lékařství. Velký měrný povrch vrstvy nanovláken, který je snadno přístupný pro plynná a kapalná média dává předpoklady pro jejich zvláštní sorpční vlastnosti i pro jejich využití jako nosičů různých aktivních látek, například katalyzátorů. Extrémně malé póry ve vrstvách z nanovláken jsou předpokladem extrémních tepelně izolačních vlastností.

25 Nanovlákna se připravují ze široké škály polymerů, polymerních směsí a ze směsí polymerů s nízkomolekulárními aditivy procesy formování polymerních roztoků. Na rozdíl od principiálně podobných procesů formování polymerních tavenin se při zpracování roztoků dosahuje menších průměrů vláken díky nižším viskozitám roztoků. K formování roztoků se využívá mechanických sil proudícího 30 plynného média nebo coulombovských sil v elektrostatickém poli. Elektrostatické zvlákňování přitom vede k vláknům s menšími průměry, protože jednotlivá tvořící

se vlákna jsou vlivem distribuce shodných nábojů v jejich objemu štěpena na několik fibril.

Dosud známé způsoby a zařízení k přípravě nanovláken formováním polymerních roztoků proudem vzduchu jsou popsány například v US 6 382 526 a US 6 520 425. Polymerní roztoky jsou dávkovány do zvlákňovací trysky s průřezem ve tvaru mezikruží. Roztoky jsou pak formovány mechanickým účinkem proudu vzduchu přiváděného dovnitř mezikruží, případně i dalším prstencovým profilem vně tohoto mezikruží na vlákna o průměrech 200 až 3000 nanometrů.

Formování polymerních roztoků účinkem elektrostatického pole o průměrné intenzitě 50.000 až 500.000 V/m je popsáno v patentových přihláškách WO 0127365, WO 0250346, US 2002/0175449 A1 a US 2002/084178 A1. Podle těchto řešení je roztok polymeru přiváděn do válcových zvlákňovacích trysek s vnitřním průměrem 0,5 až 1,5 mm. Tyto trysky jsou připojeny na zdroj stejnosměrného elektrického napětí. Vytékající roztok je elektrostatickou silou přitahován k protielektrodě, která je obvykle uzemněna a současně je touto silou formován do jemných fibril, které jsou následně štěpeny do svazku fibril odpovídajícího menšího průměru. Zvlákňování se provádí z jedné trysky nebo ze skupiny statických nebo pohyblivých se trysek s cílem zvýšení výkonu zařízení, rovnoměrného pokrytí protielektrody nebo podkladového plošného materiálu pohyblivého se po povrchu protielektrody nebo v blízkosti jejího povrchu.

Nevýhodou všech výše uvedených způsobů a zařízení k přípravě nanovláken je velmi malé množství zpracovaného polymerního materiálu v čase. V případě formování nanovláken mechanickými silami závisí průměr vytvořených nanovláken mimo jiné na poměru hmot vzduchu a roztoku polymeru protékajících zvlákňovací tryskou. Při formování coulombovskou silou v elektrostatickém poli se musí u ústí zvlákňovací trysky vytvořit tak zvaný Taylorův kužel, jehož existence je podmínkou vzniku vláken a je podmíněna poměrně úzkým rozmezím poměru rychlosti výtoku roztoku polymeru ze zvlákňovací trysky k intenzitě elektrického pole. Maximální nastavitelná intenzita elektrického pole je omezena elektrickou pevností vzduchu a nad touto hranicí dochází k výbojům mezi elektrodami. V důsledku výše uvedených okolností a dosažitelných koncentrací zvlákňovacích roztoků polymerů lze zpracovat asi 0,1 až 1 gram polymeru za hodinu na jedné

zvlákňovací trysce, což z pohledu průmyslového využití činí výrobu nanovláken velmi problematickou.

Cílem vynálezu je vytvořit způsob a zařízení, které by bylo průmyslově využitelné a dosahovalo vysokého zvlákňovacího výkonu.

Podstata vynálezu

Cíle vynálezu je dosaženo způsobem výroby nanovláken podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že polymerní roztok se do elektrického pole pro zvlákňování přivádí povrchem otáčející se nabitě elektrody, přičemž se na části obvodu nabitě elektrody, která je přivrácena k protielektrodě, vytvoří zvlákňovací plocha. Roztok polymeru je za příznivých okolností schopen vytvářet v elektrickém poli Taylorovy kužely nejen při výtoku ze zvlákňovací trysky, ale i na povrchu své hladiny, zvláště výhodně pak v tenké vrstvě na povrchu rotujícího tělesa zčásti se vnořujícího do nádoby s tímto roztokem. Zmíněnými příznivými okolnostmi jsou přitom vhodná viskozita roztoku daná molekulovou hmotností polymeru, jeho koncentrací a teplotou, vhodné povrchové napětí dané typem polymeru a přítomností povrchově aktivní látky a vhodná hodnota elektrické vodivosti roztoku, dosažitelná přítomností nízkomolekulárního elektrolytu. Velikost zvlákňovací plochy je přitom úměrná rozměrům a tvaru nabitě elektrody a protielektrody. Množství vznikajících nanovláken je tedy úměrné velikosti a tvaru zvlákňovací plochy.

Podle nároku 2 je výhodné, když nanovlákná vytvářená z polymerního roztoku na zvlákňovací ploše nabitě elektrody působením elektrického pole se elektrickým polem unášejí k protielektrodě a před ní se ukládají na prostředek pro ukládání nanovláken a vytvářejí na něm vrstvu. Tímto způsobem lze vytvářet vrstvy nanovláken s vysokou kvalitou a rovnoměrností vrstvy o v podstatě libovolných šířkách odpovídajících šířce zařízení.

Dalšího zdokonalení se dosáhne podle nároku 3. Působení proudu vzduchu podporuje spolu s elektrickým polem unášení vláken od nabitě elektrody.

Přitom je výhodné, unášejí-li se nanovlákná směrem k protielektrodě a ukládají se na prostředku pro ukládání nanovláken propustném pro vzduch před protielektrodou a vytvářejí na něm vrstvu.

5 Proud vzduchu směřující k protielektrodě se vytváří odsáváním vzduchu podle nároku 5. Jednoduchým způsobem se tak podporuje unášení vláken k protielektrodě a zvyšuje se tak produktivita.

10 Podle nároku 6 se nanovlákná v prostoru mezi nabitou elektrodou a protielektrodou vychylují ze směru k protielektrodě proudem vzduchu, a tímto proudem vzduchu se přivádějí k prostředku pro ukládání nanovláken propustnému pro vzduch, který je situován mimo elektrické pole působící zvlákňování polymerního roztoku.

15 Proud vzduchu pro vychylování nanovláken ze směru od nabitě elektrody k protielektrodě se podle nároku 7 s výhodou vytváří odsáváním vzduchu z prostoru mezi elektrodami do prostoru vzhledem k nabitě elektrodě za prostředkem pro ukládání nanovláken propustným pro vzduch.

Pro zvýšení produktivity zařízení je výhodné, když se podle nároku 8 do prostoru, jímž se unášejí nanovlákná, přivádí pomocný sušící vzduch, jímž se urychluje odpařování rozpouštědla polymeru z nanovláken vytvořených elektrostatickým zvlákňováním a pohybujících se prostorem mezi elektrodami.

20 Přitom je pro zvýšení sušícího účinku, tj. urychlení odpařování rozpouštědla polymeru výhodné, když se alespoň část pomocného sušícího vzduchu odvádí z prostoru vzhledem k nabitě elektrodě před nosným prostředkem propustným pro vzduch, aniž tímto nosným prostředkem proniká.

25 Také způsob podle nároku 10 slouží ke zvýšení produktivity zařízení, neboť ohřívání přiváděného pomocného sušícího vzduchu poskytuje možnost odvedení většího množství par rozpouštědla vznikajících při sušení nanovláken.

30 Pro všechna provedení způsobu je výhodné užití vodného polymerního roztoku, neboť se zjednodušuje celková konstrukce zařízení a odpadají nároky na odvod zdraví škodlivých nebo nebezpečných plynů z rozpouštědla polymeru.

Zařízení podle nároku 12 popisuje základní znaky zařízení k provádění výše uvedených způsobů a jeho podstata spočívá v tom, že nabitá elektroda je uložena otočně a částí svého obvodu zasahuje do polymerního roztoku, přičemž proti volné části obvodu nabité elektrody je umístěna protielektroda. Takto uspořádané zařízení je schopné dodávat dostatečné množství polymerního roztoku do elektrického pole.

V provedení podle nároku 13 obklopuje protielektroda část volné části obvodu nabité elektrody po celé její délce, čímž se vytvoří v celém tomto prostoru mezi elektrodami elektrické pole o stejné intenzitě.

Mezi oběma elektrodami je situován prostředek pro ukládání nanovláken, na jehož povrchu se nanovlákná ukládají do vrstvy.

Výhodné je uspořádání zařízení podle nároků 15 a 16, u něhož je prostředek pro ukládání nanovláken propustný pro vzduch a je vytvořen proud vzduchu procházející tímto prostředkem.

U alternativního provedení podle nároku 17 je mimo prostor mezi elektrodami umístěn prostředek pro ukládání nanovláken propustný pro vzduch a za ním je vytvářen podtlak vytvářející proud vzduchu unášející nanovlákná z prostoru mezi elektrodami k prostředku pro ukládání nanovláken, jímž alespoň část vzduchu prochází. U předcházejících provedení zařízení je výhodné vytvořit prostředek pro ukládání nanovláken podle některého z nároků 18 až 22.

Pro zvýšení odpařování rozpouštědla z nanovláken je do zařízení přiváděn pomocný sušící vzduch podle některého z nároků 23 až 25.

Výhodná provedení nabité elektrody jsou popsána v nárocích 26 až 28 a mají za cíl dosažení co nejlepších zvlákňovacích účinků zařízení, v němž budou použita.

Přehled obrázků na výkrese

Příklady provedení zařízení podle vynálezu jsou schematicky znázorněny na přiložených výkresech, kde značí obr. 1 řez zařízením s protielektrodou obklopující část obvodu nabité elektrody, obr. 2 řez provedením zařízení s prostředkem pro ukládání nanovláken mimo prostor mezi elektrodami, obr. 3 řez

zařizemím, u něhož je prostředek pro ukládání nanovláken tvořen plošným nosným materiálem uloženým mezi elektrodami ve vedení tvořeném napínacími členy, obr. 4 provedení obdobné jako obr. 1 s pevnou elektrodou tvořenou podélnými tyčemi a vedením plošného nosného materiálu nanovláken uspořádaným mezi těmito tyčemi, obr. 5 a až e pohled na různá provedení povrchu válce tvořícího nabitou elektrodu zepředu a z boku.

Příklady provedení vynálezu

10 Zařízení k výrobě nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvláknováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi nabitou elektrodou a protielektrodou obsahuje zásobník 1 alespoň z části naplněný polymerním roztokem 2, v němž je částí svého obvodu ponořen otočně uložený válec 3, který je známým neznázorněným způsobem připojen ke zdroji stejnosměrného napětí a tvoří nabitou elektrodu 30. Proti volné části obvodu nabité elektrody 30 je situována protielektroda 40 s rozdílným potenciálem, která 15 je obvykle spojena se zemí (uzemněna), jak je znázorněno na obr. 1, nebo je známým neznázorněným způsobem připojena ke zdroji stejnosměrného napětí o rozdílné polaritě.

20 Ve znázorněných provedeních je válec 3 ponořen v polymerním roztoku 2 dolní částí svého obvodu. Toto uspořádání však lze změnit podle neznázorněného příkladu provedení, u něhož je polymerním roztokem plněna uzavřená nádoba, z níž je na povrch nabité elektrody přiváděn polymerní roztok nebo válec tvořící nabitou elektrodu je v takové uzavřené nádobě uložen, přičemž 25 polymerním roztokem je smáčena například horní část obvodu válce, který z nádoby vynáší na svém obvodě potřebné množství polymerního roztoku.

30 V příkladu provedení znázorněném na obr. 1 je protielektroda 40 vytvořena z perforovaného vodivého materiálu, například plechu, vytvarovaného do válcové plochy, která tvoří vstupní část podtlakové komory 5, která je připojena ke zdroji 6 podtlaku. Část povrchu protielektrody 40 přivrácená k nabité elektrodě 40 slouží jako vedení 41 plošného nosného materiálu 72 nanovláken propustného pro vzduch, který je tvořen například podkladovou textilií a je uložen na odvíjecím zařizemím 81 uspořádaném na jedné straně podtlakové komory 5 a na navíjecím

zařízení 82, které je uspořádáno na druhé straně podtlakové komory 5. V tomto znázorněném provedení tvoří plošný nosný materiál 72 nanovláken sám o sobě prostředek 7 pro ukládání nanovláken propustný pro vzduch.

5 Zásobník 1 polymerního roztoku 2 je otevřený a je opatřen alespoň jedním přívodem 11 polymerního roztoku 2 a alespoň jedním odvodem 12 polymerního roztoku 2. Zmíněný přívod 11 a odvod 12 polymerního roztoku 2 slouží k zajišťování cirkulace polymerního roztoku 2 a k udržování konstantní výšky jeho hladiny v zásobníku 1.

10 Prostoru mezi nabitou elektrodou 30 a protielektrodou 40 je přiřazen přívod 90 pomocného sušícího vzduchu 9, který může být podle potřeby známým způsobem ohříván, například ohřívacím zařízením 91 uspořádaným v přívodu 90 pomocného sušícího vzduchu 9. Pomocný sušící vzduch 9 je z prostoru mezi nabitou elektrodou 30 a protielektrodou 40 buď zcela nebo zčásti odsáván do podtlakové komory 5 nebo z něho vystupuje na druhé straně, než je přiváděn.

15 Otáčením nabitě elektrody 30, část jejíhož obvodu zasahuje do polymerního roztoku 2, je polymerní roztok 2 vynášen obvodem nabitě elektrody 30 ze zásobníku 1 do prostoru mezi nabitou elektrodou 30 a protielektrodou 40, v němž je vytvořeno elektrické pole. Zde se na povrchu nabitě elektrody 30 vytvářejí z polymerního roztoku 2 Taylorovy kužele, které mají vysokou stabilitu a 20 jsou místy primární tvorby nanovláken 20. Vytvořená nanovlákná 20 jsou účinky elektrického pole unášena k protielektrodě 40 a v důsledku toho se ukládají na povrchu podkladové textilie tvořící plošný nosný materiál 72 nanovláken do vrstvy, jejíž tloušťka se reguluje pomocí rychlosti odvíjecího zařízení 81 a navíjecího zařízení 82.

25 Unášení nanovláken 20 od nabitě elektrody 30 k protielektrodě 40 je podporováno prouděním vzduchu nasávaného z vnějšího prostoru do podtlakové komory 5 a procházejícího kolem zásobníku 1 polymerního roztoku 2 a nabitě elektrody 30 a prostupujícího podkladovou textilií tvořící plošný nosný materiál 72 nanovláken a protielektrodou 40.

30 U provedení podle obr. 4 je protielektroda 40 vytvořena jiným vhodným způsobem, například tyčemi 400 rovnoběžnými s otočným válcem 3 tvořícím nabitou elektrodou 30. Mezi tyčemi 400 tvořícími protielektrodu 40 jsou

uspořádány pomocné tyče 410 tvořící vedení 41 pro plošný nosný materiál 72 nanovláken, který tvoří prostředek 7 pro ukládání nanovláken. Přitom mohou být některé nebo všechny pomocné tyče 410 otočné pro snížení odporu při vedení nosného materiálu 72 nanovláken. Vedení pro plošný nosný materiál 72 nanovláken může být u tohoto provedení tvořeno také tyčemi 400 tvořícími protielektrodu 40. V popsaném zařízení se nanovlákná 20 vytvářejí ve velkém množství, takže limitujícím faktorem výkonu zvláknovacího zařízení je rychlost odpařování rozpouštědla polymeru z vytvořených nanovláken 20 a rychlost odvádění odpařeného rozpouštědla, které by jinak v krátkém časovém intervalu vytvořilo v prostoru mezi nabitou elektrodou 30 a protielektrodou 40 stav nasycené páry, nedovolující další odpařování rozpouštědla. Proto je zařízení opatřeno přívodem 90 pomocného sušícího vzduchu 9, který zajišťuje odvádění par rozpouštědla zejména z prostoru mezi nabitou elektrodou 30 a protielektrodou 40. Pro zvýšení účinku může být tento pomocný sušící vzduch 9 ohříván.

Další příkladné provedení zařízení podle vynálezu je znázorněno na obr. 2, u něhož je stejně jako u provedení podle obr. 1 nabitá elektroda 30 otočná a částí svého obvodu je uložena v polymerním roztoku 2, který je v zásobníku 1 a jehož cirkulace a výše hladiny v zásobníku 1 je udržována prouděním polymerního roztoku 2 přívodem 11 a odvodem 12. Proti volné části obvodu otočné nabitě elektrody 30 je uspořádána protielektróda 40 tvořená soustavou drátů nebo tyčí připojených k zemi (uzemněných) nebo známým neznázorněným způsobem připojených ke zdroji stejnosměrného napětí opačné polaroty než nabitá elektroda 30. Mimo prostor mezi elektrodami 30, 40, v němž je vytvořeno elektrické pole a v němž elektrostatickým zvláknováním vznikají nanovlákná 20 z polymerního roztoku 2, je umístěn pro vzduch prostupný dopravník 71 nanovláken, který vytváří prostředek 7 pro ukládání nanovláken, za nímž je uspořádána podtlaková komora 5, připojená ke zdroji 6 podtlaku.

Nanovlákná 20 směřující v důsledku působení elektrického pole od nabitě elektrody 30 k protielektrodě 40 jsou působením proudu vzduchu nasávaného do podtlakové komory 5 vychylována a unášena na pro vzduch prostupný dopravník 71, na němž se ukládají do vrstvy, která je pohybem dopravníku 71 unášena mimo zařízení a následně vhodným neznázorněným způsobem zpracovávána, upravována nebo ukládána. S cílem zvýšení množství vzduchu

v prostoru mezi elektrodami 30, 40 je zařízení opatřeno přívodem 91 pomocného sušícího vzduchu 9, který vstupuje do skříně zařízení ve směru k dopravníku 71 prostupnému pro vzduch, čímž dále podporuje vychylování nanovláken 20 ze směru k protielektrodě 40 do směru k dopravníku 71 prostupnému pro vzduch.

5/ Také u tohoto provedení jsou možné různé modifikace v provedení a tvaru protielektrod. Také je možné vložit před dopravník 71 prostupný pro vzduch podkladovou textilií nebo jiný plošný nosný materiál 72 a vrstvu nanovláken 20 ukládat na tento plošný nosný materiál 72.

10/ Na obr. 3 je znázorněno provedení zařízení obsahující otočnou nabitou elektrodu 30 ponořenou dolní částí svého obvodu do polymerního roztoku 2. proti volné části obvodu nabité elektrody 30 je situována protielektroda 40 tvořená soustavou tyčí rovnoběžných s osou otáčení nabité elektrody 30 a prostorem mezi elektrodami 30, 40 je veden plošný nosný materiál 72 nanovláken pomocí vedení 41 tvořeného napínacími členy 42.

18/ Nabitá elektroda 30 je tvořena tělesem schopným rotace, například válcem, čtyřbokým nebo vícebokým hranolem apod., přičemž je výhodné, je-li osou rotace osa souměrnosti použitého tělesa. Válec 3 je na obvodu opatřen výstupky 31 a/nebo drážkami 32. Příklady vhodných tvarů povrchu válce vhodného pro nabitou elektrodu jsou znázorněny na obr. 5 a až e, přičemž tyto tvary nevymezují všechna možná provedení, ale slouží pouze jako příklad. Dosud popsaná provedení mají vytvořeno mezi elektrodami trvalé elektrické pole. Zařízení je však možné opatřit prostředky pro vytváření přerušovaného elektrického pole pokud to bude pro vytváření nebo ukládání vrstvy nanovláken 20 potřebné.

26/ Konkrétní příklady provedení jsou popsány níže.

25/ **Příklad 1**

30/ Zásobník 1 polymerního roztoku 2 zařízení podle obr. 1 je plněn dvanáctiprocentním vodným roztokem polyvinylalkoholu se stupněm hydrolyzy 88 procent o molekulové hmotnosti $M_w=85000$ obsahujícím 5 molárních procent kyseliny citronové jako síťovadla vztaženo na strukturní jednotky polymeru. Viskozita roztoku je 230 mPa.s při 20°C, jeho měrná elektrická vodivost 31 mS/cm a povrchové napětí 38 mN/m. Polymerní roztok 2 přitéká do zásobníku 1 přívodem 11 a odtéká odvodem 12, přičemž výška hladiny polymerního roztoku 2

v zásobníku 1 je udržována polohou odvodu 12. Nabitá elektroda 30 je tvořena válcem 3 o průměru 30 mm v provedení podle obr. 5c a otáčí se ve směru hodinových ručiček rychlostí 2,5 otáčky za minutu. Válec 3 je připojen ke zdroji stejnosměrného napětí +40 kV. Zařízení je vytvořeno podle obr. 1 a je jím vedena podkladová textilie tvořící plošný nosný materiál 72 nanovláken. Vlivem podtlaku v podtlakové komoře 6 za protielektrodou 40 propustnou pro vzduch přiléhá plošný materiál k protielektrodě 40, která tak tvoří jeho vedení. Povrchem rotujícího válce 3 je vynášen polymerní roztok 2 ze zásobníku 1 a vlivem elektrického pole mezi elektrodami 30, 40 vytváří Taylorovy kužely a nanovlákná 2 o průměrech 50 až 200 nanometrů. Nanovlákná 20 jsou unášena k protielektrodě 40 a jsou ukládána na probíhající podkladovou textilií, kde vytvářejí vrstvu, jejíž tloušťka se reguluje rychlostí pohybu podkladové textilie. Do prostoru mezi elektrodami se přivádí pomocný sušící vzduch 9 o teplotě 50 °C. Vrstva z nanovláken je vytvářena v množství 1,5 g/min při délce rotujícího válce 3 jeden metr.

Příklad 2

Zásobník 1 polymerního roztoku 2 zařízení podle obr. 2 je plněn desetiprocentním vodným roztokem polyvinylalkoholu se stupněm hydrolyzy 98 procent o molekulové hmotnosti $M_w=120000$ obsahujícím 5 molárních procent kyseliny citronové jako síťovadla vztaženo na strukturní jednotky polymeru. Viskozita roztoku je 260 mPa.s při 20 °C, jeho měrná elektrická vodivost byla upravena přidavkem malého množství vodného roztoku NaCl na 25 mS/cm a povrchové napětí upraveno přidavkem 0,25 procent neionogenní povrchově aktivní látky na 36 mN/m. Polymerní roztok 2 přitéká do zásobníku 1 přívodem 11 a odtéká vývodem 12, jehož poloha určuje výšku hladiny polymerního roztoku 2 v zásobníku 1. Válec 3 tvořící nabitou elektrodu má průměr 50 mm a má hladký povrch, znázorněný na obr. 5a. Válec 3 je připojen ke zdroji stejnosměrného napětí +40 kV drátová protielektroda 40 ke zdroji stejnosměrného napětí -5 kV. V prostoru mezi nabitou elektrodou 30 a protielektrodou 40 jsou vytvářena nanovlákná 20 o průměru 50 až 200 nanometrů, která jsou vzduchem nasávaným z prostoru mezi elektrodami 30, 40 do podtlakové komory 5 a pomocným sušícím vzduchem 9 unášena k povrchu dopravníku 71 prostupného pro vzduch, kde se

ukládají do vlákně vrstvy v množství 1,8 g/min při délce rotujícího válce jeden metr.

Průmyslová využitelnost

5 Způsob a zařízení podle vynálezu jsou využitelné pro přípravu vrstev z nanovláken o průměrech 50 až 200 nanometrů. Tyto vrstvy lze využít k filtraci, jako bateriové separátory, k tvorbě speciálních kompozitů, pro konstrukci čidel s mimořádně nízkou časovou konstantou, k výrobě ochranných oděvů, v medicíně a dalších oblastech.

10

Patentové nároky

8 1. Způsob výroby nanovláken z polymerního roztoku elektrostatickým zvlákňováním v elektrickém poli vytvořeném rozdílem potenciálů mezi nabitou elektrodou a protielektrodou, **vyznačující se tím, že** polymerní roztok (2) se do elektrického pole pro zvlákňování přivádí povrchem otáčející se nabitě elektrody (30), přičemž se na části obvodu nabitě elektrody (30), která je přivrácena k protielektrodě (40), vytvoří zvlákňovací plocha (31), čímž se dosáhne vysokého zvlákňovacího výkonu.

10 2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** nanovlákná (8) vytvářená působením elektrického pole z vodivého polymerního roztoku (2) na zvlákňovací ploše (31) nabitě elektrody (30) se elektrickým polem unášejí k protielektrodě (40) a před ní se ukládají na prostředek (7) pro ukládání nanovláken a vytvářejí na něm vrstvu.

15 3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím, že** na nanovlákná (8) se v prostoru mezi nabitou elektrodou (30) a protielektrodou (40) působí proudem vzduchu, čímž se podporuje unášení nanovláken (8) od nabitě elektrody (30).

20 4. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** nanovlákná (8) se proudem vzduchu unášejí směrem k protielektrodě (40), před níž se ukládají na prostředku (7) pro ukládání nanovláken propustném pro vzduch a vytvářejí na něm vrstvu.

25 5. Způsob podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** proud vzduchu se vytváří odsáváním vzduchu z prostoru mezi elektrodami (30, 40) do prostoru za protielektrodou (40).

30 6. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** nanovlákná se proudem vzduchu vychylují ze směru k protielektrodě (40) a přivádějí se k prostředku (7) pro ukládání nanovláken propustnému pro vzduch, na jehož povrch se ukládají do vrstvy v prostoru mimo elektrické pole mezi elektrodami (30, 40), v němž byla vytvořena.

7. Způsob podle nároku 6, **vyznačující se tím, že proud vzduchu se vytváří odsáváním vzduchu z prostoru mezi elektrodami (30, 40) vzhledem k nabitě elektrodě (30) do prostoru za pro vzduch propustným prostředkem (7) pro ukládání nanovláken.**

8. Způsob podle libovolného z nároku 4, 5, 6 nebo 7, **vyznačující se tím, že do prostoru, jímž se unášejí nanovlákná, se přivádí pomocný sušící vzduch (9).**

9. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím, že alespoň část pomocného sušícího vzduchu (9) se odvádí z prostoru vzhledem k nabitě elektrodě (30) před prostředkem (7) pro ukládání nanovláken propustným pro vzduch, aniž tímto prostředkem (7) proniká.**

10. Způsob podle libovolného z nároků 3 až 9, **vyznačující se tím, že alespoň pomocný sušící vzduch (9) se před vstupem do prostoru, jímž jsou unášena nanovlákná (8), ohřívá.**

11. Způsob podle libovolného z nároků 1 až 10, **vyznačující se tím, že polymerní roztok (2) je tvořen vodným roztokem.**

12. Zařízení k provádění způsobu podle nároků 1 až 11, obsahující nabitou elektrodu a protielektrodu s rozdílným potenciálem mezi nimiž se vytváří elektrické pole, **vyznačující se tím, že nabitá elektroda (30) je uložena otočně a částí svého obvodu zasahuje do polymerního roztoku (2), přičemž proti volné části obvodu nabitě elektrody (30) je umístěna protielektroda (40).**

13. Zařízení podle nároku 12, **vyznačující se tím, že protielektroda (40) obklopuje část volné části obvodu nabitě elektrody (30) po celé její délce.**

14. Zařízení podle nároku 12 nebo 13 **vyznačující se tím, že, mezi oběma elektrodami (30, 40) je situován prostředek (7) pro ukládání nanovláken.**

15. Zařízení podle nároku 14, **vyznačující se tím, že prostředek (7) pro ukládání nanovláken je propustný pro vzduch, přičemž prostor vzhledem k nabitě elektrodě (30) za tímto prostředkem (7) je spojen se zdrojem (6) podtlaku sloužícím k vytváření proudu vzduchu směřujícího z prostoru mezi elektrodami (30, 40) k tomuto prostředku (7).**

16. Zařízení podle nároku 15, **vyznačující se tím, že** se zdrojem (6) podtlaku je spojen prostor vzhledem k nabitě elektrodě (30) za protielektrodou (40), která je propustná pro vzduch.

15 17. Zařízení podle nároku 12, **vyznačující se tím, že** mimo prostor mezi elektrodami (30, 40) je umístěn prostředek (7) pro ukládání nanovláken propustný pro vzduch, přičemž prostor vzhledem k nabitě elektrodě (30) za tímto prostředkem (7) je spojen se zdrojem (6) podtlaku sloužícího pro vytváření proudu vzduchu směřujícího k tomuto prostředku (7).

10 18. Zařízení podle libovolného z nároků 13 až 17, **vyznačující se tím, že** prostředek (7) pro ukládání nanovláken je tvořen dopravníkem (71) propustným pro vzduch.

19. Zařízení podle libovolného z nároků 13 až 17, **vyznačující se tím, že** prostředek (7) pro ukládání nanovláken je tvořen plošným nosným materiálem (72) nanovláken.

15 20. Zařízení podle nároku 19, **vyznačující se tím, že** plošný nosný materiál (72) je uložen na vedení (41).

21. Zařízení podle nároku 20, **vyznačující se tím, že** vedení (41) je tvořeno protielektrodou (40).

20 22. Zařízení podle nároku 20, **vyznačující se tím, že** vedení (41) je tvořeno napínacími členy (42) plošného nosného materiálu (72) nanovláken.

23. Zařízení podle libovolného z nároků 15 až 22, **vyznačující se tím, že** do prostoru mezi elektrodami (30, 40) je vyústěn přívod (90) pomocného sušícího vzduchu (9).

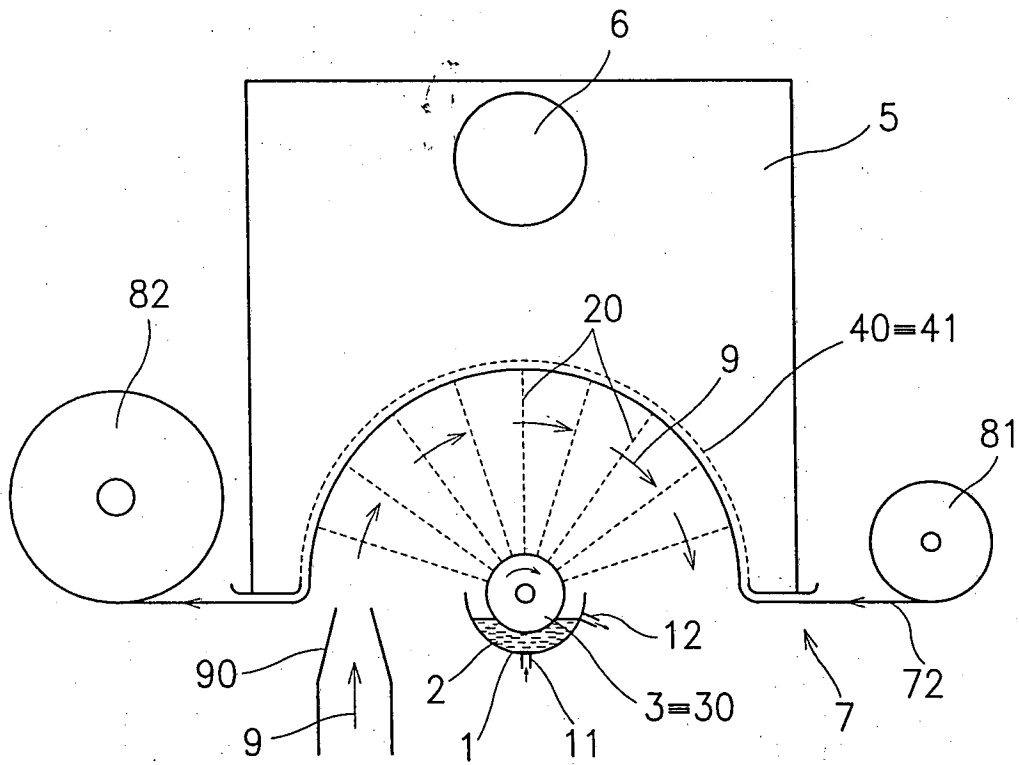
25 24. Zařízení podle nároku 23, **vyznačující se tím, že** v přívodu (90) pomocného sušícího vzduchu (9) je umístěno ohřívací zařízení (91) vzduchu.

25. Zařízení podle nároku 23 nebo 24, **vyznačující se tím, že** alespoň část vzduchu je z prostoru vzhledem k nabitě elektrodě (30) před prostředkem (7) pro ukládání nanovláken odváděna aniž tímto prostředkem (7) proniká.

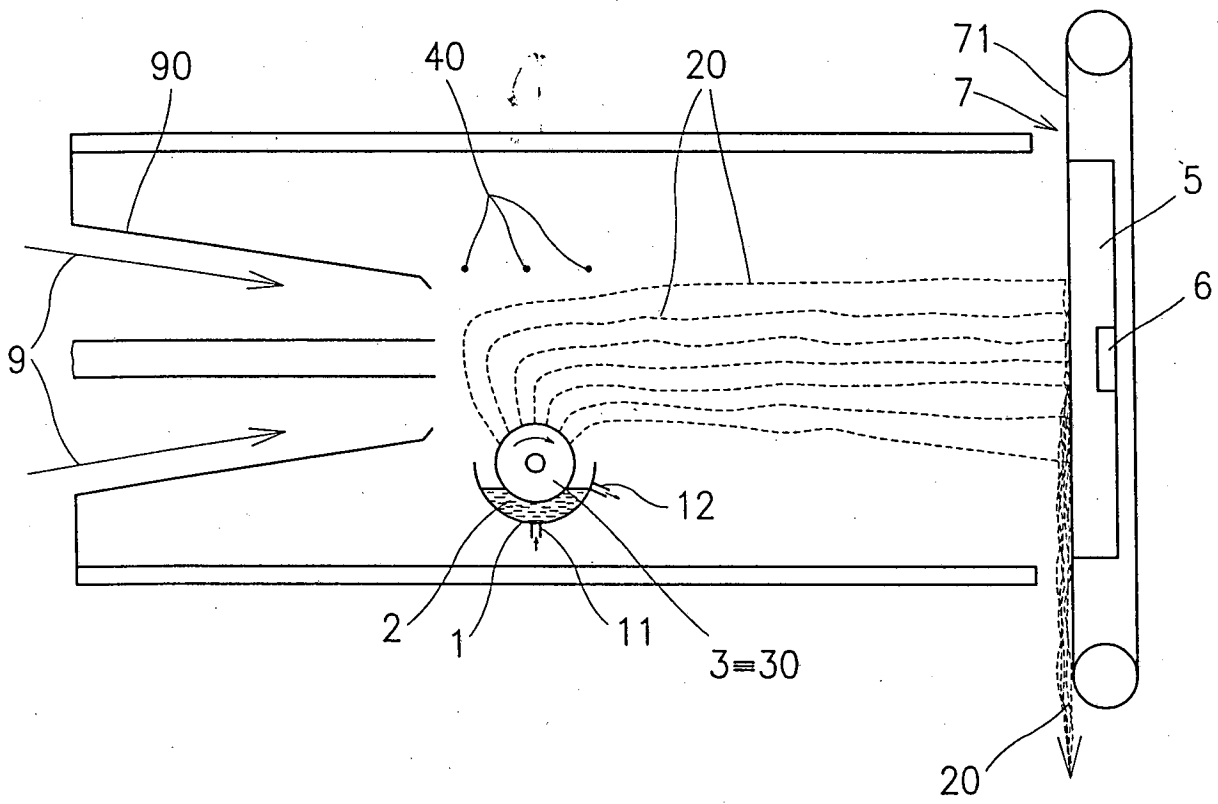
26. Zařízení podle libovolného z nároků 12 až 25, **vyznačující se tím, že** nabitá elektroda (30) je tvořena tělesem souměrným podle osy souměrnosti, která je zároveň osou jeho rotace.

5 27. Zařízení podle nároku 26, **vyznačující se tím, že** nabitá elektroda (30) je tvořena válcem (3).

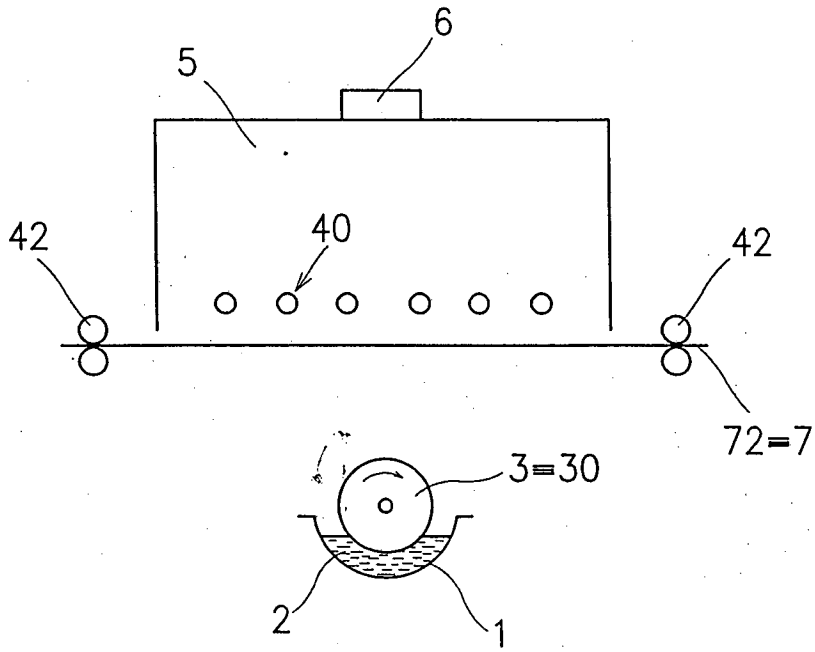
28. Zařízení podle nároku 27, **vyznačující se tím, že** válec (3) je na obvodu opatřen výstupky (31) a/nebo drážkami (32).



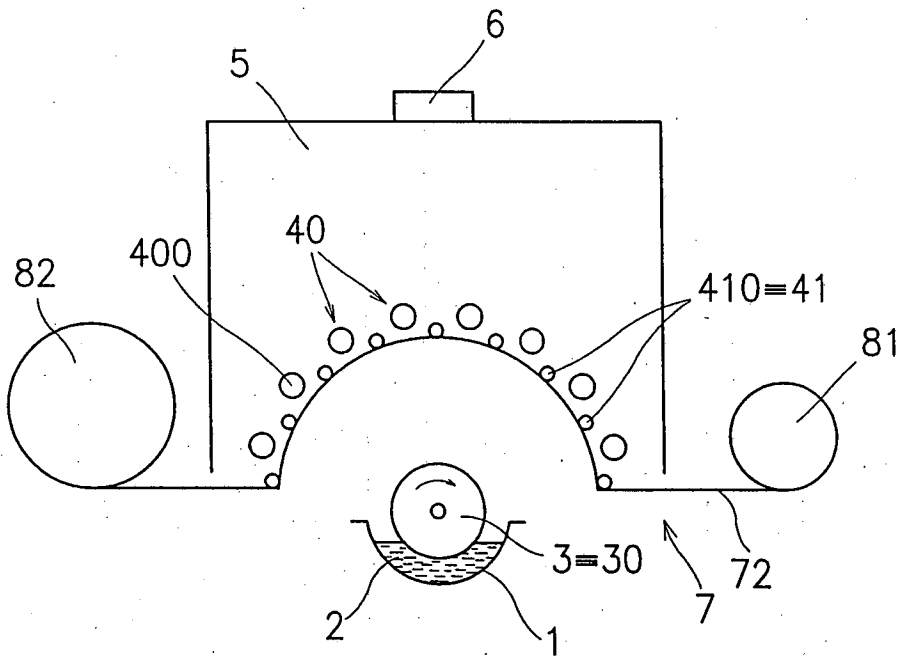
Obr. 1



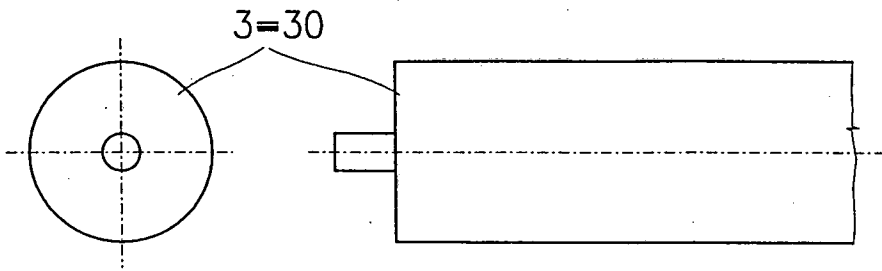
Obr. 2



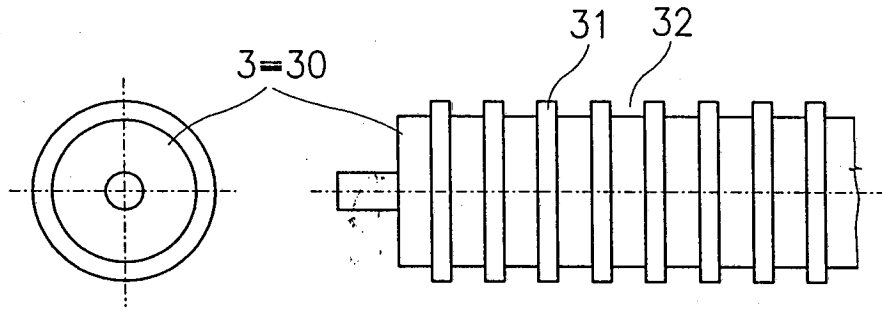
Obr. 3



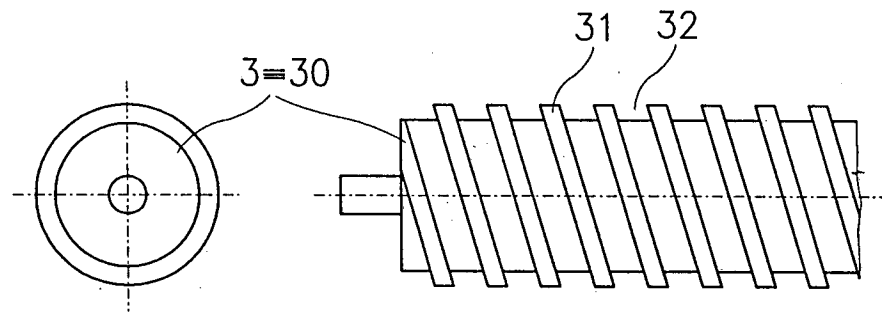
Obr. 4



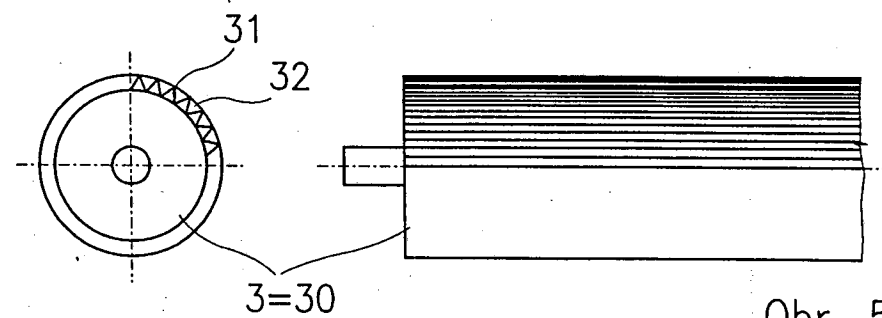
Obr. 5a



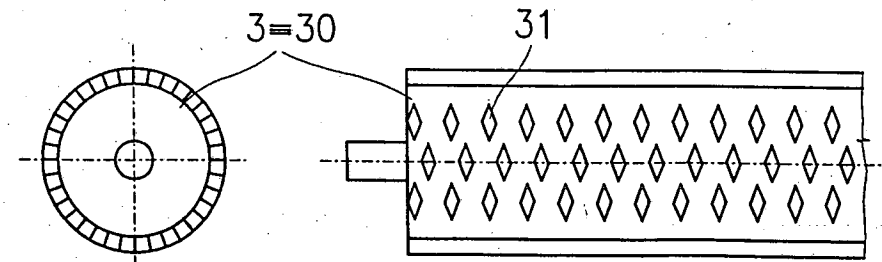
Obr. 5b



Obr. 5c



Obr. 5d



Obr. 5e