

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

**1999 - 3104**

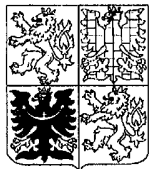
(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>:

**B 32 B 5/14**

**B 32 B 5/26**

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **11.03.1998**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **11.03.1997**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1997/040231**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **16.02.2000**  
(Věstník č. 2/2000)

(86) PCT číslo: **PCT/US98/04701**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO98/40206**

(71) Přihlašovatel:

THE UNIVERSITY OF TENNESSEE  
RESEARCH CORPORATION, Knoxville, TN,  
US;

(72) Původce:

Hassenboehler Charles B., Knoxville, TN, US;  
Wadsworth Larry C., Knoxville, TN, US;  
Ping-yi Tsai Peter, Knoxville, TN, US;  
Heismeyer Greta, Lenoir City, TN, US;

(74) Zástupce:

Jirotková Ivana Ing., Nad Štolou 12, Praha 7,  
170 00;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Porézní kompozit a jeho použití**

(57) Anotace:

Pórezní kompozit se vstupním a výstupním povrchem, který zahrnuje navzájem propletená meltblown vlákna a staplová vlákna. Kompozit má zvýšenou filtrační účinnost, kde navzájem propletená meltblown vlákna definují hustotní gradient od hrubých pórů na vstupním povrchu k jemným pórům na výstupním povrchu. Způsob výroby pórezního kompozitu spočívá v tom, že se tavenina vláken strhává do horkého vzduchu a do něj se injektují staplová vlákna. Pórezní kompozit je vhodný pro filtraci tekutin.

## Porézní kompozit a jeho použití

### Oblast techniky

Vynález se týká nových kompozitů z vláken, získávaných metodou „meltblown“ („meltblown vlákna“, „MB vlákna“), v nichž jsou s MB vlákny důkladně propletena staplová vlákna, jako je polypropylen, polyethylen, polyestery, nylony, bavlna, vlna, skleněná vlákna a/nebo částicové materiály, způsobem regulovaným tak, aby bylo dosaženo požadovaného gradientu hustoty napříč získaným kompozitním roumem z MB. Vynález se také týká uvedených kompozitů, které jsou výhodně za studena opatřeny elektrostatickým nábojem, způsobu takového opatřování nábojem, způsobu použití kompozitu a způsobu výroby kompozitu.

### Dosavadní stav techniky

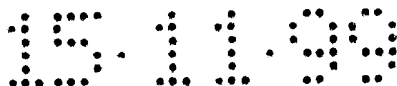
Netkané textilie z MB vláken se používají pro vzduchové filtry, protože jejich ultrajemná vlákna poskytují velkou povrchovou plochu. Jejich vysoká sytná hustota však způsobuje vysoký odpor vzduchu a u většiny velikostí částic je k dispozici pouze povrchová filtrace. Tato skutečnost značně omezuje jejich použití na jednorázové respirátory, chirurgické masky a operační oděvy pro jedno použití.

K řešení nevýhod známého stavu přispívá tento vynález.

### Podstata vynálezu

Předmětem vynálezu jsou vysoce porézní kompozity z vláken, získávaných metodou meltblown (MB), s kontrolovatelnou hustotou napříč tloušťkou filtru, získané uložení staplových vláken do proudu roztavených vláken. Tyto kompozity mají objem a nízký pokles tlaku, a proto mají zvýšenou schopnost udržovat částice a delší životnost bez snížení účinnosti filtrace. Účinnost filtrace je možno ještě výrazněji zvýšit elektrostatickým nábojem, dodaným kompozitu.

Vynález se týká kompozitních roum, obsahujících vlákna získaná metodou meltblown (MB vlákna), propletená se staplovými vlákny, která zvyšují objem a snižují hustotu.

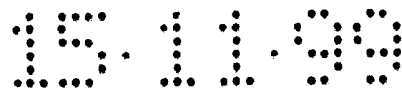


Kompozit vykazuje mezi oběma povrchy hustotní gradient, takže hustota je nejvyšší v blízkosti jedné strany kompozitu a nejnižší v blízkosti druhé strany kompozitu.

Klíčovým znakem vynálezu je skutečnost, že koncentrace injektovaných vláken (poměr mísení injektovaných vláken a MB vláken) může být regulována tak, aby se podle potřeby měnila napříč tloušťkou kompozitního rouna. Obecně je více žádoucí, má-li filtr napříč tloušťkou filtru nebo filtrační sestavy různé stupně filtrace. Hloubkový filtr může být například na otevřené straně, odkud přichází aerosol (nebo filtrovaná tekutina), hrubší, takže se větší částice zachytí ve větších pórech a otvorech rouna, kde je více místa pro jejich zachycení, aniž by výrazně omezovaly průtok vzduchu (nebo kapaliny) filtrem a tak zvětšovaly pokles tlaku. Aerosol obsahující jemnější částice pak putuje hustší stranou filtru, kde je více velmi jemných MB vláken pro zachycení částic na větším povrchu vláken. Protože většina větších částic byla zachycena na méně husté straně filtru, dojde k ucpání pórů na hustší straně částicemi za delší dobu. Filtr s gradientem probíhajícím ve směru od hrubšího (méně hustého) k jemnějšímu (hustšímu) může tedy filtrovat aerosol obsahující směs hrubých a jemných částic a přitom probíhá filtrace velmi jemných částic s velmi vysokým stupněm účinnosti, doprovázená nízkým poklesem tlaku a vysokou životností filtru. Aerosolem může být jakýkoli typ plynu a kapalinou může být voda nebo jiná kapalina.

Filtrem s hustotním gradientem probíhajícím od hrubšího (méně hustého) k jemnějšímu (hustšímu) lze dále filtrovat aerosol z většinou velmi jemných částic s výbornou filtrační účinností a větší životností, protože na póreznější straně je více místa pro zachycení částic, které by jinak měly tendenci ucpávat tu stranu filtru, kudy se přivádí aerosol.

Proces MB a výhody použití MB vláken pro filtry popsal Hassenboehler (1994). Filtrační účinnost (FE) kontrolních a MB roun elektrostaticky nabitých koronovým výbojem popsali Tsai a Wadsworth (1994a). Vysoká FE MB vláken je způsobena jejich ultrajemnými vlákny. MB vlákna v MB rounech filtrační jakosti se pohybují od 0,5 to 10  $\mu\text{m}$  s průměrnou hodnotou průměru vláken typicky v rozmezí 2 až 4  $\mu\text{m}$ . Přestože patenty a publikace na téma meltblown procesu, které se datují více než 10 let zpět, uvádějí, že během procesu MB dochází k popraskání MB vláken a dosahuje se délek pouze několika cm, ukázaly nedávné studie, že MB vlákna jsou převážně kontinuální (Milligan a Utsman, 1995x: Milligan, M.W. a Utsman, F., „An investigation of the Meltblown Web Defect known as Shot“, *International Nonwovens Research Journal* 7, č. 2, 65-68, 1995; Milligan a spol., 1992y: Milligan, M.W., Lu, F., Buntin, R.R. a Wadsworth, L.C., „The Use of Crossflow to Improve Nonwoven Melt-



Blown Fibers“, *Journal of Applied Polymer Science* 44, 279-288, 1992). V každém případě je však prakticky nemožné zjistit z rouna skutečnou délku (pokud došlo k přetrhání filamentu) MB vláken v důsledku intenzivního propletení vláken, které je procesu MB vlastní.

Velmi jemná vlákna však také přispívají k vysokému odporu vzduchu, který je zaznamenán jako vysoký pokles tlaku napříč rounem, pokud se nějakým způsobem nesníží sypná hustota rouna. Pokles tlaku v MB rouně je možno snížit zvětšením vzdálenosti (DCD) mezi tryskou a sběračem nebo zvětšením velikosti vláken změnou podmínek procesu. Bylo demonstrováno (Wadsworth, 1990), že u MB média se při zvýšení DCD za účelem výroby objemnějšího rouna sníží FE. To má za následek méně rovnoměrné rozvržení MB vláken na sběrači a také to umožňuje vzájemné zakroucení více filamentů. Toto objemnější méně pravidelné rouno má větší póry a v důsledku toho nižší pokles tlaku, ale nižší FE.

Poněvadž zvyšování DCD nebo velikosti vlákna není dobrou metodou snižování odporu vzduchu uvnitř rouna, umožňuje tento vynález snížení poklesu tlaku a zvýšení schopnosti zachycovat částice bez nepříznivého ovlivnění FE u MB roun tím, že se do proudu MB vláken zamíchávají staplová vlákna, jako je polypropylen (PP), polyethylen (PE), polyester, nylony, bavlna, vlna, skleněná vlákna a/nebo částicové materiály, mezi něž patří aktivní uhlí, práškové superabsorbenty a vlákna a drcené textilní materiály. Průměr vláken, jejichž průřez se pohybuje od plochého (bavlněné vlákno má tvar ploché zakroucené pásky) do okrouhlého (u syntetických vláken je možno měněním tvaru zvlákňovací hubice dosáhnout téměř jakéhokoli typu tvaru průřezu), se pohybuje obecně od 12 do 60  $\mu\text{m}$  a jejich délka od 12,7 do 76,2 mm (0,5 až 3,0“; syntetická staplová vlákna se obvykle sekají z kontinuálních filamentů na délku 25,4 až 50,8 mm, tj. 1 až 2“). Vlněná vlákna mají velmi různou délku a jsou spíše značně delší, až 50,8 až 152,4 mm (2 až 6“). U drceného textilu se tloušťka, délka a šířka mění podle podmínek drcení, ale největší rozměr částic drceného textilu může být v rozmezí 1,59 až 12,7 mm (1/16 až 1/2“). Částice aktivního uhlí a superabsorbentů mohou mít průměr 1 až 300  $\mu\text{m}$ .

MB vlákna mohou být kterákoli vlákna zpracovatelná metodou meltblown, obvykle syntetická. Může se jednat o jednosložková nebo dvousložková vlákna z polyolefinů, polypropylenu (PP), polyethylen (PE), polyamidů (nylon 6, nylon 6,6 atd.), polyesterů, polyethylentereftalátu (PET), polycyklohexantereftalátu (PCT), polybutylentereftalátu (PBT), polytrimethylentereftalátu (PTT) nebo o jakákoli MB vlákna nebo směsi MB vláken, která mohou být zpracována metodou meltblown. Pro kompozity podle vynálezu, které mají být

opatřeny elektrostatickým nábojem pro zvýšení FE, ukázali Wadsworth a Tsai (1997x: Wadsworth, L.C. a Tsai, P.P., 1997, „Recent advances and applications for Electrostatically Charged Filters“, Proceedings of Second International Conference on Nonwovens in Filtration, Stuttgart, 80-85, 18.-19.3.), že PP, PE a polyestery PCT lze snadněji nabíjet za účelem vyšší FE a mnohem větší trvanlivosti FE po nabití korunou. Nicméně je vhodný každý typ MB vláken, která mohou být elektrostaticky nabíjena. Bylo prokázáno, že pokud je možno MB vlákna elektrostaticky nabíjet, není nutno pro získání dobrých hodnot FE elektrostaticky nabíjet injektovaná vlákna (Wadsworth a Tsai, 1997x).

Charakter MB vláknitého materiálu není podstatný do té míry, že pro provádění vynálezu je vhodný jakýkoli materiál, který je schopný vytvářet vlákna metodou meltblown. Podobně není rozhodující ani charakter staplových vláken a vhodný je jakýkoli materiál, který je schopný důkladného propletení s MB vláknem, definujícího v získaném kompozitu hustotní gradient.

V dalším textu zahrnuje výraz „staplová vlákna“, pokud nejsou uvedena konkrétní staplová vlákna nebo textilní materiály, jako jsou PP staplová vlákna, všechny výše uvedená staplová vlákna a textilní materiály. Protože nejvíce rozšířeným polymerem pro metodu meltblown je PP, implikuje výraz MB zde v popisu MB PP, ačkoli je možno použít i jiných zde popsaných typů MB vláken.

V úvahu by měly být vzaty tyto skutečnosti:

FE ( $\eta$ ) vláknitého rouna z teorie účinnosti jediného vlákna se vyjadřuje rovnicí (Liu, 1986)

$$\eta = 1 - e^{-\eta_s S_f} \quad (1)$$

kde  $S_f$  je faktor filtrační plochy

$\eta_s$  je účinnost jediného vlákna a

$$S_f = D_f l_f \quad (2)$$

kde  $l_f$  je specifická délka nebo délka vlákna na jednotku filtrační plochy

$D_f$  = průměr vlákna.

Faktor filtrační plochy se zvýší pomocí

$$S_b = D_b l_b \quad (3)$$

kde  $l_b$  = specifická délka uložených vláken

$D_b$  = velikost uložených vláken.

Celková filtrační účinnost s příměsí staplových vláken je pak

$$\eta = 1 - e^{-\eta_0(Sf + Sb)} \quad (4)$$

kde  $\eta_0$  = účinnost jediného vlákna po přimísení vláken.

Celková účinnost jediného vlákna ( $\eta_0$ ) po přimísení vláken se sníží v důsledku snížení sypné hustoty a existence hrubých staplových vláken. Celková filtrační účinnost může stoupat nebo klesat v závislosti na velikosti snížení účinnosti jediného vlákna a velikosti zvýšení faktoru filtrační plochy.

Podle Daviese (1973), je-li průtok vzduchu rounem laminární, je pokles tlaku v rounu přímo úměrný funkci sypné hustoty rouna a nepřímo úměrný čtverci průměrného průměru vláken, tj.

$$\Delta p = \frac{t v \mu f(\alpha)}{d_f^2} \quad (5)$$

kde  $\Delta p$  = pokles tlaku napříč rounem

$t$  = tloušťka rouna

$v$  = rychlost na vstupu

$\mu$  = viskozita vzduchu

$d_f$  = průměrný průměr vlákna

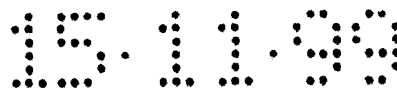
$\alpha$  = sypná hustota

Pro sypnou hustotu v rozmezí mezi 0,006 a 0,3 byla funkce sypné hustoty experimentálně stanovena jako

$$f(\alpha) = 64\alpha^{1,5} (1 + 56\alpha^3) \quad (6)$$

To znamená, že funkce sypné hustoty klesá rychleji než klesá sypná hustota. Při mísení MB vláken s hrubými staplovými vlákny spolu s růstem průměrného průměru vláken klesá tlakový pokles.

Při stejných ostatních parametrech je tlakový pokles uvnitř rouna přímo úměrný zvýšení tloušťky rouna. Tato tloušťka je pak úměrná faktoru filtrační plochy. Filtrační účinnost rouna lze proto vyjádřit pomocí poklesu tlaku napříč rounem, tj.



$$\eta = 1 - e^{-q/\Delta p} \quad (7)$$

kde  $q$  se označuje jako filtrační kvalita a je funkcí vlastností rouna a aerosolu (Hinds, 1982).

Životnost je definována jako FE a tlakový pokles by neměl překročit předem stanovené hodnoty. V některých aerosolech, jako jsou částice chloridu sodného, FE vzrůstá se zatížením částicemi. dobu životnosti filtru tedy určuje tlakový pokles. Tlakový pokles u rouna roste v důsledku zatížení částicemi. Zatížitelnost filtru částicemi je maximální množství prachu, které může filtr zadržet, než tlakový pokles překročí předem stanovenou hodnotu. Je důležité vztahovat životnost jak na tlakový pokles, tak na zatížitelnost. Po získání křivky vztahu tlakového poklesu a zatížení částicemi je možno ze zatížitelnosti filtru vypočítat životnost, tj.

$$\tau = \frac{M}{\eta C Q} \quad (8)$$

kde  $\tau$  = doba životnosti (h)

$M$  = zatížitelnost ( $\text{g}/\text{m}^2$ )

$\eta$  = filtrační účinnost (%100)

$C$  = koncentrace aerosolu ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

$Q$  = průtok aerosolu ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ )

### Přehled obrázků na výkresech

Obr. 1A představuje snímek MB rouna z elektronového mikroskopu (SEM) při zvětšení 500x.

Obr. 1B je SEM snímek MB rouna z obr. 1A, do něhož byla uložena polypropylenová vlákna.

Obr. 2 graficky znázorňuje závislost poklesu tlaku na zatížení částicemi u nenabitých vzorků 1 a 2 z tabulky II.

Obr. 3 graficky znázorňuje závislost účinnosti filtrace na zatížení částicemi u nenabitých vzorků 1 a 2 z tabulky II.

Obr. 4 graficky znázorňuje závislost poklesu tlaku na zatížení částicemi u nabitých vzorků 1 a 2 z tabulky II.



Obr. 5 graficky znázorňuje závislost účinnosti filtrace na zatížení částicemi u nabitých vzorků 1 a 2 z tabulky II.

Obr. 6 schematicky znázorňuje výhodné provedení zařízení vhodného pro výrobu nového kompozitu podle vynálezu.

Obr. 7 schematicky znázorňuje jiné výhodné provedení zařízení vhodného pro výrobu nového kompozitu podle vynálezu.

Jak je znázorněno na obr. 6, vynález spojuje metodu meltblowing 1, injektování 2 jiných vláken ze strany do proudu vzduchu obsahujícího MB vlákna 3. MB vlákna a jiná staplová vlákna se v proudu vzájemně intenzivně mísí a proplétají a jsou vrhána na okraj vytvářeného rouna. Míra, do jaké jsou injektovaná staplová vlákna koncentrována na jedné straně rouna, závisí jak na vertikální, tak na horizontální vzdálenosti výstupní trysky jednotky dodávající vlákna, měřené od otvorů zvlákňovací hubice MB na výstupu z MB trysky. Tak je možno regulovat hustotní gradient kompozitu posunováním polohy výstupní trysky jednotky dodávající staplová vlákna směrem k čelu MB trysky a od něho a směrem ke středové čáře a od středové čáry otvorů zvlákňovací hubice. Dále je možno hustotu regulovat změnou množství injektovaných staplových vláken vzhledem k velikosti proudu MB vláken. Obecně budou MB vlákna, která jsou umístěna nejbližší výstupu trysky, mít nejvyšší podíl staplových vláken, zatímco vlákna vzdálenější budou obsahovat méně staplových vláken. Podobně se poměr staplových vláken v kompozitu zvýší zvýšením rychlosti proudu staplových vláken se zvýšením nebo bez zvýšení množství vláken dodávaných do proudu MB vláken.

Typická sestava, znázorněná na obr. 7, je tvořena jednotkou 1 dodávající vlákna s výstupní tryskou 2 ve svislé vzdálenosti 76,2 mm (3“) směrem dolů od výstupního okraje řady otvorů 5 zvlákňovací hubice MB (typicky 20 až 35 otvorů na 25,4 mm, tj. 1“ trysky v jedné přímé řadě otvorů napříč šířkou trysky) a ve vodorovné vzdálenosti 203,2 mm (8“), tlumící vytlačované MB filamenty, vedené štěrbinami 4 s volnými noži, umístěnými uvnitř trysky na obou stranách koncovky. pro názornost je znázorněn i sběrač vláken a dopravník 6 rouna. Používá se buď rotační síťový válec nebo sítem pokrytý dopravní pás (obvykle s odsáváním vzduchu pod povrchem válce nebo dopravního pásu, napomáhajícím sbírání MB vláken z rouna a odvádění horkého vzduchu). Jak je zřejmé z obr. 6, kompozitní rouno 4 je unášeno dopravním pásem a kompozitní rouno může být v prostoru mezi dopravním pásem a navíječem, který jej navíjí, elektrostaticky nabíjeno. I když to v těchto schematech není znázorněno, je možno úhel, pod nímž jednotka dodávající vlákna vysílá do proudu MB vláken

staplová vlákna, sklápěním jednotky směrem dolů od trysky měnit z 90 °, jak je znázorněno, do polohy, kdy se vlákna dodávají ve více tangenciální poloze, například na 10 ° nebo méně, je-li to žádoucí.

#### Příklad provedení vynálezu

Vynález je blíže popsán na příkladu provedení, který však slouží pouze pro jeho osvětlení, nikoli omezení.

Vertikálně orientovaná MB linka 50 cm z J & M Laboratories, Dawsonville, Georgia, USA, byla na The University of Tennessee použita pro výrobu roun a přidávání staplových vláken. Přidávání vláken bylo prováděno s použitím popsaného injekčního systému. Silná (tloušťka přibližně 4 cm s plošnou hmotností 460 g/m<sup>2</sup>) rohož ze staplových vláken polypropylenu (PP) o šířce 50,8 cm (20“) byla zaváděna do injekčního systému, který používal kombinaci rotujících válců se zuby z kovového drátu a vzduchového pohonu k ukládání jednotlivých vláken nebo malých zakroucených pramenů vláken do proudu napůl roztavených meltblown vláken a zpomalovacího vzduchu ve vzdálenosti přibližně 4 cm od koncového výstupu MB trysky. S MB PP vlákny byla tímto způsobem rovněž mísená bavlněná vlákna za vzniku kompozitních roun o nízké hustotě. Mísicí poměr a plošná hmotnost jsou uvedeny v tabulce I. Koronové nabíjení roun pro zlepšení jejich hodnot FE bylo prováděno technologií elektrostatického nabíjení Tantret<sup>TM</sup>, Technika II, kterou vyvinuli Tsai a Wadsworth (1995a), US patent č. 5,401.446.

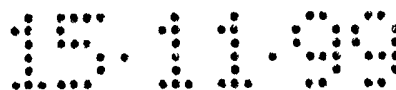
Hodnoty FE byly zjišťovány pomocí zařízení TSI 8110 Automated Filter Tester a modifikované metody ASTM F1215 (Davis, 1993). Jako testovací částice pro TSI 8110 byl použit chlorid sodný o průměrné velikosti částic 0,1 μm. Aerosol měl koncentraci 15 mg/m<sup>3</sup> při povrchové rychlosti 5,3 cm/s. Pro modifikovaný test ASTM F1215 byly použity polystyrenové mikrosféry nominálních velikostí 0,6, 1,2 a 3 μm. Skutečná velikost kuliček byla 0,62, 1,07, 2,04 a 2,93 μm při filtrační rychlosti 30 cm/s.

Mikrofotografie z elektronového mikroskopu, zobrazené na obr. 1A a 1B, ukazují, že MB vlákna jsou oddělena hrubými staplovými vlákny za vzniku pórézního kompozitu, zatímco MB vlákna bez příměsi jsou navzájem natěsnána. Fyzikální vlastnosti MB tkanin s příměsí a bez příměsi jsou popsány v tabulce I. Mykaná rohož PP, tvořící vzorek 8 v tabulkách I a II, je složena ze staplových vláken použitých k uložení do proudu MB vláken.

Rouna s příměsí PP staplových vláken měla vyšší hodnoty FE než rouna bez příměsí, a to jak u nabitých, tak nenabitých roun, jak je patrné z tabulky II, s výjimkou nenabitého vzorku 2, který má patrně změněnou pravidelnost rouna. Jak je z této tabulky patrné, ukládání bavlněných vláken do MB roun vykazovalo stejný trend. Tlakový pokles se snížil z 1,9 mm H<sub>2</sub>O pro rouno 34 g/m<sup>2</sup> bez příměsí (vzorek 1 v tabulce II) na 1,4 mm H<sub>2</sub>O pro příměs PP staplových vláken (vzorky 1 a 2 v tabulce II). Snížení tlakového poklesu přidavkem staplových vláken bylo připsáno zvýšení velikosti pórů nebo snížení sypané hustoty. Zmenšení natěsnání snižuje hodnotu FE podle teorie účinnosti jediného vlákna (Davies, 1973). FE je exponenciální funkce součinu faktoru filtrační plochy a účinnosti jediného vlákna. Mírná změna FE (vzorky 2 a 3 v porovnání se vzorkem 1 v tabulce II) po přimísení znamená, že se faktor filtrační plochy zvýšil o stejnou hodnotu jako pokles účinnosti jediného vlákna. Tlakový pokles se nesnížil uložením 80 % PP staplových vláken do rouna 20 g/m<sup>2</sup>, jak ukazuje vzorek 5 v tabulce II, a uložením 17 a 40 % bavlněných vláken do roun 34 g/m<sup>2</sup>, jak ukazují vzorky 6 a 7 ve stejné tabulce. MB rouno s nízkou plošnou hmotností, například 20 g/m<sup>2</sup>, nebylo vhodné pro uložení vysokého podílu PP staplových vláken z toho důvodu, že vysoká hodnota tlakového poklesu není kompenzována zvýšením FE. Tato skutečnost byla zjištěna porovnáním jejich hodnot kvality filtru. Bavlna měla vyšší schopnost propletení s MB vlákny PP, protože má jemnější okraj vláken, která jsou v důsledku spirálové struktury zkroucena.

Rouna se stejnou hodnotou FE při nižším tlakovém poklese mají lepší kvalitu filtru. U všech MB roun s příměsí staplových vláken se filtrační kvalita zvýšila, jak je patrné z tabulky II. Přídavek bavlněných vláken však vykazoval menší vzrůst filtrační kvality. Vzorek 8 v tabulkách I a II představoval rohož ze staplových PP vláken, použitou pro přimísení do proudu MB vláken. Je uveden pro srovnání, že jeho hodnota FE je oproti MB rounům nízká.

U filtračních médií, která mají malou velikost pórů ve srovnání s velkou velikostí částic, dochází k většímu cupávání. Pokud by aerosol měl širší distribuci velikostí částic, malé částice by vyplnily póry v koláči a tudíž by vzrostla jak hodnota FE, tak tlakový pokles. Tato skutečnost je patrná na hodnotách FE a tlakového poklesu rouna bez příměsí (MB1) na obr. 2, 3, 4 a 5, kde NaCl měl průměrnou velikost částic 0,1 μm a standardní odchylku 1,9. Krychlový tvar částic NaCl je rovněž faktorem ucpávání.



Částice pronikají do hloubky rouna, pokud je jejich velikost malá v porovnání s velikostí pórů rouna. Částice se usazují na povrchu vláken a hromaděním částic se tvoří dendrity. Toto hromaděním zvyšuje v důsledku zvýšení plochy povrchu ve filtračním médiu hodnotu FE, jak je patrné z obr. 3 a 5 pro rouno s příměsí. Tento druh zatížení však zvyšoval tlakový pokles mnohem pomaleji než ucpávání rouna bez příměsí, znázorněné na obr. 2 a 4.

Životnost roun s příměsí se díky pomalejšímu zvyšování tlakového poklesu napříč rounem zvýšila. Dobu životnosti je možno získat z křivky závislosti tlakového poklesu na čase, znázorněné na obr. 2 a 4. Byl-li konkrétní tlakový pokles například 3 mm H<sub>2</sub>O, byla doba životnosti pomocí aproximace křivky u nezměněného rouna bez příměsí 73 min, u nenabitého rouna s příměsí 211 min, u nabitého rouna bez příměsí 32 min a u nabitého rouna s příměsí 72 min.

U nabitých roun došlo v počátečním filtračním procesu ke snížení hodnoty FE, jak ukazuje obr. 5 pro rouna s příměsí i bez příměsí. Hodnota FE klesala se zatížením částicemi, protože na samém počátku filtrace byl náboj neutralizován a filtrace elektrostatickými mechanismy byla omezena. Po zatížení se hodnota FE zvýšila, protože nad elektrostatickými mechanismy převážily mechanické. Jedná se o typický efekt zatížení elektrostaticky nabitého filtru, který je dobře dokumentován (Hinds, 1982). K omezení elektrostatické filtrace se zátěží NaCl došlo spíše pomyslnou neutralizací náboje částicemi NaCl než disipací náboje. Bylo prokázáno (Tsai, 1993), že PP materiál má malou disipaci náboje s dobou skladování. Nabitě tkaniny PP proto mají dobrou životnost.

Bylo prokázáno, že tok vzduchu MB rounem je ve velkém rozmezí plošných hmotností rouna filtračních rychlostí laminární (Tsai, 1993). Když se na rouno působilo polystyrenovými kuličkami s povrchovou rychlostí 30 cm/s, byla splněna rovnice (5), jak ukazují tlakové poklesy v tabulkách III a IV. Vzorky v těchto dvou tabulkách jsou vzorky z tabulky II s odpovídajícími čísly vzorků. Tlakový pokles každého rouna byl stejný, byl-li tlakový pokles při rychlosti 30 cm/s normalizován na rychlost 5,3 cm/s.

Je známo (Hinds, 1982), že FE se zvyšuje se zvětšováním velikosti částic od bodu mechanické filtrace, kdy je velikost částic větší než velikost největší penetrace, dejme tomu 0,1 až 0,3 μm, v závislosti na velikosti vlákna a filtrační rychlosti atd. Tento efekt je demonstrován v tabulce IV pro nenabitá rouna. Totéž platilo pro nabitá rouna, jak je uvedeno v tabulce III. Zvýšení hodnoty FE pro nabitě rouno s velikostí částic však nebylo tak patrné jako pro nenabitě rouno. Elektrostatické mechanismy nemají účinnou přitažlivost vůči



částicím o velké velikosti pohybujícím se vysokou rychlostí (Brown, 1993). Neexistuje teorie pro odhad vztahu mezi hodnotou FE a velikostí částic u nabitých roun, protože je obtížné charakterizovat náboj v rounu po elektrostatickém nabití. Elektrostatická síla má velký příspěvek k účinnosti filtru pro malé částice při nízké rychlosti filtrace. Tato skutečnost je ilustrována v tabulkách III a IV.

Konečně, příměsí 110 % staplových PP vláken do MB rouna 34 g/m<sup>2</sup> (vzorek 3 v tabulce II) se nedosáhlo lepší hodnoty FE a nižšího tlakového poklesu než příměsí 50 % PP staplových vláken. Příměs do MB rouna s plošnou hmotností 20 g/m<sup>2</sup> (vzorek 4) nesnížila tlakový pokles, ale zvýšila FE. Příměs bavlněných vláken vedla k vyšší hodnotě FE a tlakového poklesu než odpovídající poměr mísení s PP staplovými vlákny. Přestože má PP vysokou dielektrickou bariéru, nemohla být tato šarže PP staplových vláken nabita korunou, zřejmě v důsledku použití antistatického prostředku při úpravě vlákna (Tsai, 1996). V některých případech tito výzkumní pracovníci zjistili, že zahřívání staplových PP vláken a/nebo jejich praní a sušení minimalizuje schopnost antistatické úpravy interferovat s účinným elektrostatickým nabíjením vláken. Bavlna má vysokou navlhavost, která snadno odvádí náboj z vláken, takže je neutralizován ionty přirozeně přítomnými ve vzduchu. Avšak pokud byla k PP MB rounům přidána jak PP staplová, tak bavlněná vlákna, bylo možno vzniklé kompozitní tkaniny snadno elektrostaticky nabít pomocí technologie, kterou vyvinuli Tsai a Wadsworth (1995a).

Kompozitní tkaniny, získávané injektováním hrubých staplových vláken do proudu MB vláken snižovaly pokles tlaku aerosolu, proudícího tkaninou, aniž by snižovaly hodnotu FE tkaniny. Velikost snížení tlakového poklesu a zvýšení hodnoty FE závisí na plošné hmotnosti MB a procentickém podílu uložených staplových vláken a rovněž na strukturních vlastnostech staplových vláken. Kompozity s příměsí bylo možno elektrostaticky nabíjet na optimální hodnotu FE metodami vyvinutými na The University of Tennessee.

Tabulka I. Fyzikální vlastnosti roun

Vzorek č.	Vzorek	Substrát,	Příměs		Celková
		plošná hmotnost (g/m <sup>2</sup> )	%	hmotn. (g/m <sup>2</sup> )	hmotnost (g/m <sup>2</sup> )
1	MB1	34	0	0	34
2	MB1+PP	34	50	17	51
3	MB1+PP	34	110	37,4	71,4
4	MB2	20	0	0	20
5	MB2+PP	20	80	16	36
6	MB1+bavlna	34	17	5,8	39,8
7	MB1+bavlna	34	40	13,6	47,6
8	mykaná rohož PP	464	0	0	464

Tabulka II. Filtrační účinnost NaCl a kvalita filtru

Vzorek	Filtrační účinnost, tlakový pokles a kvalita filtru					
	nenabíý			nabíý		
	FE (%)	$\Delta p$ (mm H <sub>2</sub> O)	Qf (l/mm H <sub>2</sub> O)	FE (%)	$\Delta p$ (mm H <sub>2</sub> O)	Qf (l/mm H <sub>2</sub> O)
MB1	28,6	1,9	0,177	91,1	1,9	1,273
MB1+PP	27	1,4	0,225	94,5	1,5	1,934
MB1+PP	30,4	1,6	0,228	93,2	1,5	1,792
MB2	15,5	1,1	0,153	72,7	1,1	1,180
MB2+PP	21,8	1,1	0,224	84,1	1,1	1,672
MB1+bavlna	37,9	2,3	0,207	97,7	2,5	1,510
MB1+bavlna	36,2	2,3	0,195	98,0	2,3	1,701
mykaná rohož PP	12,7	0,7	0,194	13,0	0,7	0,199

Tabulka III. Filtrační účinnost nabitých roun na polystyrenové kuličky

Vzorek	Filtrační účinnost na polystyrenovou kuličku (5)				Tlakový pokles (mm H <sub>2</sub> O)	
	0,6 μm	1,0 μm	2,0 μm	3,0 μm	30 cm/s	5,3 cm/s
1	74,5	77,4	91,7	95,4	9,65	1,71
2	80,6	81,8	92,5	96,1	9,65	1,71
3	88,0	88,9	96,3	99,3	8,39	1,49
5	67,2	68,1	81,3	91,9	6,10	1,08
6	88,3	90,3	98,6	99,7	12,19	2,15
7	84,7	87,2	97,6	99,4	11,18	1,97

Tabulka IV. Filtrační účinnost nenabitých roun na polystyrenové kuličky

Vzorek	Filtrační účinnost na polystyrenovou kuličku (5)				Tlakový pokles (mm H <sub>2</sub> O)	
	0,6 μm	1,0 μm	2,0 μm	3,0 μm	30 cm/s	5,3 cm/s
1	30,5	46,0	88,1	95,5	9,65	1,71
2	31,3	44,6	76,1	96,7	8,13	1,44
3	33,4	45,7	85,9	97,2	8,51	1,50
5	28,6	40,4	79,1	92,8	6,10	1,08
6	39,8	56,4	93,8	98,8	10,54	1,86
7	45,9	59,6	94,6	99,2	10,67	1,88

Tabulka V. Fyzikální vlastnosti MB roun na bázi PP s příměsí PP staplových vláken v Accurate Products Laboratory

Vzorek č.	Vzorek	Substrát,	Příměs		Celková hmotnost (g/m <sup>2</sup> )
		plošná hmotnost (g/m <sup>2</sup> )	%	hmotn. (g/m <sup>2</sup> )	
9	MB3	18	0	0	18
10	MB3+PP	18	210	38	56

Tabulka VI. Filtrační účinnost NaCl a filtrační kvalita MB roun na bázi PP s přidavkem PET staplových vláken v Accurate Products Laboratory

Vzorek	Filtrační účinnost, tlakový pokles a kvalita filtru					
	nenabitý			nabitý		
	FE (%)	$\Delta p$ (mm H <sub>2</sub> O)	Qf (l/mm H <sub>2</sub> O)	FE (%)	$\Delta p$ (mm H <sub>2</sub> O)	Qf (l/mm H <sub>2</sub> O)
MB3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MB3+PP	27,3	1,2	0,266	79,8	1,2	1,333

Literatura:

Patent US č. 4,100.324 (Anderson a spol.)

Patent US č. 4,118.531 (Hauser)

Assoc. of the Nonwoven Fabrics Industry, „The Nonwovens Handbook“, str. 53-55.

Brown, R.C., (1970), *Air Filtration*, Pergamon Press.

Davies, C.N., (1973), *Air Filtration*, Academic Press.

Davis, W.T., (1993), „Air Filtration Efficiency Testing Using ASTM F1215“, Proceedings, TAPPI Nonwovens Conference.

Hassenboehler, C.B. a Wadsworth, L.C., (1994), „Melt Blown Webs Products for Filtration“, *Fluid/Particle Separation Journal*, 7(1), 31M-32M.

Hinds, W.C., (1982), *Aerosol Technology*, John Wiley & Sons.

Tsai, P.P., a Wadsworth, L.C., (1993), „Measurement of Melt Blown Geometric Properties by Air Flow Techniques“, Book of Papers, 3rd TANDEC Conference, The University of Tennessee.

Tsai, P.P., a Wadsworth, L.C., (1994a), „Air Filtration Improved by Electrostatically Charging Fibrous Materials“, *Particulate Science and Technology, An International Journal*, 12(4), 323-332.

Tsai, P.P., a Wadsworth, L.C., (1994b), „Effect of Aerosol Properties on the Filtration Efficiency of Melt Blown Webs and their Electrets“, Book of Papers, 4th TANDEC Conference, The University of Tennessee

Tsai, P.P., a Wadsworth, L.C., (1995a), „Method and Apparatus for the Electrostatic Charging of a Web or Film“, US patent 5,401,446.

Tsai, P.P a Wadsworth, L.C., (1995b), „Effect of Polymers and Additives on the Electrostatic Charging of Different Filter Structures“, 5th TANDEC Conference.

Wadsworth, L.C., a Lee, L. (1990), „Relationship Among Melt Blown Web Structure, Air Permeability and Filtration Efficiency“, *INDA Journal of Nonwovens Research*, 2(1), 43-48.

Liu, B.Y.H. a Rubow, K.L. (1986), „Air Filtration by Fibrous Media“, ASTM STP, 975, 1.

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Pórézní kompozit se vstupním a výstupním povrchem, zahrnující navzájem propletená meltblown vlákna a staplová vlákna, který má zvýšenou filtrační účinnost, vyznačující se tím, že navzájem propletená meltblown a staplová vlákna definují hustotní gradient od hrubých pórů na vstupním povrchu k jemným pórům na výstupním povrchu.

2. Kompozit podle nároku 1, vyznačující se tím, že hustotní gradient je definován změnou poměru mísení staplových vláken s meltblown vlákny napříč kompozitem od vstupního povrchu k výstupnímu povrchu.

3. Kompozit podle nároku 2, vyznačující se tím, že hmotnostní poměr mísení staplových vláken k meltblown vláknům je v rozmezí asi 0,17 až asi 1,10.

4. Kompozit podle nároku 1, vyznačující se tím, že staplová vlákna mají průměr asi 12 až 60  $\mu\text{m}$  a délku asi 12,7 až 152,4 mm.

5. Kompozit podle nároku 1, vyznačující se tím, že staplová vlákna zahrnují částice o velikosti 1 až 300  $\mu\text{m}$  z materiálu vybraného ze skupiny zahrnující aktivní uhlí a práškový superabsorbent.

6. Kompozit podle nároku 2, vyznačující se tím, že staplová vlákna zahrnují drcený textil s maximálním rozměrem v rozmezí asi 1,59 až 12,7 mm.

7. Kompozit podle nároku 2, vyznačující se tím, že meltblown vlákna jsou vlákna zpracovatelná metodou meltblown.

8. Kompozit podle nároku 7, vyznačující se tím, že vlákna zpracovatelná metodou meltblown jsou polyolefinová vlákna.

9. Kompozit podle nároku 5, vyznačující se tím, že meltblown vlákna zahrnují polyolefin a staplová vlákna zahrnují bavlnu.

10. Kompozit podle nároku 9, vyznačující se tím, že polyolefinem je polypropylen.

11. Kompozit podle nároku 1, vyznačující se tím, že má elektrostatický náboj.

12. Kompozit podle nároku 1, vyznačující se tím, že filtrační účinnost je definována vzorcem 4 v popisu, kde symboly mají význam uvedený v popisu.

13. Způsob použití pórézního kompozitu se vstupním a výstupním povrchem, zahrnujícího navzájem propletená meltblown vlákna a staplová vlákna, který má zvýšenou filtrační účinnost, kde navzájem propletená meltblown a staplová vlákna definují hustotní gradient od hrubých pórů na vstupním povrchu k jemným pórům na výstupním povrchu, vyznačující se tím, že se do kompozitu dodává tekutina zahrnující směs nežádoucích částic s distribucí velikostí od malých částic do velkých částic a nechává se projít kompozitem, přičemž se získává filtrovaná tekutina s nižším obsahem nežádoucích částic než měla dodávaná tekutina.

14. Způsob podle nároku 13, vyznačující se tím, že tekutina se přivádí na vstupním povrch a prochází kompozitem k výstupnímu povrchu, přičemž se větší částice zachytávají ve větších pórech a menší částice v menších pórech.

15. Způsob podle nároku 14, vyznačující se tím, že distribuce velikosti částic zahrnuje částice v rozmezí asi 0,1 až 3  $\mu\text{m}$ .

16. Způsob výroby pórézního kompozitu, zahrnujícího navzájem propletená meltblown vlákna a staplová vlákna, kde navzájem propletená meltblown a staplová vlákna definují hustotní gradient od hrubých pórů na jednom povrchu k jemnějším pórům na druhém povrchu kompozitu, vyznačující se tím, že se tavenina vláken strhává do horkého

vzduchu a do něj se injektují staplová vlákna, přičemž se získává rouno meltblown vláken důkladně navzájem propletených se staplovými vlákny.

17. Způsob podle nároku 16, v y z n a č u j í c í s e t í m , že se porozita kompozitu od jedné plochy ke druhé reguluje regulací vzdálenosti výstupní trysky jednotky dodávající vlákna, měřeno od otvorů meltblown zvlákňovací hubice výstupu meltblown trysky.

18. Způsob podle nároku 17, v y z n a č u j í c í s e t í m , že se porozita kompozitu reguluje také regulací rychlosti a/nebo poměru staplových vláken injektovaných do proudu meltblown vláken.

19. Způsob podle nároku 18, v y z n a č u j í c í s e t í m , že se získané rouno dále elektrostaticky nabíjí.

20. Pórézní „použitý“ kompozit se vstupním a výstupním povrchem, zahrnující navzájem propletená meltblown vlákna a staplová vlákna, který má zvýšenou filtrační účinnost, kde navzájem propletená meltblown a staplová vlákna definují hustotní gradient od hrubých pórů na vstupním povrchu k jemným pórům na výstupním povrchu, v y z n a č u j í c í s e t í m , že kompozit zahrnuje nežádoucí částice zachycené na vláknech, přičemž větší částice jsou umístěny v oblasti kompozitu, která má větší póry, a menší částice jsou umístěny v oblasti kompozitu s menšími póry a tak tvoří gradient zachycených částic od jednoho povrchu kompozitu k druhému.

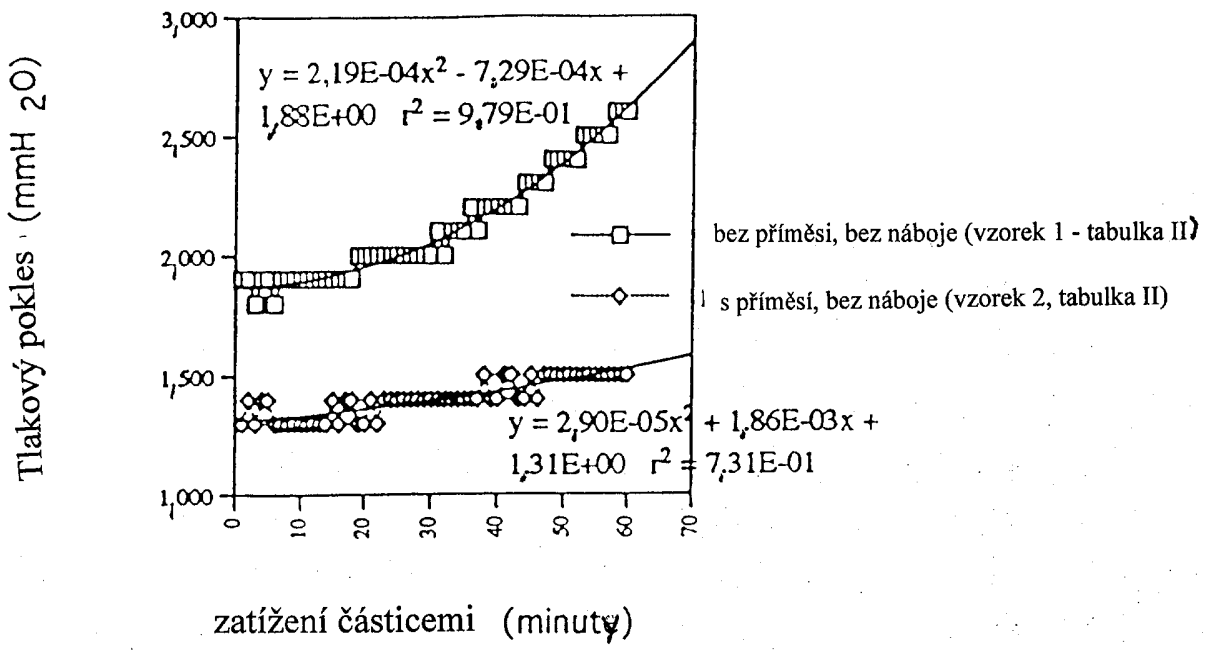
21. Použitý kompozit podle nároku 20, v y z n a č u j í c í s e t í m , že meltblown vlákna jsou elektrostaticky nabita.



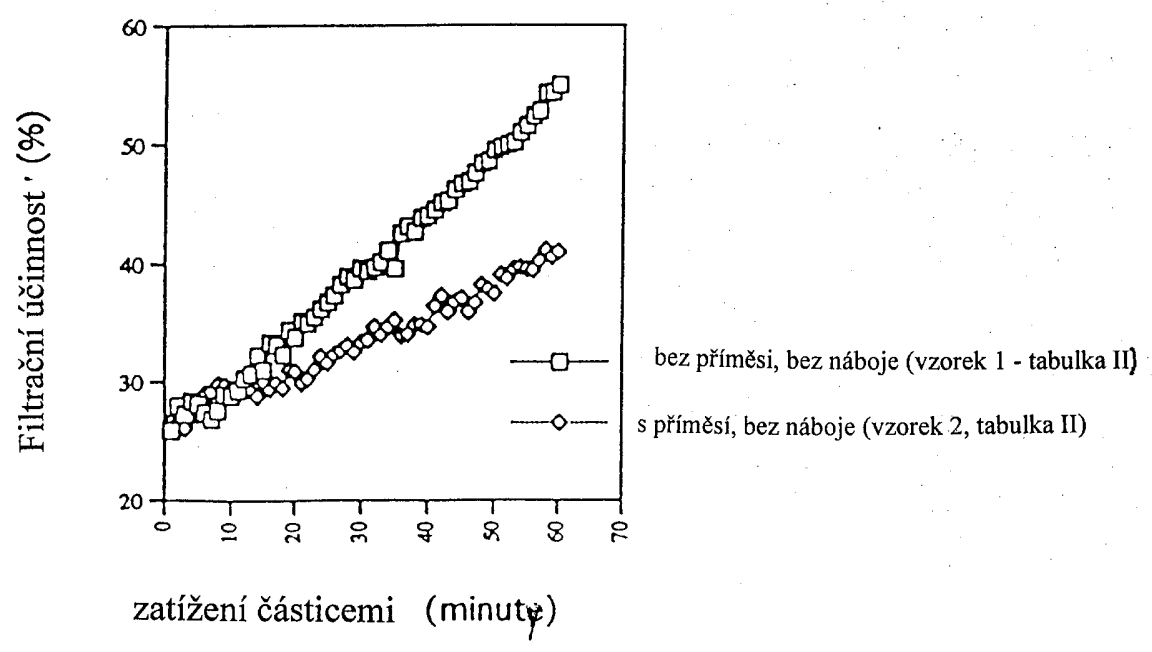
Obr. 1a



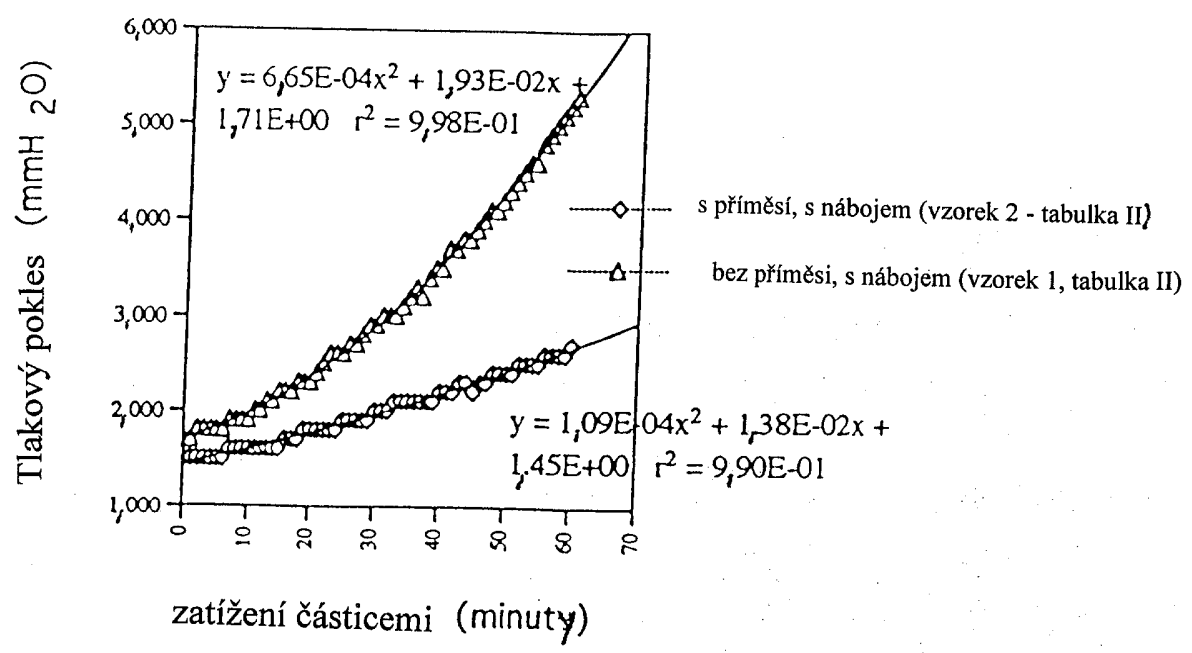
Obr. 1b



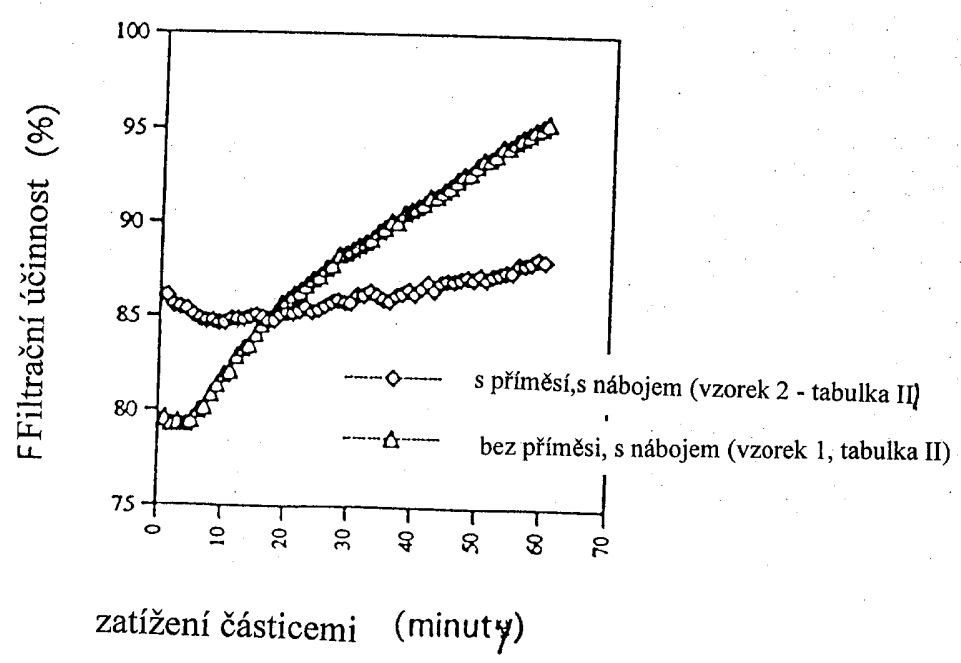
Obr. 2



Obr. 3

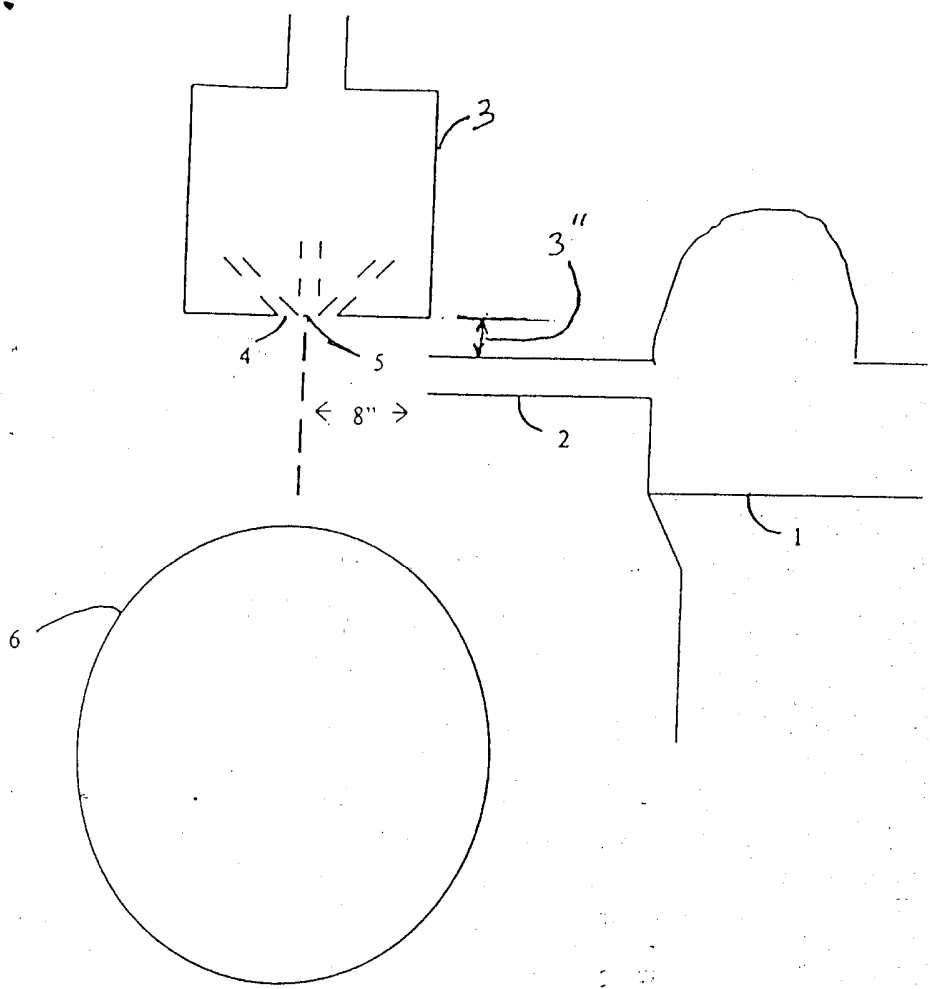


Obr. 4

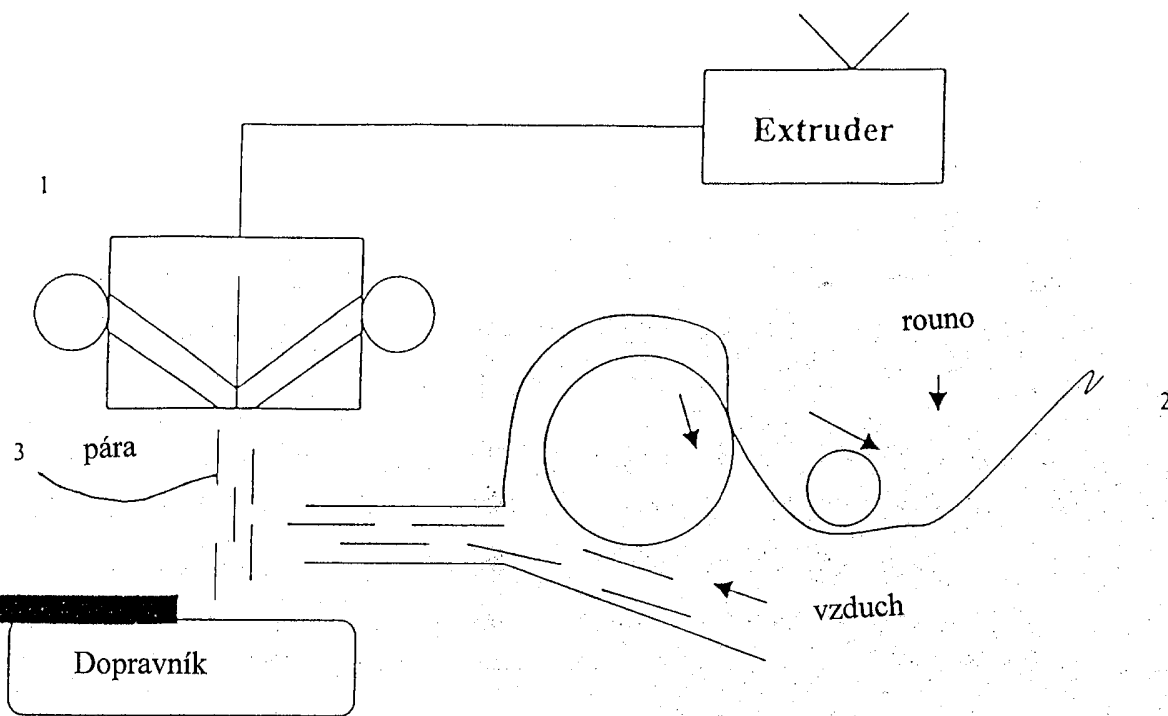


Obr. 5

15.11.99



Obr. 6



Obr. 7