

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **232353**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **419410**

(22) Data zgłoszenia: **09.11.2016**

(51) Int.Cl.

B32B 5/22 (2006.01)

B32B 5/08 (2006.01)

D04H 1/14 (2006.01)

(54)

**Wielofunkcyjny kompozyt włókninowy do zastosowania
w sprzęcie ochrony układu oddechowego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

21.05.2018 BUP 11/18

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.06.2019 WUP 06/19

(73) Uprawniony z patentu:

**CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY
PRACY – PAŃSTWOWY INSTYTUT
BADAWCZY, Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**AGNIESZKA BROCHOCKA, Łódź, PL
WIKTOR ORLIKOWSKI, Łódź, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Joanna Bocheńska

PL 232353 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest wielofunkcyjny kompozyt włókninowy do zastosowania w sprzęcie ochrony układu oddechowego.

W obecnym stanie zanieczyszczenia środowiska naturalnego, zwłaszcza powietrza i wody, skuteczna filtracja staje się coraz bardziej istotna. Z powodu znacznie podniesionego w ostatnich latach stopnia czułości na drobne cząstki o wymiarach z zakresu mikro- i nanometrów pojawiły się zwiększone oczekiwania użytkowników dotyczące rozwoju odpowiednich technologii filtracyjnych materiałów włóknistych. Potrzebne są wysokiej jakości materiały filtracyjne w branżach stosujących tak zwane czyste technologie. Wymagania dotyczące opracowania i oceny tych produktów są coraz bardziej rygorystyczne. W tym celu jako materiały filtracyjne stosowane są układy włókninowe składające się z mikroporowatej warstwy włókien o wymiarach kilku mikrometrów oraz powłoki z nanowłókien [1, 2]. Wykazano, że grubość warstwy nanowłókien ma mniejszy wpływ na wielkości cząstek najbardziej penetrujących przez materiał niż gęstość upakowania nanowłókien w tym materiale. Ilość nanowłókien w materiale powinna być ostrożnie dobierana tak, aby zapobiec nadmiernemu podnoszeniu oporów przepływu powietrza. Optymalnym rozwiązaniem jest umieszczenie warstwy z nanowłókien pomiędzy warstwami zbudowanymi z submikronowych włókien o wymiarach kilku mikrometrów [3]. Pojawiają się również coraz częstsze oczekiwania użytkowników dotyczące niezawodności stosowania środków ochrony indywidualnej wykonanych na bazie włóknistych materiałów filtracyjnych. Jedni producenci dążą do wytworzenia interaktywnego materiału filtracyjnego o większej skuteczności, a inni do uzyskania długiego czasu ochronnego działania, co może mieć wpływ również na wydajność energetyczną użytkownika. Obecnie w ośrodkach naukowych prowadzone są liczne badania pokazujące możliwości zastosowania włókninowych struktur tekstylnych w złożonych aplikacjach. W zależności od rodzaju składu ilościowego i jakościowego surowca, budowy morfologicznej, właściwości fizyko-chemicznych modyfikatorów, hydrofilowości i hydrofobowości jak i technik modyfikacji struktury materiałów włókniny kompozytowe znajdują coraz szersze zastosowanie w wielu gałęziach przemysłowych takich, jak: budownictwo, medycyna, transport, przemysł samochodowy i włókienniczy, itp. [4–8]. Jako materiały filtracyjne wykorzystywane w ochronach układu oddechowego stosuje się wielowarstwowe materiały włókninowe otrzymywane różnymi technikami. Autorzy pracy [9] opracowali konstrukcję półmasksi filtrującej klasy FFP1 i FFP2 zbudowanej z trzech warstw włókien biodegradowalnych, które spełniały różne funkcje w procesie oczyszczania powietrza ze szkodliwych aerozoli. Włókniny te zostały wytworzone różnymi technikami włókienniczymi: techniką klasycznego igłowania, *melt-blown* i *spun-bonded*. Opracowano również nowe półmasksi filtrujące wytworzone na bazie innowacyjnych materiałów filtracyjnych z polipropylenu i poliwęglanu zawierających modyfikator w postaci perlitu. Zapewniają one dwukrotnie wyższą ochronę niż standardowe półmasksi filtrujące o najwyższej trzeciej klasie ochronnej [10].

Prowadzone są liczne prace nad modyfikacją powierzchni materiałów techniką plazmy niskotemperaturowej, wytwarzaniem nanostruktur czy zastosowaniem polimerów biodegradowalnych. Autorzy pracy [11] zmodyfikowali techniką plazmy niskotemperaturowej włókniny polipropylenowe otrzymywane metodą *melt-blown*. Modyfikacja polegała na zmianie właściwości fizycznych powierzchni włókien z zastosowaniem gazów takich jak: powietrze, metan, heksametylodisiloksan (FIMDSO). Efektywność obróbki oceniono wskaźnikiem penetracji wobec aerozolu chlorku sodu. Zmodyfikowane włókniny charakteryzowały się wysoką skutecznością filtracji przy zachowaniu oporów przepływu powietrza na nie zmienionym poziomie. Wykazano również, że istnieje możliwość modyfikacji poliwęglanowych włókien filtracyjnych otrzymywanych techniką *melt-blown* z ukierunkowaniem na poprawę ich skuteczności filtracji wobec aerozoli ciekłych w wyniku oddziaływania na ich powierzchnię plazmy niskotemperaturowej RF w argonie [12].

Sójka-Ledakowicz i inni [13] modyfikowali polipropylenowe włókniny otrzymywane techniką *melt-blown* dodając celulozę mikrokryształiczną (2% wag.) i chitozan mikrobiologiczny (3% wag.). Dodawanie modyfikatorów powodowało pogarszanie parametrów filtracji włókien polipropylenowych, przy zwiększeniu ich szybkości biodestrukcji. Wstępne testy mikrobiologiczne wykazały działanie wobec mikroorganizmów wybranych kolonii bakterii i grzybów. Autorzy pracy [14] wprowadzali do technologii *melt-blown* środki biobójcze. Właściwości biobójcze włókien uzyskano w skutek zastosowania chemicznych modyfikatorów czynnych biologicznie. W wyniku mikrobiologicznych badań wykazano, że dodanie modyfikatorów w początkowym etapie technologicznym nie daje zadowalających efektów, ze względu na trudności w połączeniu cząstek modyfikatora i granulatu polimeru, a także negatywny wpływ tempera-

tury pływnięcia polimeru na właściwości biobójcze. Dalsze prace technologiczne związane były z opracowaniem sposobu wprowadzenia cząstek różnych preparatów biobójczych w końcowej fazie formowania runa. Wyniki badań mikrobiologicznych potwierdziły przydatność wytworzonych w ten sposób włókien filtracyjnych do konstrukcji bioochron układu oddechowego, ze względu na dobre właściwości biobójcze oraz wysoką skuteczność filtracji.

W pracy [15] przedstawione zostało urządzenie do wytwarzania kompozytów o właściwościach filtracyjno-sorpcyjnych oraz metoda ich otrzymywania polegająca na wprowadzaniu sproszkowanego węgla aktywowanego w strukturę włókniny za pomocą strumienia sprężonego powietrza. Podobnym zagadnieniem zajmowali się autorzy pracy [16], w której oceniano właściwości filtracyjno-sorpcyjne układu struktur włóknistych zawierających wysokoskuteczne włókny polipropylenowe formowane techniką *melt-blown* i włókny kompozytowe z węglem aktywnym. Kompozyt warstwowy, składający się z dwóch warstw włókniny polipropylenowej wytworzonej w technologii *melt-blown* oraz jednej warstwy kompozytowej z dodatkiem węgla aktywowanego, przedstawiono w pracy [17]. Badano również właściwości filtracyjne włókien polipropylenowych aktywowanych elektrostatycznie modyfikowanych poprzez wprowadzanie dodatków w postaci granulatu perlitu i bursztynu bezpośrednio w strugę polimeru podczas ich wytwarzania techniką *melt-blown* [18]. Ciekawe rozwiązanie opisano w patencie W02009/088648 A1 [19]. Jest to metoda wytwarzania włókien kompozytowych polegająca na wprowadzaniu włókien wytwarzanych metodą *melt-blown* w strugę modyfikatora w celu wytworzenia kompozytu o jednorodnej strukturze. Jako modyfikator stosowano np. węgiel aktywowany w postaci granul lub sproszkowany tlenek glinu.

Brak jest jakichkolwiek danych literaturowych o możliwości wprowadzania do technologii *melt-blown* dodatków w postaci superabsorbentów charakteryzujących się wysoką zdolnością sorpcji i mogących mieć zastosowanie w materiałach włóknistych używanych w sprzęcie ochrony układu oddechowego.

Syntetyczne superabsorbenty zostały wprowadzone do przemysłu wyrobów higienicznych w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia i od tego czasu uległy kilku ewolucyjnym zmianom, które miały na celu przede wszystkim poprawę ich chłonności i zredukowanie do minimum ilości nie usieciowanej frakcji polimerowej i oligomerowej. Superchłonne polimery (SAP) są hydrofilowym materiałem składającym się z lekko usieciowanych struktur trójwymiarowych posiadających wysokie lub bardzo wysokie zdolności pęcznienia w środowisku wodnym. Istnieje wiele rodzajów superabsorbentów polimerowych różniących się budową chemiczną i właściwościami fizycznymi. Polimery SAP zostały pierwotnie podzielone na: syntetyczne (oparte na surowcach ropopochodnych) i naturalne na bazie polisacharydów i polipeptydów. Polisacharydy to grupa węglowodanów i zarazem biopolimerów, które są złożone z merów będących cukrami prostymi, połączonych wiązaniami glikozydowymi. Stanowią one ważną grupę polimerów naturalnych wykorzystywanych w organizmach żywych jako materiał budulcowy i zapasowy. Grupa ta charakteryzuje się dużą różnorodnością, jeżeli chodzi o strukturę i miejsce występowania. Wśród polisacharydów i ich pochodnych wymienić można m.in.: skrobię, chitynę, celulozę, glikogen. Peptydy to organiczne związki chemiczne, powstające przez połączenie cząsteczek aminokwasów, wiązaniem peptydowym. Jednak większość superchłonnych polimerów wytwarzana jest z kwasu akrylowego (AA), jego soli oraz akrylamidu (AM) technikami polimeryzacji w roztworze lub w zawiesinie [20].

Polimery te stanowią około 80% ogólnej produkcji w produkcji produktów do pielęgnacji osobistej (pieluszki dla dzieci i kobiecych artykułów higienicznych). Poza higienicznym użytkowaniem polimery SAP znalazły bardzo szerokie zastosowanie w takich sektorach, jak: rolnictwo, medycyna, włókiennictwo, elektronika, budownictwo i inne [21, 22]. Badania naukowe ukierunkowane były na struktury polimerów superabsorbencyjnych, ich właściwości i potencjalne zastosowanie.

Omidian i inni zajmowali się modyfikacją polimerów sorpcyjnych na bazie monomerów akrylowych oraz zmianami w stężeniu wynikających ze strat parowania wody przy różnych temperaturach kąpieli i różnych stężeniach inicjatora w postaci peroksydisiarczanu potasu w procesie polimeryzacji. Wykazali, że najwyższy stopień pęcznienia produktów wytworzonych w procesie polimeryzacji z roztworu bez ograniczania dostępu do tlenu i odparowaniu uzyskuje się, gdy warunki reakcji takie, jak temperatura i stężenie inicjatora sprzyjają krótkiemu czasowi reakcji [23].

Autorzy pracy [24] prowadzili syntezę hydrożelu o wrażliwym pH na bazie superabsorbentu za pomocą kopolimeryzacji szczepionej mieszaniny kwasu akrylowego, metakrylanu 2-hydroksyetylu i skrobi. Maksymalna zdolność absorpcji wodnego roztworu o pH = 8 przez superabsorbent wynosiła 95 g/g. Wykazano, że pęcznienie Sap-u w roztworach o kwaśnym i zasadowym pH sprawia, że są one

odpowiednie do kontrolowanego dostarczania środków aktywnych biologicznie. Syntezę i charakterystykę nowych superabsorbencyjnych kompozytów na bazie karageniny w obecności cząstek montmorylonitu przedstawiono w pracy [25]. Karagen to rodzaj polisacharydów ekstrahowanych z czerwonych wodorostów zawierających w swej strukturze liczne grupy siarczanowe. Karagen charakteryzuje się dużą aktywnością biologiczną. Wykazano, że zdolność pęcznienia zmniejsza się wraz ze wzrostem siły jonowej (miara występujących w roztworze oddziaływań międzyjonowych określająca wpływ wszystkich obecnych w roztworze jonów na ich zachowanie oraz oddziaływanie z polem elektrycznym) medium pęcznienia. To zachowanie może być przypisane do efektu ekranowania ładunków jednowartościowych kationów, jak również jonowego sieciowania dla kationów wielowartościowych. Ponadto, pokazano, że kompozyty hydrożelowe charakteryzują się wyższą biodegradacją i wyższą wytrzymałością.

W pracy [26] opisano hydrożele na bazie celulozy biodegradowalnej, które wykazują obiecujące zastosowania przemysłowe, w szczególności w ochronie środowiska jak również w zastosowaniach biomedycznych w obszarze inżynierii tkankowej i medycyny regeneracyjnej. Biodegradowalne hydrożele superabsorbencyjne powstałe na bazie celulozy elektrolitu z pochodnych celulozy mogą być stosowane jako zbiorniki wody w przemyśle rolniczym. Zdolność pochłaniania biodegradowalnych hydrożeli oceniano w odniesieniu do dwóch czynników odgrywających kluczową rolę w środowisku gleby: siły jonowej i współczynnika pH. Wykazano, że materiał sorpcyjny pozwala na efektywne magazynowanie i przedłużone uwalnianie wody do gleby i korzeni roślin [27].

Lessard i inni [28] przedstawili termoczule superabsorbenty na bazie poli(N,N-dietyloakrylamidu-co-akrylanu sodowego), których krytyczne temperatury pęcznienia oraz temperaturę objętościowej przemiany fazowej jak również ich zdolność sorpcyjną do wody można zmieniać przez dodawanie różnej ilości akrylanu sodu do kopolimeru. Stwierdzono, że kopolimery usieciowane mogą absorbować duże ilości wody przy niskich temperaturach i zwolnić większość wchłoniętej wody przy wyższych temperaturach czyniąc z nich materiały absorpcyjne wielokrotnego użytku możliwe do wykorzystania w procesie recyklingu.

W literaturze patentowej można spotkać również wiele rozwiązań dotyczących charakterystyki fizyko-chemicznej materiału absorbującego czy struktur chłonnych w zakresie ich właściwości użytkowych [29]. Innym celem badań zmierzających do osiągnięcia optymalnych właściwości użytkowych polimeru superabsorbencyjnego jest optymalizacja szybkości wchłaniania cieczy. Ponieważ superabsorbent gwałtownie pęcznieje podczas wchłaniania płynów fizjologicznych, może też szybko dochodzić do blokowania porów w materiale. W związku z tym pożądane jest spowolnienie wzrostu objętości polimeru, aby pozwolić na rozprowadzenie się cieczy wewnątrz materiału. Optymalną szybkość wchłaniania można uzyskać np. poprzez nasycenie węglanem sodowym włókien, w sąsiedztwie których znajduje się granulata usieciowanego poli(kwasu akrylowego) [30]. Polimer taki przejmuje jony sodu na drodze dyfuzji, nabierając właściwości superabsorbencyjnych i umożliwiając cieczy przeniknięcie porami materiału chłonnego w głąb materiału. Tak zbudowany materiał sorpcyjny posiada wówczas zdolność absorbowania dużych ilości cieczy. Struktura takiego materiału obejmuje materiał absorbujący i materiał włóknisty posiadający środek aktywujący. Materiał włóknisty uwalnia czynnik aktywujący w odpowiedzi na kontakt z cieczą a środek aktywujący zmienia właściwości materiału absorbującego tak, że staje się on materiałem superabsorbencyjnym. Taki materiał może być stosowany w higienicznych wyrobach jednorazowego użytku np. do absorpcji płynów ustrojowych [31]. Zwiększanie światowego zapotrzebowania na coraz to lepsze materiały absorbujące płyny ustrojowe, które stosowane są w jednorazowych wyrobach medycznych i higieny osobistej, prowadzi do dalszych badań w kierunku pozyskiwania dodatkowych właściwości biodegradacji lub uzyskania funkcji biomedycznych. Wysoce absorpcyjne materiały na bazie polimerów polielektrolitu mogą absorbować nawet do 50 gramów płynu ustrojowego na gram suchej masy [31]. Syntetyczne superabsorbenty obecnie dostępne nie ulegają biodegradacji na składowiskach odpadów i nie oferują żadnych funkcji wartości dodanej do produktów medycznych i higieny osobistej. Wiele ośrodków naukowo-badawczych i przemysłowych prowadziło szerokie badania w kierunku rozwoju nowych materiałów chłonnych z naturalnych polimerów, które mogą ulec biodegradacji na składowiskach odpadów. Podstawowym substratem w tych absorbentach są głównie polisacharydy, zwłaszcza celuloza i skrobia. W pracy [32] wykazano, że komercyjne polimery syntetyczne superchłonne jak również sole pochodzące od celulozy i skrobi są zasadniczo polianionowe. Wydaje się jednak, że polikationowe polimery mają potencjalne wyższe korzyści funkcjonalne niż polianionowe. Spośród naturalnych polimerów chityna jest polikationowa w środowisku kwaśnym. Jest ona organicznym związkiem

chemicznym, z którego są zbudowane szkielety zewnętrzne stawonogów np. odpady skorupiaków. Autor pracy stwierdził, że chityna jest atrakcyjnym substratem do przygotowania materiałów sorpcyjnych ponieważ stwarza możliwość utylizacji odpadów skorupiaków.

Oferta przemysłu chemicznego obejmuje obecnie szeroką gamę superabsorbentów o coraz lepszych własnościach i w różnych postaciach. Produkowane wcześniej superabsorbenty pod postacią granulatów zostały uzupełnione proszkami o różnym stopniu rozdrobnienia, pudrami, hydrożelami, a także włóknami. Jednocześnie szybki rozwój tych materiałów stanowi wyzwanie do poszukiwania coraz to nowych metod aplikacji. Dotychczas materiały te były powszechnie stosowane w wyrobach do higieny osobistej, które otrzymywano z wykorzystaniem klasycznych technologii włókninowych tj. hydrodynamicznej przy użyciu krystalicznie czystej wody, bądź techniką wodno-igłową, powietrzno-igłową z termicznym lub chemicznym łączeniem.

W pracy [33] stwierdzono, że nowoczesne jednorazowe artykuły higieny osobistej i ochrony zdrowia powinny charakteryzować się doskonałą chłonnością, zapewniając dobry komfort użytkowania. Istnieją liczne wyzwania przed jakimi stają projektanci włóknin przeznaczonych do absorpcji płynów ustrojowych, które wynikają z różnych sprzeczności inżynierskich. Łącząc wszystkie konieczne funkcje np. przejście płynu, jego dystrybucję i zatrzymywanie, uzyskanie prostego kompozytu włóknistego z cząstkami superchłonnego polimeru może okazać się problematyczne. Teoretycznie można łatwo przewidzieć, że poprawa jednego parametru może prowadzić do pogorszenia innych funkcji. Wysoka wydajność oraz wielofunkcyjność struktury jednostkowej wymagają rozdzielenia elementów funkcjonalnych i umieszczenia ich we włókninie w określony, zorientowany sposób, aby oddzielić poszczególne funkcje i uzyskać lepszą kontrolę nad przepływem cieczy i jej umieszczenia w określonych miejscach. Należy jednak pamiętać, że technologia tworzenia włóknin do tych zastosowań jest nieekonomiczna. Konieczna jest redukcja kosztów wysoce wyspecjalizowanych materiałów poprzez poprawę wydajności i efektywności procesu produkcji poszczególnych składników (np. środków wiążących, cząstek superabsorbentu, funkcjonalnych włókien syntetycznych, pulpy celulozy) oraz całego procesu technologicznego. Alternatywą dla tej technologii może być technologia produkcji włóknin filtracyjnych bezpośrednio ze stopu polimerów – tzw. *melt-blown*, oparta na technice pneumatycznego formowania runa. Specyficzne cechy tak wytwarzanych włóknin, wynikające przede wszystkim z małej średnicy formowanych włókien, gwarantują doskonałe właściwości filtracyjne, termiczno-izolacyjne i chłonne. Wybór technologii *melt-blown* został uwarunkowany także możliwością skutecznego modelowania struktury włóknin pod względem gęstości powierzchniowej i porowatości włókniny. Na szczególne podkreślenie, w aspekcie innowacyjności tego projektu, zasługuje zastosowanie superabsorbentów w technologii *melt-blown*. Dotąd nie wprowadzano superabsorbentów bezpośrednio do technologii *melt-blown*.

Materiały filtracyjne wykorzystywane w sprzęcie ochrony układu oddechowego to zazwyczaj wielowarstwowe struktury włókninowe otrzymywane różnymi technikami tekstylnymi. Podstawowym materiałem konstrukcyjnym filtrującego sprzętu ochrony układu oddechowego są elektretowe włókniny filtracyjne wytwarzane techniką pneumatycznego formowania runa zwaną w literaturze światowej jako *melt-blown*. Technologia ta pozwala na uzyskanie cienkich włókien o średnicy rzędu 1–2 μm przez odpowiedni dobór parametrów procesowych mających wpływ na kształtowanie budowy morfologicznej włókniny. Ma to bezpośrednie przełożenie na skuteczność wychwytywania ze strugi przepływającego powietrza szkodliwych cząstek aerozolu występujących w atmosferze środowiska pracy i zatrzymywaniu ich na włóknach [1, 2]. Drugim istotnym parametrem, odpowiadającym za skuteczność filtracji, jest obecność sił elektrostatycznego przyciągania, które zostają wzbudzone we włóknach na skutek aktywacji elektrostatycznej, dzięki której naładowane cząstki zanieczyszczeń są przyciągane bądź odpychane od włókien, zgodnie z kierunkiem wytwarzanego przez nie pola elektrycznego, podczas gdy cząstki elektrycznie obojętne ulegają polaryzacji i poruszają się zgodnie z gradientem pola elektrycznego [3, 4, 5]. Wieloletnie badania prowadzone w ośrodkach naukowych zajmujących się modelowaniem i oceną wydajności procesu filtracji wykazały, że materiał ten nie zapewnia zachowania wysokiego poziomu skuteczności ochronnej, w założonym czasie stosowania środków ochrony układu oddechowego, w przypadku występowania na stanowisku pracy wysokich warunków temperatury i wilgotności powietrza. Siły elektrostatycznego przyciągania, które w tym materiale stanowią podstawowy mechanizm zatrzymywania cząstek aerozolu, ulegają szybkiej neutralizacji w czasie, co powoduje gwałtowny spadek skuteczności ochrony. Ten fakt ma również swoje przełożenie na komfort pracy. Panujący na stanowisku pracy niekorzystny mikroklimat oraz duży wysiłek fizyczny w znacznym stopniu obciążający organizm człowieka powodują poważne zmiany, zarówno w układzie oddechowym człowieka jak

i w układzie sercowo-naczyniowym czy mięśniowo-szkieletowym, decydujące o ogólnej wydolności fizycznej człowieka. Dzięki zwiększeniu częstości oddechów i objętości oddechowej możliwy jest wzrost wentylacji płuc podczas wysiłku. O obciążeniu organizmu podczas pracy poza rodzajem wysiłku fizycznego i czasem jego trwania decydują również cechy indywidualne takie jak wydolność fizyczna pracownika [6, 7]. Następstwem tego może być tak duży dyskomfort użytkownika, że ochrona może zostać odrzucona na skutek gwałtownego pogorszenia mikroklimatu w strefie oddechowej, a w konsekwencji wzrostem oporów oddychania spowodowanym odkładaniem się cząstek aerozolu i pary wodnej na powierzchni materiału. Istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych tego typu sprzętu, ale najczęściej stosowane są półmaski filtrujące, których podstawowym materiałem odpowiedzialnym za skuteczność zatrzymywania cząstek aerozoli są włókniny filtracyjne. Konstrukcja struktur włókninowych stosowanych w tego typu sprzęcie jest wielowarstwowa. Do tego celu wykorzystywane są włókniny produkowane różnymi technikami włókienniczymi takimi, jak igłowanie runa, pneumatyczne formowanie runa (*melt-blown*) lub elektroprzędzenie oraz bezpośrednie formowanie włókien z włókien ciągłych (*spun-bond*). Powoduje to znaczną grubość warstw gotowego wyrobu, trudności z jego odpowiednim dopasowaniem do twarzy użytkownika, a także negatywnym wpływem na wzrost temperatury i wilgotności wewnątrz sprzętu, zawsze pod częścią twarzową. Podczas czynności oddechowych cząstki pary wodnej z wydychanego powietrza kondensują na wewnętrznej stronie sprzętu, co prowadzi do gwałtownego pogorszenia mikroklimatu w strefie oddechowej. To niekorzystne zjawisko nasila się podczas ciężkiej pracy fizycznej, gdy wzrasta wentylacja minutowa płuc i jednocześnie cząstki aerozolu i pary wodnej tworzą tzw. „placek filtracyjny”, powodując w szybkim tempie wzrost oporów oddychania.

Aby wyjść naprzeciw tym problemom w projekcie opracowany zostanie włókninowy kompozyt do stosowania w sprzęcie ochrony układu oddechowego w warunkach ciężkiej pracy fizycznej.

Obecnie brak jest na rynku europejskim wielofunkcyjnego materiału filtracyjnego otrzymywanego techniką *melt-blown* i charakteryzującego się z jednej strony wysoką skutecznością filtracji przy zachowaniu niskich oporów przepływu powietrza a z drugiej – wystarczającą stabilnością mechaniczną i dobrą zdolnością do gromadzenia wilgoci. Istnieje potrzeba zapewnienia, w jednym procesie formowania i modyfikacji, wielofunkcyjnego kompozytu włókninowego do zastosowania w sprzęcie ochrony układu oddechowego w warunkach ciężkiej pracy.

Przedmiotem wynalazku jest wielofunkcyjny kompozyt włókninowy do zastosowania w sprzęcie ochrony układu oddechowego składający się z następujących warstw w kolejności od strony wlotu powietrza:

- pierwszej warstwy włókniny osłonowej z ładunkiem elektrostatycznym wykonanej z włókien polimerowych o masie powierzchniowej od 30 g/m² do 80 g/m², pomiędzy które wprowadzono cząstki środka pochłaniającego/absorbującego wilgoć z powietrza o ziarnistości od 10 µm do 300 µm,
- warstwy sztywnikowej wykonanej z silnie kalandrowanej włókniny wykonanej z włókien polimerowych o masie powierzchniowej od 50 g/m² do 200 g/m². Zadaniem tej warstwy jest zapobieganie zapadaniu się powierzchni wykonanej finalnie półmaski. Zapadanie zmniejsza powierzchnię przepływu powietrza i zwiększa opory wdechu powietrza,
- warstwy filtracyjnej z polimerowej włókniny filtracyjnej, wysokoskutecznej odpowiadającej za filtrację właściwą o masie powierzchniowej od 40 g/m² do 120 g/m²,
- warstwy włókniny osłonowej wykonanej z włókien polimerowych o masie powierzchniowej od 20 g/m² do 60 g/m² zawierającej cząstki środka pochłaniającego/absorbującego wilgoć o ziarnistości od 1 µm do 30 µm pochłaniającego pot z twarzy użytkownika,
- ewentualnie warstwy z gazy bawełnianej, korzystnie o masie powierzchniowej 24 g/m². Warstwa ta jest zastosowana dla poprawienia komfortu użytkownika.

Włókniny osłonowe i filtracyjna wykonane są z włókien polipropylenowych o wysokim wskaźniku pływnięcia ok. 800 g/10 minut techniką *melt-blown* w jednym procesie technologicznym.

Jako środek pochłaniający/absorbujący wilgoć korzystnie stosuje się superabsorbcyjny polimer SAP w postaci proszku.

Warstwy są połączone ze sobą techniką zgrzewania ultradźwiękowego lub przy pomocy zgrzewarek bębnowych.

Łączenie pojedynczych warstw stanowiących układ materiałów tekstylnych przy pomocy techniki zgrzewania ultradźwiękowego pozwala na dowolne rozmieszczenie zgrzein na powierzchni kompozytu. Jest to istotne dla projektowania sprzętu ochronnego wykonywanego z przedmiotowego kompozytu. Istotnym czynnikiem jest również fakt nie pogarszania własności filtracyjnych materiałów łączonych przy

pomocy tej technologii. W praktyce produkcyjnej można zastosować zgrzewanie wstęg warstw przy pomocy zgrzewarek bębnowych stosowanych w przemyśle np. do pikowania tkanin.

Kompozyt według wynalazku nadaje się do zastosowania w sprzęcie ochrony układu oddechowego, zwłaszcza do wytwarzania półmasek.

Przedmiot wynalazku pokazano na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia konstrukcję zaprojektowanego układu kompozytu w ujęciu schematycznym a Fig. 2 przedstawia sposób łączenia warstw.

Kompozyt składa się z warstw połączonych zgrzeinami **6** i składa się, licząc od strony wdychanego powietrza, z:

- pierwszej warstwy włókniny osłonowej **1** z ładunkiem elektrostatycznym umieszczonej od strony napływu powietrza wdychanego. Jest ona wykonana z włókien polipropylenowych, pomiędzy które wprowadzono cząstki środka pochłaniającego/absorbującego wilgoć (superabsorbcyjny polimer SAP w postaci proszku) o ziarnistości 250 μm – masa powierzchniowa 60 g/m^2 ,
- warstwy sztywnikowej **2** wykonanej z silnie kalandrowanej włókniny wykonanej z polimerowych włókien polipropylenowych o masie powierzchniowej 100 g/m^2 . Zadaniem tej warstwy jest zapobieganie zapadaniu się powierzchni półmasksi. Zapadanie zmniejsza powierzchnię przepływu powietrza i zwiększa opory wdechu powietrza,
- warstwy filtracyjnej **3** z polipropylenowej włókniny filtracyjnej, wysokoskutecznej odpowiadającej za filtrację właściwą o masie powierzchniowej ok. 90 g/m^2 ,
- warstwy włókniny osłonowej **4** wykonanej z włókien polipropylenowych, zawierającej cząstki środka pochłaniającego/absorbującego wilgoć (superabsorbcyjny polimer SAP w postaci proszku) o ziarnistości 30 μm pochłaniającego pot z twarzy użytkownika – masa powierzchniowa ok. 25 g/m^2 ,
- warstwy **5** z gazy bawełnianej o masie powierzchniowej 24 g/m^2 . Warstwa ta jest zastosowana dla poprawienia komfortu użytkownika.

Włókniny osłonowe **1** i **4** i filtracyjna **3** wykonane są z włókien polipropylenowych o wysokim wskaźniku pływnięcia ok. 800 $\text{g}/10$ minut techniką *melt-blown* w jednym procesie technologicznym.

Warstwy są połączone ze sobą techniką zgrzewania ultradźwiękowego. Z tak wytworzonego kompozytu wykonano półmaskę filtrującą typu płaskiego z zaworem wydechowym. Badania przeprowadzono w kopalni w ciężkich warunkach pracy.

Na podstawie wymagań projektu norm międzynarodowych ISO/DIS 16973:2011, ISO/CD 17420-2:2013 model półmasksi filtrującej można zakwalifikować do klasy ochrony F3W3, dla której skuteczność filtracji jest $\geq 99\%$ i może być stosowana do wyjątkowo ciężkiej pracy. W badaniach użytkowych przeprowadzonych w kopalni, gdzie panują warunki wysokich temperatur ok. $27 \pm 2^\circ\text{C}$ i względnej wilgotności powietrza $90 \pm 10\%$ wykazano, że półmaska nie ulega rozszczelnieniu pod wpływem wilgoci, w miejscach przylegania półmasksi do twarzy, nie powstawały odgniecenia i podrażnienia skóry oraz półmaska nie wydzielala ostrych i nieprzyjemnych zapachów. Była wygodna w użytkowaniu i chłonięła pot z twarzy użytkownika.

Zastrzeżenia patentowe

1. Wielofunkcyjny kompozyt włókninowy do zastosowania w sprzęcie ochrony układu oddechowego, **znamienny tym**, że składa się z warstw połączonych zgrzeinami (**6**) i składa się, licząc od strony wdychanego powietrza, z:
 - pierwszej warstwy włókniny osłonowej z ładunkiem elektrostatycznym wykonanej z włókien polimerowych o masie powierzchniowej od 30 g/m^2 do 80 g/m^2 , pomiędzy które wprowadzono cząstki środka pochłaniającego/absorbującego wilgoć z powietrza o ziarnistości od 10 μm do 300 μm ,
 - warstwy sztywnikowej wykonanej z silnie kalandrowanej włókniny wykonanej z włókien polimerowych o masie powierzchniowej od 50 g/m^2 do 200 g/m^2 ,
 - warstwy filtracyjnej z polimerowej włókniny filtracyjnej wysokoskutecznej o masie powierzchniowej od 40 g/m^2 do 120 g/m^2 ,
 - warstwy włókniny osłonowej wykonanej z włókien polimerowych masie powierzchniowej od 20 g/m^2 do 60 g/m^2 zawierającej cząstki środka pochłaniającego/absorbującego wilgoć o ziarnistości od 1 μm do 30 μm ,

a włókniny osłonowe (1) i (4) i filtracyjna (3) wykonane są z włókien polipropylenowych o wysokim wskaźniku płynięcia ok. 800 g/10 minut techniką *melt-blown* w jednym procesie technologicznym przy czym wszystkie warstwy są połączone ze sobą.

2. Kompozyt według zastrz. 1, **znamienny tym**, że od strony użytkownika znajduje się warstwa (5) z gazy bawełnianej.
3. Kompozyt według zastrz. 2, **znamienny tym**, że warstwa (5) z gazy bawełnianej ma masę powierzchniową 24 g/m².
4. Kompozyt według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że jako środek pochłaniający/absorbujący wilgoć stosuje się superabsorbcyjny polimer SAP w postaci proszku.
5. Kompozyt według zastrz. 1 albo 2, **znamienny tym**, że warstwy połączone są ze sobą techniką zgrzewania ultradźwiękowego.

Rysunki

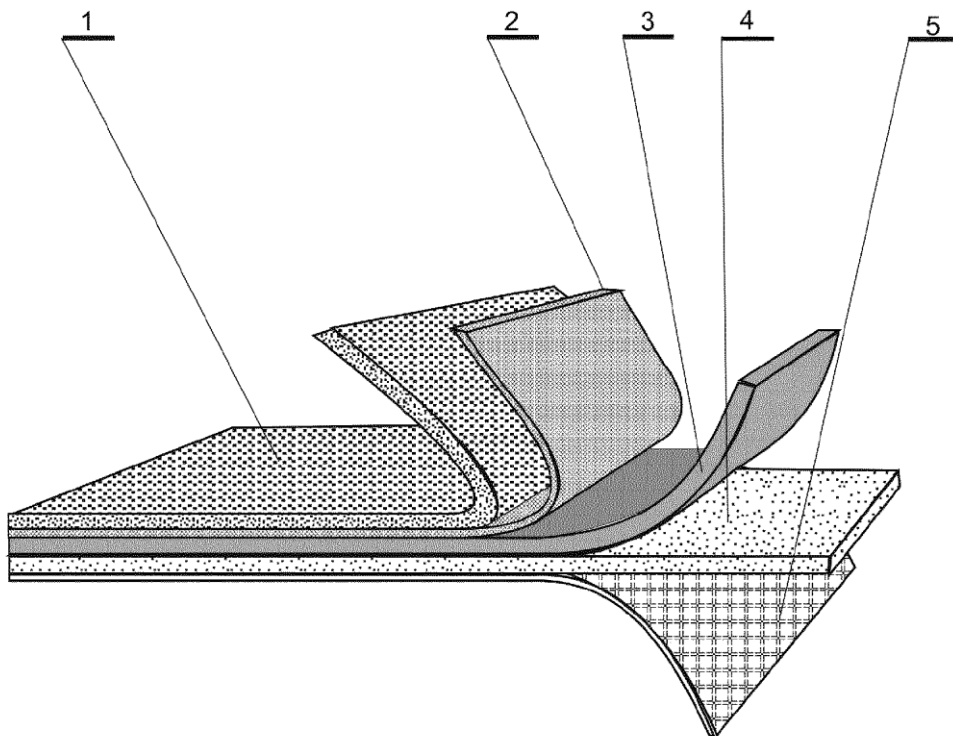


Fig. 1

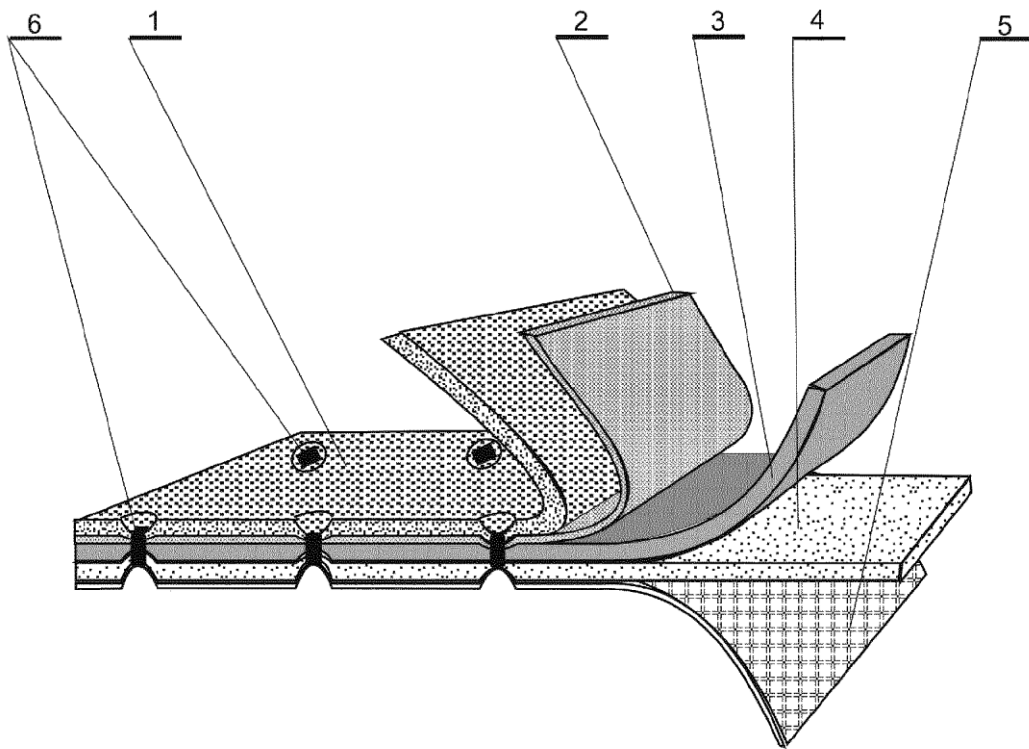


Fig. 2

