



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000023711
Data Deposito	14/09/2021
Data Pubblicazione	14/03/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	01	D	39	08

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	41	D	13	11

Titolo

PRODOTTO TESSILE FILTRANTE

PRODOTTO TESSILE FILTRANTE

DESCRIZIONE

CAMPO TECNICO

La presente invenzione si riferisce al settore dei prodotti tessili filtranti, impiegati per la filtrazione dell'aria, ad esempio per la realizzazione di mascherine per la protezione individuale. L'invenzione riguarda inoltre una mascherina per la protezione individuale comprendente tale prodotto tessile
5 filtrante. Infine, l'invenzione riguarda un metodo per ottenere tale prodotto tessile filtrante.

STATO DELL'ARTE

È ampiamente noto l'uso di mascherine protettive, finalizzato a proteggere le persone in alcune condizioni potenzialmente rischiose. Nel seguito si farà riferimento innanzitutto alle mascherine di tessuto, le più semplici e le
10 prime ad essere introdotte, e quindi alle mascherine chirurgiche, che ne rappresentano un'evoluzione.

Semplici mascherine di tessuto furono impiegate, ad esempio dagli operatori sanitari, fino agli anni '60 del XX secolo. Tali mascherine di tessuto, hanno il vantaggio di poter essere realizzate in modo semplice e con materiali
15 economici di larga diffusione. Inoltre, tali mascherine possono essere lavate e utilizzate più e più volte e, quando siano realizzate con tessuti in fibre naturali, non rappresentano una minaccia per l'ambiente. Il principale svantaggio delle mascherine di tessuto è stato individuato quando, applicando un approccio più rigoroso e scientifico alla protezione individuale, si è notato che le particelle di
20 molti contaminanti e di molti agenti patogeni in sospensione nell'aria sono spesso più piccole dei varchi lasciati liberi dal tessuto della mascherina stessa. Per questo motivo l'azione filtrante del tessuto non è ottimale.

Per superare tale inconveniente, sono state introdotte le cosiddette mascherine chirurgiche che, rispetto alle mascherine di tessuto, consentono un
25 grado di filtrazione maggiore e, soprattutto, garantiscono alcuni standard fissati da apposite normative. Per ottenere tali scopi, le mascherine chirurgiche sono realizzate in microfibre polimeriche, solitamente di polipropilene (PP). Tale struttura consente di ridurre drasticamente le dimensioni medie dei varchi lasciati liberi per il passaggio dell'aria, ottenendo così un'ottima azione filtrante,

anche rispetto a contaminanti e agenti patogeni molto piccoli.

Le semplici mascherine di tessuto hanno avuto nuovamente una grande diffusione in occasione della pandemia di COVID-19, soprattutto nei primi mesi del 2020, quando in molti paesi la fornitura di mascherine chirurgiche era appena
5 sufficiente a soddisfare le esigenze del personale sanitario. Le mascherine chirurgiche non potevano dunque essere garantite ad ampie porzioni della popolazione e il ricorso alle mascherine di tessuto ha rappresentato una ottima soluzione di compromesso per affrontare l'emergenza.

Lo scopo delle mascherine di protezione può essere considerato duplice.
10 Da un lato, lo scopo per il quale erano state introdotte originariamente le mascherine era quello di proteggere le vie aeree dell'utilizzatore da contaminanti esterni presenti in sospensione nell'aria. Successivamente si è compreso che l'uso della mascherina è estremamente importante anche, al contrario, per evitare che l'utilizzatore diffonda nell'ambiente esterno goccioline respiratorie e aerosol che
15 possono contenere agenti patogeni, come batteri o virus.

Questa doppia funzione delle mascherine è particolarmente utile nel caso in cui, come avviene con il COVID-19, vi è una percentuale rilevante di persone infette ma asintomatiche, le quali possono spesso diffondere il virus in modo del tutto inconsapevole. In tali condizioni l'uso diffuso della mascherina tra la
20 popolazione, facilitato dal fatto che l'utilizzatore la percepisce come una protezione per sé stesso, consente di limitare fortemente la diffusione del virus.

Anche le mascherine chirurgiche, benché ampiamente apprezzate, non sono esenti da svantaggi. Un primo svantaggio riguarda il fatto che tali mascherine sono considerate monouso. Dopo un uso complessivo pari ad un
25 turno di circa otto ore, si consiglia di buttare la mascherina e di indossarne una nuova. Tale pratica è ampiamente assodata e raccomandabile nell'ambito sanitario al quale era originariamente confinato l'uso di tali mascherine. In tale ambito infatti sono predisposti appositi canali di smaltimento controllato di tutto il materiale, comprese le mascherine potenzialmente infette. Al contrario, l'uso
30 di mascherine monouso ha avuto un impatto enorme a livello ambientale quando si è diffuso a buona parte della popolazione, spesso poco attenta al corretto smaltimento delle mascherine usate.

Purtroppo, negli anni 2020 e 2021 si è assistito ad una massiccia dispersione di mascherine chirurgiche nell'ambiente, con immediati effetti

- 3 -

negativi soprattutto sulla fauna. Inoltre, poiché le mascherine chirurgiche sono realizzate in polimero (solitamente polipropilene) e non sono quindi biodegradabili, tali effetti negativi sono destinati a durare a lungo e a diffondersi globalmente a tutto l'ecosistema.

- 5 È dunque sentita l'esigenza di un prodotto tessile filtrante migliorato che consenta di realizzare mascherine con un impatto ambientale ridotto o nullo.

SCOPI E RIASSUNTO DEL TROVATO

È scopo della presente invenzione quello di superare gli inconvenienti della tecnica nota.

- 10 In particolare, un compito della presente invenzione è quello di rendere disponibile un prodotto tessile filtrante che garantisca prestazioni analoghe o migliori rispetto ai tessuti filtranti della tecnica nota, e che al tempo stesso rappresenti una minaccia minima o nulla per l'ambiente, anche nel caso di uno smaltimento non corretto.

- 15 Inoltre, un compito della presente invenzione è quello di rendere disponibile un prodotto tessile filtrante che sia di semplice utilizzo per la realizzazione di mascherine o altri dispositivi di protezione individuale.

- Un ulteriore compito della presente invenzione è quello di rendere disponibile un prodotto tessile filtrante migliorato che sia sufficientemente
20 robusto per consentire un uso continuativo e ripetuto.

Ancora, un compito della presente invenzione è quello di rendere disponibile una mascherina comprendente un prodotto tessile filtrante migliorato.

- Infine, un compito della presente invenzione è quello di rendere
25 disponibile un metodo per produrre un prodotto tessile filtrante migliorato.

Questi e altri scopi e compiti della presente invenzione sono raggiunti mediante un prodotto tessile filtrante, una mascherina e un metodo in accordo con le rivendicazioni allegate, le quali formano parte integrante della presente descrizione.

- 30 In accordo con un primo aspetto, l'invenzione riguarda un prodotto tessile per la realizzazione di dispositivi per la filtrazione dell'aria, comprendente:

- 4 -

- uno strato di supporto comprendente filati di cotone intessuti tra loro; e

- uno strato filtrante comprendente nanofibre di un polimero selezionato tra polivinilidenefluoruro (PVDF) e poli-idrossialcanoato (PHA), in cui le nanofibre sono disposte in modo casuale.

- 5 In accordo con alcune forme di realizzazione, lo strato filtrante è realizzato in poli- β -idrossibutirrato (PHB).

Preferibilmente lo strato filtrante è realizzato tramite elettrofilatura senza ago (*needleless electrospinning*).

- 10 In accordo con alcune forme di realizzazione, lo strato filtrante è realizzato in polivinilidenefluoruro (PVDF). Preferibilmente tra lo strato di supporto e lo strato filtrante, è interposto uno strato di adesione comprendente microgocce di polivinilidenefluoruro (PVDF).

Preferibilmente lo strato di adesione è realizzato tramite elettrospruzzatura (*electrospray*).

- 15 In accordo con alcune forme di realizzazione, il prodotto tessile comprende inoltre uno strato di protezione comprendente filati di cotone intessuti tra loro, in cui lo strato filtrante è compreso tra lo strato di supporto e lo strato di protezione.

- 20 In un secondo aspetto, l'invenzione riguarda una mascherina di protezione destinata a coprire naso e bocca dell'utilizzatore, in cui almeno una porzione comprende un prodotto tessile in accordo con una o più delle forme di realizzazione descritte sopra.

In un terzo aspetto, l'invenzione riguarda un metodo per realizzare un prodotto tessile, comprendente le fasi di:

- 25 - Predisporre un dispositivo per l'elettrofilatura senza ago comprendente:
- un serbatoio,
 - uno *spinneret* configurato per attingere al serbatoio, e
 - un collettore;
- 30 in cui la distanza tra il collettore e lo *spinneret* è compresa tra 120 mm e 350 mm;
- Predisporre nel serbatoio una soluzione di un polimero scelto tra polivinilidenefluoruro (PVDF) e poli-idrossialcanoato (PHA);

- 5 -

- Predisporre sul collettore uno strato di supporto comprendente filati di cotone intessuti tra loro;
- Applicare tra lo *spinneret* e il collettore una differenza di potenziale compresa tra 65 kV e 100 kV;
- 5 - Alimentare la soluzione allo *spinneret*; e
- Attendere un tempo di deposizione compreso tra circa 30 secondi e circa 240 secondi.

In accordo con alcune forme di realizzazione, il metodo comprende inoltre le fasi preliminari di:

- 10 - Predisporre un dispositivo per l'elettrospruzzatura comprendente:
 - un serbatoio,
 - uno *spinneret* configurato per attingere al serbatoio, e
 - un collettore;in cui la distanza tra il collettore e lo *spinneret* è compresa tra 230 mm e
- 15 270 mm;
- Predisporre nel serbatoio una soluzione di poli-vinildenfluoruro (PVDF);
- Predisporre sul collettore uno strato di supporto comprendente filati di cotone intessuti tra loro;
- Applicare tra lo *spinneret* e il collettore una differenza di potenziale
- 20 compresa tra 65 kV e 90 kV;
- Alimentare la soluzione di PVDF allo *spinneret*; e
- Attendere un tempo di deposizione compreso tra circa 30 secondi e circa 120 secondi.

25 Ulteriori caratteristiche e scopi della presente invenzione appariranno maggiormente chiari dalla descrizione che segue.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

L'invenzione verrà descritta qui di seguito con riferimento ad alcuni esempi, forniti a scopo esplicativo e non limitativo, e illustrati nei disegni annessi. Questi disegni illustrano differenti aspetti e forme di realizzazione della presente

30 invenzione e, dove appropriato, numeri di riferimento illustranti strutture, componenti, materiali e/o elementi simili in differenti figure sono indicati da numeri di riferimento similari.

La Figura 1 mostra schematicamente una sezione di un prodotto tessile in accordo con una forma di realizzazione dell'invenzione;

- 6 -

La Figura 2 mostra schematicamente una sezione di un prodotto tessile in accordo con un'altra forma di realizzazione dell'invenzione;

La Figura 3 mostra schematicamente un processo di elettrofilatura senza ago, impiegato in alcune forme di realizzazione dell'invenzione;

5 La Figura 4 mostra schematicamente un altro processo di elettrofilatura senza ago, impiegato in alcune forme di realizzazione dell'invenzione;

La Figura 5 mostra schematicamente un processo di elettrospruzzatura, impiegato in alcune forme di realizzazione dell'invenzione; e

10 La Figura 6 mostra schematicamente una mascherina in accordo con l'invenzione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

15 Mentre l'invenzione è suscettibile di varie modifiche e costruzioni alternative, alcune forme di realizzazione preferite sono mostrate nei disegni e saranno descritte qui di seguito in dettaglio. Si deve intendere, comunque, che non vi è alcuna intenzione di limitare l'invenzione alla specifica forma di realizzazione illustrata, ma, al contrario, l'invenzione intende coprire tutte le modifiche, costruzioni alternative, ed equivalenti che ricadano nell'ambito dell'invenzione come definito nelle rivendicazioni.

20 L'uso di "a esempio", "ecc", "oppure" indica alternative non esclusive senza limitazione a meno che non altrimenti indicato. L'uso di "include" significa "include, ma non limitato a" a meno che non sia altrimenti indicato.

Viene descritto di seguito un prodotto tessile filtrante per la realizzazione di dispositivi per la filtrazione dell'aria in accordo con l'invenzione, indicato nel suo complesso con 10.

25 Il prodotto tessile 10 dell'invenzione comprende:

- uno strato di supporto 12 comprendente filati di cotone intessuti tra loro; e
- uno strato filtrante 14 comprendente nanofibre 16 di un polimero selezionato tra poli-vinildenfluoruro (PVDF) e poli-idrossialcanoato (PHA), in cui le nanofibre 16 sono disposte in modo casuale.

Lo strato di supporto 12 è preferibilmente un tessuto tradizionale, per ottenere il quale i filati di cotone sono intessuti tra loro mediante un telaio. Qui e di seguito con il termine “filato” si intende un filo del tipo comunemente impiegato nell’industria tessile, in particolare costituito da un insieme di fibre di cotone 5 tenute assieme da una torsione. Nella realizzazione dello strato di supporto 12, filati di cotone sono impiegati per predisporre l’ordito e la trama e sono poi intessuti tra loro in modo ampiamente noto alla persona esperta. Nella struttura del tessuto tradizionale, ciascun filato (ad esempio di trama) è mantenuto nella propria posizione grazie al passaggio alternato al di sopra e al di sotto di altri 10 filati (nell’esempio i filati dell’ordito). In modo in sé ampiamente noto, questo tipo di struttura conferisce al tessuto tradizionale nel suo complesso le caratteristiche meccaniche desiderate. In modo in sé noto dunque, in una vista in pianta, i filati dello strato di supporto 12 sono disposti lungo due direzioni principali perpendicolari tra loro.

15 Lo strato filtrante 14 è preferibilmente un tessuto-non-tessuto (TNT) nel quale ciascuna nanofibra 16 ha un andamento casuale e non definisce alcuna direzione principale. Una nanofibra 16 ha tipicamente un diametro compreso tra circa 100 nm e circa 1000 nm, preferibilmente tra circa 250 nm e circa 700 nm. A differenza di quanto avviene in un tessuto tradizionale, nella struttura del TNT, 20 ciascuna nanofibra 16 è mantenuta nella propria posizione grazie all’adesione superficiale con le altre nanofibre 16 nei numerosi punti di contatto. In modo in sé noto, questo tipo di struttura conferisce al TNT nel suo complesso le caratteristiche meccaniche desiderate.

Preferibilmente, lo strato filtrante 14 è realizzato tramite elettrofilatura senza ago, 25 o *needleless electrospinning*. In accordo con tale metodo di produzione, in sé noto alla persona esperta, viene predisposto un polimero in forma liquida, ad esempio fuso o disciolto in un solvente. Quindi la soluzione 18 di polimero liquido viene attinta tramite un primo elettrodo detto *spinneret* 20, posto in prossimità di un secondo elettrodo che funge da bersaglio, detto collettore 22. La differenza di 30 potenziale tra i due elettrodi attira via via piccole quantità di polimero che, avvicinandosi al collettore 22, si stirano e si solidificano formando le nanofibre 16. Le forze che agiscono a livello microscopico sul polimero mentre si solidifica, determinano un andamento casuale delle nanofibre 16. Nell’elettrofilatura tradizionale, lo *spinneret* 20 è costituito da una sorta di ago che rilascia la 35 soluzione 18 di polimero liquido verso il collettore 22; nell’elettrofilatura senza ago, che rappresenta la scelta preferita per la presente invenzione, lo *spinneret* 20

assume forme diverse. Ad esempio, nel caso dell'elettrofilatura senza ago dei poli-idrossialcanoati (PHA, ad esempio PHB), è preferibile predisporre uno *spinneret* 20 con una superficie relativamente ampia che viene costantemente bagnata da un film di soluzione 18 di polimero liquido. Si veda a questo proposito lo schema di figura 3. Diversamente, nel caso dell'elettrofilatura senza ago del poli-vinildenfluoruro (PVDF), è preferibile predisporre uno *spinneret* 20 "a flauto", costituito da un tubo comprendente una schiera di fori diretti verso il collettore 22. Si veda a questo proposito lo schema di figura 4. Alcune possibili forme di realizzazione degli apparati e dei metodi impiegati per la produzione dello strato filtrante 14 sono descritte oltre in maggior dettaglio.

Come accennato sopra, lo strato filtrante 14 può essere realizzato in poli-vinildenfluoruro (PVDF) o in un polimero appartenente alla classe dei poli-idrossialcanoati. Entrambe le tipologie di polimero sono adatte alla lavorazione mediante elettrofilatura senza ago. I poli-idrossialcanoati sono biopolimeri poliesteri sintetizzati da batteri per fermentazione di zuccheri o lipidi. I polimeri di questa tipologia offrono il vantaggio di essere resistenti come le plastiche di sintesi di essere al tempo stesso biodegradabili. Uno dei poli-idrossialcanoati particolarmente adatti all'impiego nell'invenzione è il poli- β -idrossibutirrato (PHB).

Preferibilmente le nanofibre 16 dello strato filtrante 14 aderiscono alle fibre che costituiscono i filati dello strato di supporto 12, in modo tale da far aderire lo strato filtrante 14 allo strato di supporto 12. In altre parole, la stessa adesione superficiale tra le nanofibre 16, che viene sfruttata per creare il TNT, viene impiegata anche per far aderire il TNT al tessuto tradizionale dello strato di supporto 12.

In accordo con una forma di realizzazione dell'invenzione, lo strato filtrante 14 è realizzato in PVDF e tra lo strato di supporto 12 e lo strato filtrante 14 è interposto uno strato di adesione 24, comprendente microgocce 26 di PVDF. Le microgocce 26 di PVDF sono delle strutture globulari discrete, separate tra loro. Una microgoccia 26 ha tipicamente un diametro compreso tra circa 100 nm e circa 600 nm, preferibilmente tra circa 200 nm e circa 400 nm. Preferibilmente le microgocce 26 aderiscono ai filati dello strato di supporto 12 formando dei punti di ancoraggio preferenziali per le nanofibre 16 dello strato filtrante 14. Infatti, da un lato le microgocce 26 garantiscono un'adesione migliore alle fibre tessili, rispetto alle nanofibre 16, poiché offrono una maggior superficie di contatto.

D'altro lato, l'adesione delle nanofibre 16 alle microgocce 26 è migliore grazie all'affinità chimica del materiale. In questo modo la presenza dello strato di adesione 24 migliora l'adesione tra lo strato di supporto 12 e lo strato filtrante 14.

5 Preferibilmente lo strato di adesione 24 è realizzato tramite elettrospruzzatura, o *electrospray*. Tale metodo di produzione, schematizzato in figura 5 e in sé noto alla persona esperta, è simile all'elettrofilatura descritta sopra con riferimento alla figura 4. La differenza più importante risiede nel fatto che nell'elettrospruzzatura si impiega una soluzione liquida in cui la densità di polimero è inferiore, per cui le molecole non possono formare lunghe catene come nelle nanofibre 16; a motivo
10 della densità minore, le molecole si raggruppano a formare le microgocce 26. Alcune possibili forme di realizzazione del metodo impiegato per la produzione dello strato di adesione 24 sono descritte oltre in maggior dettaglio.

In accordo con alcune possibili forme di realizzazione, il prodotto tessile 10 dell'invenzione comprende inoltre uno strato di protezione (non mostrato)
15 comprendente filati di cotone intessuti tra loro, in cui lo strato filtrante 14 è compreso tra lo strato di supporto 12 e lo strato di protezione.

Preferibilmente lo strato di protezione è realizzato in modo analogo allo strato di supporto 12, ad esempio tramite tessitura di filati di cotone.

Vantaggiosamente due prodotti tessili 10 dell'invenzione, ciascuno
20 comprendente uno strato di supporto 12 e uno strato filtrante 14, possono essere accoppiati mettendo a contatto tra loro i due strati filtranti 14. In questo modo viene aumentato il potere filtrante e ciascuno dei due strati di supporto 12 può svolgere anche la funzione dello strato di protezione.

In accordo con un secondo aspetto, l'invenzione riguarda una mascherina 28 di
25 protezione destinata a coprire naso e bocca dell'utilizzatore, in cui almeno una porzione comprende un prodotto tessile 10 in accordo con quanto descritto sopra. La mascherina 28, in modo in sé noto, può essere interamente realizzata con il prodotto tessile 10 dell'invenzione oppure, come schematizzato in figura 6, può comprendere una struttura facciale riutilizzabile 30 e una porzione filtrante
30 intercambiabile 32, in cui la porzione filtrante intercambiabile 32 è realizzata con il prodotto tessile 10 dell'invenzione. Vantaggiosamente, la struttura facciale riutilizzabile 30 può essere realizzata con materiali lavabili ed elastici per aumentare la comodità d'impiego, come ad esempio gomma naturale o silicone. Alla mascherina 28 dell'invenzione, in modo in sé noto, possono essere aggiunti

- 10 -

vantaggiosamente lacci o elastici 34 adatti a mantenere la mascherina 28 nella posizione d'uso corretta sul volto dell'utilizzatore.

Preferibilmente le superfici esterne della mascherina 28 comprendono solamente filati di cotone. Ad esempio, la mascherina 28 può comprendere uno strato di
5 supporto 12 in cotone sul quale è applicato uno strato filtrante 14 in polimero (PVDF, PHA o PHB) e uno strato di protezione in cotone, in cui lo strato filtrante 14 è compreso tra lo strato di supporto 12 e lo strato di protezione. In tal modo all'esterno della mascherina 28 si trova solamente cotone. In alternativa, la
10 mascherina 28 può comprendere due prodotti tessili 10, in ciascuno dei quali su uno strato di supporto 12 in cotone è applicato uno strato filtrante 14 in polimero; i due prodotti tessili 10 sono accoppiati mettendo a contatto tra loro i due strati filtranti 14. Anche in tal modo all'esterno della mascherina 28 si trova solamente cotone.

In accordo con un terzo aspetto, l'invenzione riguarda un metodo per realizzare
15 un prodotto tessile 10 in accordo con quanto descritto sopra. Il metodo dell'invenzione comprende le fasi di:

- Predisporre un dispositivo 36 per l'elettrofilatura senza ago comprendente:
 - un serbatoio 38,
 - 20 - uno *spinneret* 20 configurato per attingere al serbatoio 38, e
 - un collettore 22;in cui la distanza tra il collettore 22 e lo *spinneret* 20 è compresa tra 120 mm e 350 mm;
- Predisporre nel serbatoio 38 una soluzione di un polimero scelto tra poli-
25 vinildenfluoruro (PVDF) e poli-idrossialcanoato (PHA);
- Predisporre sul collettore 22 uno strato di supporto 12 comprendente filati di cotone intessuti tra loro;
- Applicare tra lo *spinneret* 20 e il collettore 22 una differenza di potenziale compresa tra 65 kV e 100 kV;
- 30 - Alimentare la soluzione allo *spinneret* 20; e
- Attendere un tempo di deposizione compreso tra circa 30 secondi e circa 240 secondi.

Di seguito vengono forniti alcuni dettagli relativi a diverse possibili forme di realizzazione dell'invenzione.

I dispositivi 36 per l'elettrofilatura senza ago sono in sé noti alla persona esperta. In accordo con alcune forme di realizzazione, che nell'ambito dell'invenzione sono impiegate preferibilmente per filare i poli-idrossialcanoati, lo *spinneret* 20 è costituito da un corpo rotante che immergendosi nella soluzione 18 di polimero contenuta nel serbatoio 38 si ricopre di un film liquido e lo avvicina al collettore 22. Preferibilmente, come ad esempio nella realizzazione di figura 3, lo *spinneret* 20 è un cilindro liscio. In accordo con altre forme di realizzazione, che nell'ambito dell'invenzione sono impiegate preferibilmente per filare il poli-vinildenfluoruro, lo *spinneret* 20 è del tipo "a flauto" costituito cioè da un tubo comprendente una schiera di fori diretti verso il collettore 22. Un circuito in pressione alimenta la soluzione 18 di polimero dal serbatoio 38 allo *spinneret* 20 in modo che la soluzione 18 di polimero esca dai fori e sia quindi attratta dal collettore 22.

Il collettore 22 è costituito preferibilmente da un cilindro rotante sul quale viene disteso lo strato di supporto 12 del prodotto tessile 10. La rotazione del collettore 22 consente di distribuire il polimero sull'intera superficie dello strato di supporto 12.

Il polimero, PVDF o PHA, è preferibilmente disciolto in uno o più solventi. I solventi impiegati nel metodo dell'invenzione devono essere in grado, oltre a sciogliere il polimero, di evaporare mentre il polimero percorre la distanza tra lo *spinneret* 20 e lo strato di supporto 12 predisposto sul collettore 22. Alcuni solventi adatti all'uso con il PVDF sono l'acetone e il dimetilsolfossido (DMSO); preferibilmente è impiegata una miscela dei due solventi, ad esempio in una proporzione 1:1 contenente cioè metà acetone, e metà DMSO. Preferibilmente il PVDF viene disciolto a caldo, cioè il solvente o la miscela di solventi, sono riscaldati ad una temperatura di circa 60°.

Alcuni solventi adatti all'uso con il PHA sono l'esafluoroisopropanolo (HFIP), il dimetilformammide (DMF) e l'acqua; preferibilmente è impiegata una miscela dei tre solventi, ad esempio in una proporzione 8:1:1 contenente cioè 8 parti di HFIP, una parte di DMF e una parte d'acqua.

Nel processo di elettrofilatura senza ago, è preferibile che la soluzione 18 contenga una quantità di polimero compresa tra il 6% e il 9% di polimero. Con questa composizione della soluzione, le molecole di polimero sono in grado di unirsi tra loro a formare delle lunghe catene che, una volta evaporati i solventi, formano le nanofibre 16.

- 12 -

Lo strato di supporto 12, del tipo descritto precedentemente in relazione al prodotto tessile 10, viene preferibilmente predisposto sul collettore 22 in modo da rimanere disteso, senza pieghe, durante la deposizione. Il processo di elettrofilatura senza ago depone nanofibre 16 di polimero che formano lo strato filtrante 14 descritto precedentemente.

In accordo con alcune forme di realizzazione dell'invenzione, il metodo comprende le fasi preliminari di:

- Predisporre un dispositivo 36 per l'elettrospruzzatura comprendente:
 - un serbatoio 38,
 - uno *spinneret* 20 configurato per attingere al serbatoio 38, e
 - un collettore 22;
 in cui la distanza tra il collettore 22 e lo *spinneret* 20 è compresa tra 230 mm e 270 mm;
- Predisporre nel serbatoio 38 una soluzione 18 di poli-vinildenfluoruro (PVDF);
- Predisporre sul collettore 22 uno strato di supporto 12 comprendente filati di cotone intessuti tra loro;
- Applicare tra lo *spinneret* 20 e il collettore 22 una differenza di potenziale compresa tra 65 kV e 90 kV;
- Alimentare la soluzione 18 di PVDF allo *spinneret* 20; e
- Attendere un tempo di deposizione compreso tra circa 30 secondi e circa 120 secondi.

Il processo di elettrospruzzatura depone sullo strato di supporto 12 una quantità di microgocce 26 di polimero che formano lo strato di adesione 24 descritto precedentemente. Successivamente, lo strato di supporto 12 con lo strato di adesione 24 può essere vantaggiosamente impiegato nel metodo descritto precedentemente, avendo cura di posizionare lo strato di supporto 12 sul collettore 22 in modo tale che lo strato di adesione 24 sia disposto verso lo *spinneret* 20.

Di seguito vengono descritti alcuni esempi preferiti del metodo dell'invenzione.

Per poter apprezzare i dati sperimentali relativi alle prestazioni ottenute tramite l'invenzione, si consideri quanto segue.

- 13 -

Questa particolare forma di realizzazione garantisce delle buone prestazioni in termini di respirabilità e di filtrazione.

Per garantire una buona respirabilità nell'uso, la normativa UNI di riferimento (UNI EN 14683:2019, punto 5.2.7) richiede che la differenza di pressione ΔP introdotta da un prodotto filtrante sia inferiore ai 40 Pa/cm².

Per garantire invece una buona protezione dagli agenti patogeni, la normativa UNI di riferimento (UNI EN 14683:2019, punto 5.2.7) richiede che un prodotto filtrante garantisca una efficienza di filtrazione batterica (*Bacterial Filtration Efficiency*, BFE) maggiore del 95% per alcune classi di prodotti e maggiore del 98% per altre classi di prodotti.

ESEMPIO 1

È stata preparata una miscela di solventi comprendente HFIP, DMF e acqua nelle proporzioni 8:1:1. Nella miscela è stato disciolto PHB fino ad ottenere una soluzione 18 con una concentrazione del 7%. Il dispositivo 36 per l'elettrofilatura senza ago è stato predisposto in modo tale che tra lo *spinneret* 20 e il collettore 22 vi fosse una distanza di 160 mm. Sul collettore 22 è stato disposto un tessuto di cotone destinato a svolgere la funzione di strato di supporto 12. Tra lo *spinneret* 20 e il collettore 22 è stata applicata una differenza di potenziale di circa 95 kV, mentre lo *spinneret* 20 a cilindro pieno veniva messo in rotazione ad una velocità di circa 160 giri al minuto. Si è atteso un tempo di deposizione pari a 60 secondi.

In questo modo sullo strato di supporto 12 sono state deposte nanofibre 16 di PHB a formare lo strato filtrante 14. Il campione così ottenuto presenta una buona adesione tra le nanofibre 16 e lo strato di supporto 12 in cotone.

È stata condotta una campagna sperimentale su un numero significativo di campioni di prodotto tessile 10 ottenuto in accordo con l'Esempio 1. La differenza di pressione ΔP misurata sperimentalmente è pari a 14,2 Pa/cm², mentre l'efficienza di filtrazione batterica (BFE) misurata sperimentalmente è pari al 90,3%.

Si noti che il prodotto tessile 10 ottenuto nell'Esempio 1 è completamente biodegradabile.

ESEMPIO 2

- 14 -

È stata preparata una miscela di solventi comprendente acetone e DMSO nelle proporzioni 1:1 ed è stata riscaldata a 60°C. In una prima quantità di miscela di solventi è stato disciolto PVDF fino ad ottenere una soluzione 18 con una concentrazione del 4%. Il dispositivo 36 per l'elettrospruzzatura è stato
5 predisposto in modo tale che tra lo *spinneret* 20 e il collettore 22 vi fosse una distanza di 250 mm. Sul collettore 22 è stato disposto un tessuto di cotone destinato a svolgere la funzione di strato di supporto 12. Tra lo *spinneret* 20 e il collettore 22 è stata applicata una differenza di potenziale di circa 78 kV, mentre lo *spinneret* 20 a flauto veniva alimentato dal circuito in pressione. Si è atteso un
10 tempo di deposizione pari a 60 secondi. In questo modo sullo strato di supporto 12 sono state deposte microgocce 26 di PVDF a formare lo strato di adesione 24.

In una seconda quantità di miscela di solventi è stato disciolto PVDF fino ad ottenere una soluzione 18 con una concentrazione del 8%. Il dispositivo 36 per l'elettrofilatura senza ago è stato predisposto in modo tale che tra lo *spinneret* 20
15 e il collettore 22 vi fosse una distanza di 300 mm. Sul collettore 22 è stato disposto il tessuto di cotone trattato precedentemente, con lo strato di adesione 24 rivolto verso lo *spinneret* 20. Tra lo *spinneret* 20 e il collettore 22 è stata applicata una differenza di potenziale di circa 78 kV, mentre lo *spinneret* 20 a flauto veniva alimentato dal circuito in pressione. Si è atteso un tempo di deposizione pari a
20 120 secondi. In questo modo sullo strato di adesione 24 sono state deposte nanofibre 16 di PVDF a formare lo strato filtrante 14. Il campione così ottenuto presenta una buona adesione tra le nanofibre 16 e lo strato di supporto 12 in cotone.

È stata condotta una campagna sperimentale su un numero significativo
25 di campioni di prodotto tessile 10 ottenuto in accordo con l'Esempio 2. La differenza di pressione ΔP misurata sperimentalmente è pari a 13,3 Pa/cm², mentre l'efficienza di filtrazione batterica (BFE) misurata sperimentalmente è pari al 95,6%.

ESEMPIO 3

Un prodotto tessile 10 è stato ottenuto da due prodotti tessili 10
30 dell'Esempio 2 accoppiati mettendo a contatto tra loro i due strati filtranti 14. È stata condotta una campagna sperimentale su un numero significativo di campioni di prodotto tessile 10 ottenuto in accordo con l'Esempio 3. La differenza di pressione ΔP misurata sperimentalmente è pari a 16,7 Pa/cm², mentre
35 l'efficienza di filtrazione batterica (BFE) misurata sperimentalmente è pari al

98,7%.

Si noti che i prodotti tessili 10 ottenuti negli Esempi 2 e 3 non sono completamente biodegradabili, ma la massa di polimero non biodegradabile è limitata a circa l'1% della massa totale, mentre la massa restante è rappresentata da cotone.

Come la persona esperta può ben comprendere, la presente invenzione supera gli inconvenienti della tecnica nota.

In particolare, la presente invenzione rende disponibile un prodotto tessile 10 filtrante che garantisce prestazioni analoghe o migliori rispetto ai tessuti filtranti della tecnica nota, e che al tempo stesso rappresenta una minaccia minima o nulla per l'ambiente, anche nel caso di uno smaltimento non corretto.

Inoltre, la presente invenzione rende disponibile un prodotto tessile 10 filtrante di semplice utilizzo per la realizzazione di mascherine o altri dispositivi di protezione individuale.

La presente invenzione rende disponibile un prodotto tessile 10 filtrante migliorato che è sufficientemente robusto per consentire un uso continuativo e ripetuto.

Ancora, la presente invenzione rende disponibile una mascherina 28 comprendente un prodotto tessile 10 filtrante migliorato.

Infine, la presente invenzione rende disponibile un metodo per produrre un prodotto tessile 10 filtrante migliorato.

L'invenzione così concepita è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'ambito quale risulta dalle rivendicazioni allegate.

Le caratteristiche tecniche descritte a titolo di esempio con riferimento ad una specifica forma di realizzazione possono essere adottate in altre forme di realizzazione.

Infine, tutti i dettagli sono sostituibili da altri elementi tecnicamente equivalenti. In conclusione, i materiali impiegati, nonché le forme e le dimensioni contingenti, potranno essere qualsiasi secondo le specifiche esigenze implementative senza per questo uscire dall'ambito di protezione delle seguenti rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Prodotto tessile (10) per la realizzazione di dispositivi per la filtrazione dell'aria, comprendente:
 - uno strato di supporto (12) comprendente filati di cotone intessuti tra loro; e
- 5 - uno strato filtrante (14) comprendente nanofibre (16) di un polimero selezionato tra poli-vinildenfluoruro (PVDF) e poli-idrossialcanoato (PHA), in cui le nanofibre (16) sono disposte in modo casuale
2. Prodotto tessile (10) in accordo con la rivendicazione 1, in cui lo strato filtrante (14) è realizzato in poli- β -idrossibutirrato (PHB).
- 10 3. Prodotto tessile (10) in accordo con la rivendicazione 1 o 2, in cui lo strato filtrante (14) è realizzato tramite elettrofilatura senza ago (*needleless electrospinning*).
4. Prodotto tessile (10) in accordo con la rivendicazione 1 o 3, in cui lo strato filtrante (14) è realizzato in poli-vinildenfluoruro (PVDF) e in cui, tra lo strato di
- 15 supporto (12) e lo strato filtrante (14), è interposto uno strato di adesione (24) comprendente microgocce (26) di poli-vinildenfluoruro (PVDF).
5. Prodotto tessile (10) in accordo con la rivendicazione 4, in cui lo strato di adesione (24) è realizzato tramite elettrospruzzatura (*electrospray*).
6. Prodotto tessile (10) in accordo con una o più delle rivendicazioni precedenti,
- 20 comprendente inoltre uno strato di protezione comprendente filati di cotone intessuti tra loro, in cui lo strato filtrante (14) è compreso tra lo strato di supporto (12) e lo strato di protezione.
7. Mascherina (28) di protezione destinata a coprire naso e bocca dell'utilizzatore, in cui almeno una porzione comprende un prodotto tessile (10)
- 25 in accordo con una o più delle rivendicazioni precedenti.
8. Metodo per realizzare un prodotto tessile (10), comprendente le fasi di:
 - Predisporre un dispositivo (36) per l'elettrofilatura senza ago comprendente:
 - un serbatoio (38),
 - 30 - uno *spinneret* (20) configurato per attingere al serbatoio (38), e
 - un collettore (22);

- 17 -

in cui la distanza tra il collettore (22) e lo *spinneret* (20) è compresa tra 120 mm e 350 mm;

- Predisporre nel serbatoio (38) una soluzione (18) di un polimero scelto tra poli-vinildenfluoruro (PVDF) e poli-idrossialcanoato (PHA);
- 5 - Predisporre sul collettore (22) uno strato di supporto (12) comprendente filati di cotone intessuti tra loro;
- Applicare tra lo *spinneret* (20) e il collettore (22) una differenza di potenziale compresa tra 65 kV e 100 kV;
- Alimentare la soluzione (18) allo *spinneret* (20); e
- 10 - Attendere un tempo di deposizione compreso tra circa 30 secondi e circa 240 secondi.

9. Metodo in accordo con la rivendicazione 8, comprendente inoltre le fasi preliminari di:

- Predisporre un dispositivo (36) per l'elettrospruzzatura comprendente:
 - 15 - un serbatoio (38),
 - uno *spinneret* (20) configurato per attingere al serbatoio (38), e
 - un collettore (22);
- in cui la distanza tra il collettore (22) e lo *spinneret* (20) è compresa tra 230 mm e 270 mm;
- 20 - Predisporre nel serbatoio (38) una soluzione (18) di poli-vinildenfluoruro (PVDF);
- Predisporre sul collettore (22) uno strato di supporto (12) comprendente filati di cotone intessuti tra loro;
- Applicare tra lo *spinneret* (20) e il collettore (22) una differenza di
25 potenziale compresa tra 65 kV e 90 kV;
- Alimentare la soluzione (18) di PVDF allo *spinneret* (20); e
- Attendere un tempo di deposizione compreso tra circa 30 secondi e circa 120 secondi.

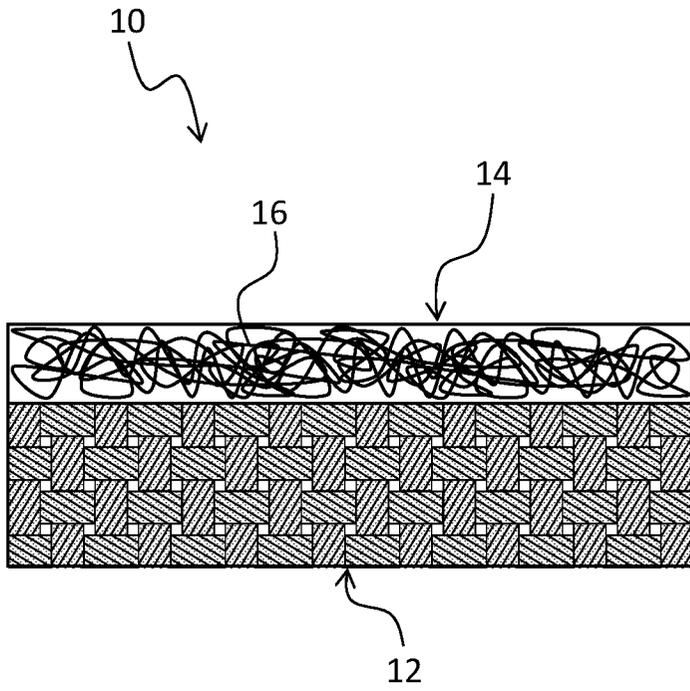


Fig. 1

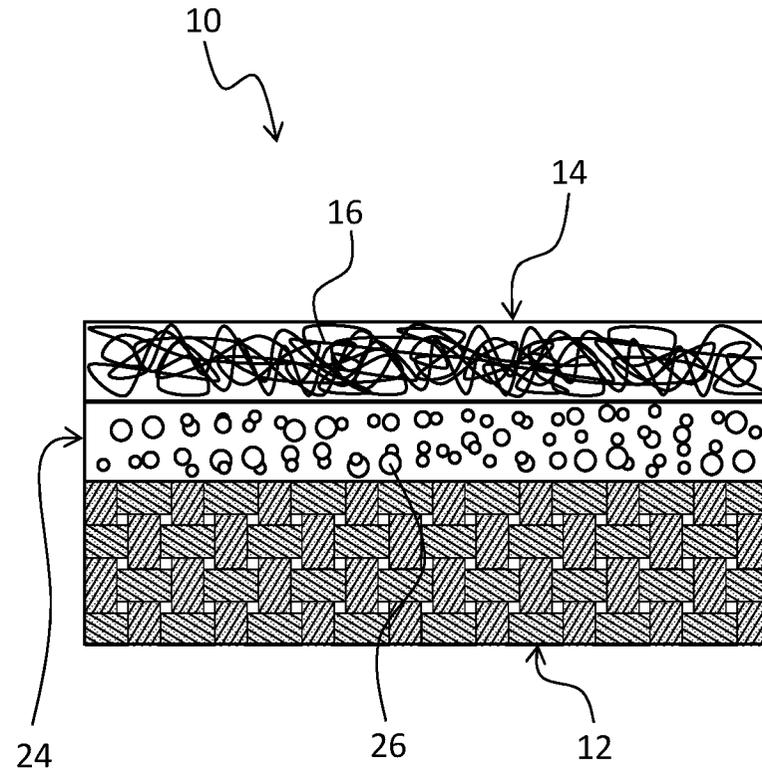


Fig. 2

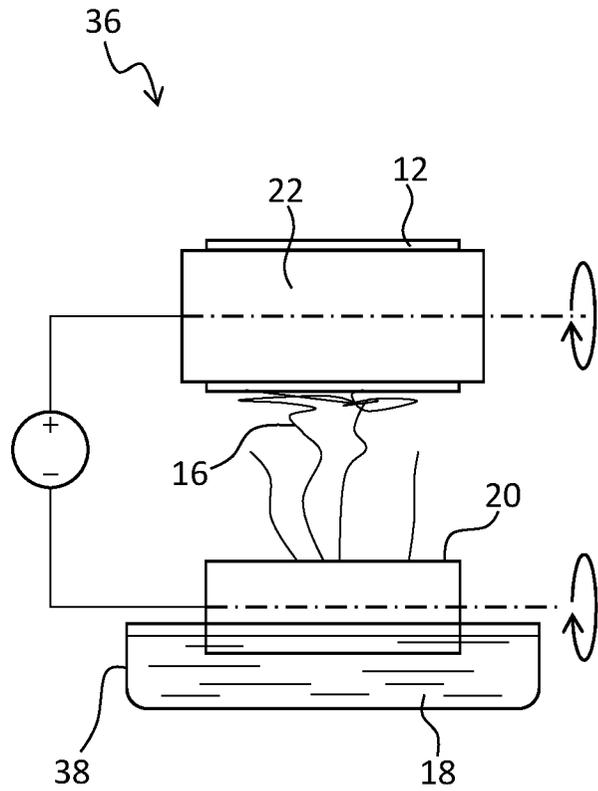


Fig. 3

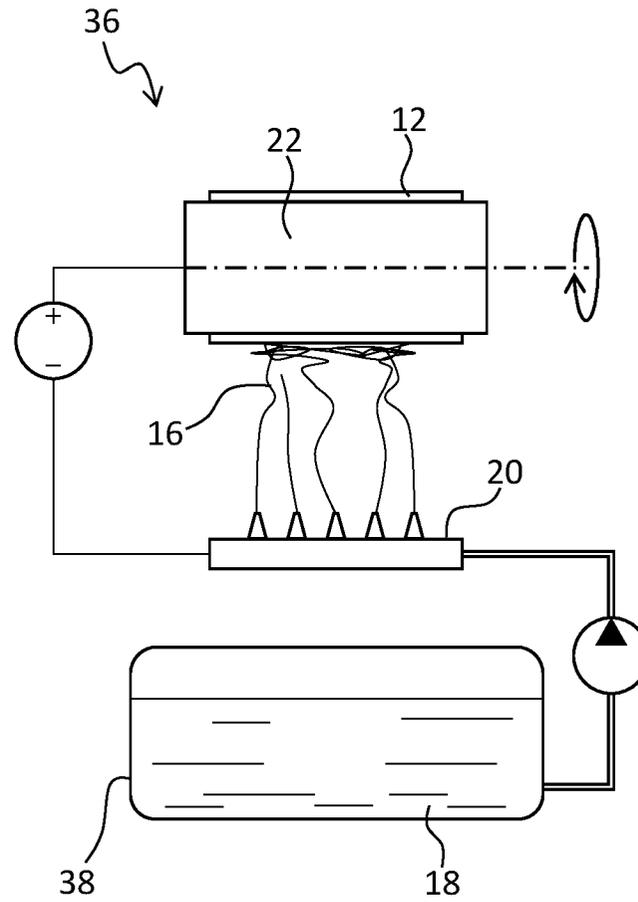


Fig. 4

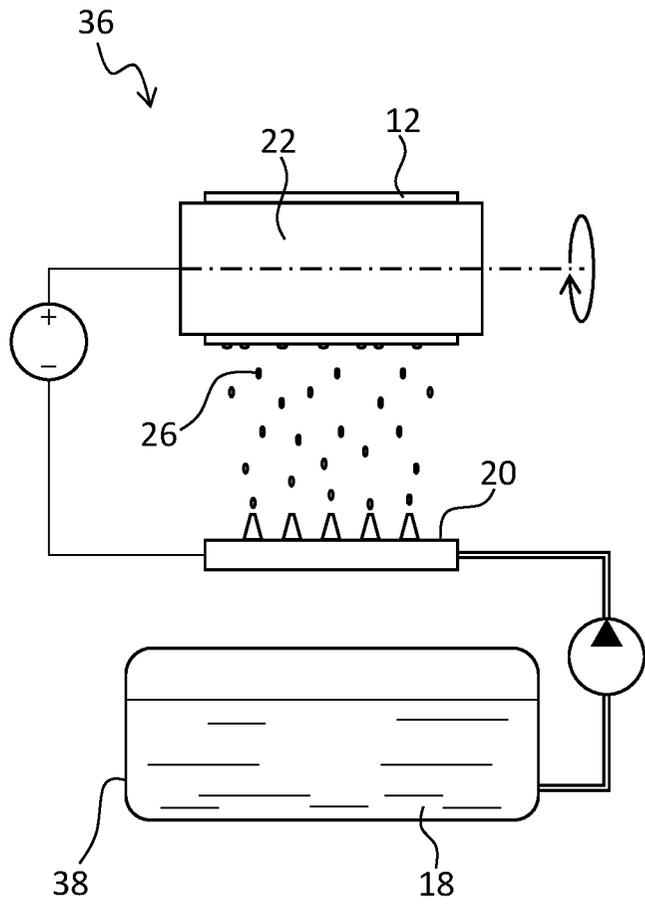


Fig. 5

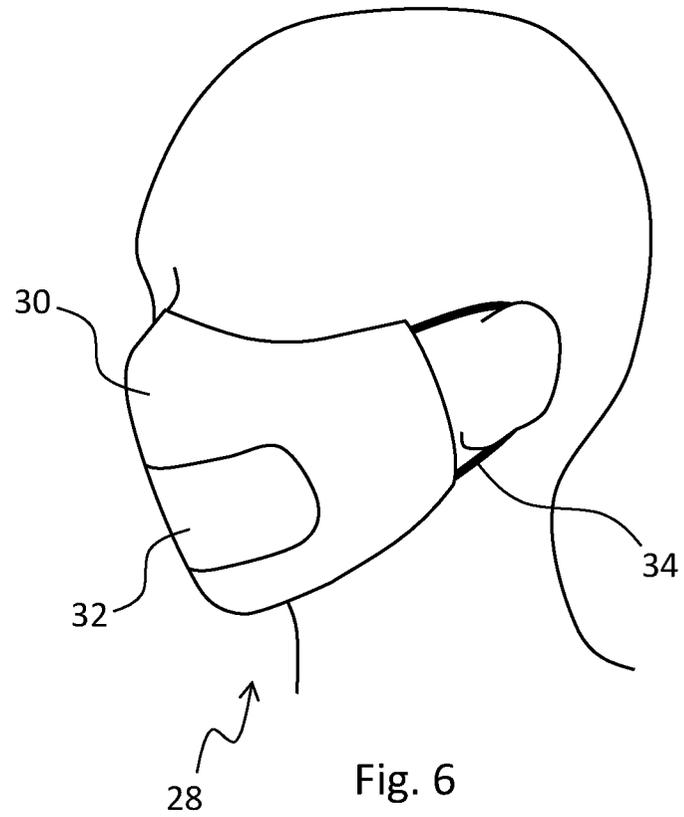


Fig. 6