

SPOSÓB WYTWARZANIA LAMINATU Z WARSTWĄ ANTYKONDENSACYJNĄ

Przedmiotem niniejszego wynalazku jest sposób wytwarzania laminatu z warstwą antykondensacyjną w szczególności do stosowania jako samoprzylepne antykondensacyjne pokrycie blachy na konstrukcje dachów.

Znane są antykondensacyjne pokrycia na blachy dachowe w postaci warstwy materiału o strukturze luźno upakowanych włókien, głównie w postaci włókniny z włókien sztucznych. Pokrycia tego typu przykleja się do powierzchni blachy dachowej od strony wewnętrznej budynku, bezpośrednio na etapie produkcji arkuszy blachy dachowej, lub na etapie montażu blachy na dachu.

Pokrycie antykondensacyjne blachy dachowej ma za zadanie ograniczać skraplanie się pary wodnej na powierzchni blachy minimalizując tym samym ryzyko jej korozji. Pokrycie antykondensacyjne pełni zatem funkcję izolacji powierzchni blachy dachowej od czynników zewnętrznych: wilgoci z otoczenia.

Znane włókniny stosowane jako pokrycia antykondensacyjne mają różną gramaturę, przy czym im większa gramatura włókniny tym więcej skroplin może zostać w niej zgromadzonych, w okresach zwiększonej wilgotności powietrza. Natomiast w okresach mniejszej wilgotności powietrza wilgoć zgromadzona w włókninie powinna ulec odparowaniu. Krótkotrwałe okresy zawilgocenia włókniny zasadniczo nie wpływają negatywnie na kondycję blachy. Niemniej jednak w obszarach dachu o nadmiernej wilgotności powietrza, na przykład przy rynnach lub na łączeniach, usuwa się z blachy pokrycie antykondensacyjne, lub stosuje się blachy bez pokrycia antykondensacyjnego - z uwagi na ryzyko stałego zawilgocenia włókniny, co jest zjawiskiem niekorzystnym. Także na styku: blacha-drewniana konstrukcja dachu, na skutek zatrzymania wody we włókninie, w drewnie mogą zachodzić procesy gnilne, stwarzając zagrożenie dla trwałości konstrukcji dachowej.

Zjawiskami, które mogą niekorzystnie wpływać na konstrukcję dachu, w przypadku nieprawidłowego aplikowania pokrycia antykondensacyjnego są: sorpcja oraz działanie sił kapilarnych, na skutek czego wilgoć zawarta we włókninie może przemieszczać się w kierunku blachy.

Pokrycia antykondensacyjne w postaci włóknin, typowo wytwarza się z włókien poliestrowych, aby odpowiednio zabezpieczyć blachę dachową przed rdzewieniem, oraz drewnianą konstrukcję dachu przed zgnilizną - będącą rezultatem dłuższego kontaktowania się drewnianych krokwi dachowych z pokryciem antykondensacyjnym w postaci włókniny, która zaabsorbowała wilgoć z otoczenia, w ilości przekraczającej 100% masy tej włókniny, przy czym absorpcja przez włókninę wody w ilości powyżej 100% masy włókniny może niepotrzebnie wydłużać czas jej oddawania - czyli parowania wilgoci z włókniny do otoczenia, na skutek ruchu powietrza. Z tego powodu wytwarza się dwa różne rodzaje włóknin na pokrycia antykondensacyjne. Pierwszy rodzaj obejmuje włókniny poliestrowe z dodatkiem absorbentów wilgoci wprowadzonych w strukturę włókniny, co umożliwia zwiększenie chłonności włókniny na drodze modyfikacji chemicznej. Tym sposobem wytwarza się włókniny zdolne do absorpcji masy wilgoci pięciokrotnie większej niż masa suchej włókniny. Tak wysoka chłonność wilgoci umożliwia zabezpieczenie blachy dachowej przed bezpośrednim skraplaniem się wilgoci na jej powierzchni w szerokim przedziale wilgotności względnej otoczenia. Nie zabezpiecza to jednak blachy przed korozją, z uwagi na jej przedłużony w czasie kontakt z zawilgoconą włókniną, która z uwagi na nadmiar zaabsorbowanej wilgoci, w stosunku do własnej masy dłużej oddaje wilgoć do otoczenia w wyniku ruchu powietrza. Ponadto w warunkach niskiej wartości oporu cieplnego włókniny – z uwagi jej zawilgocenie, temperatura powierzchni włókniny przylegająca do blachy dachowej może spaść poniżej punktu rosy skutkując kondensacją pary wodnej na powierzchni włókniny, stykającej z warstwą blachy, co może wpływać na wydłużenie okresów jej zawilgocenia.

Natomiast drugi rodzaj obejmuje włókniny poliestrowe niemodyfikowane chemicznie, wykazujące absorbcję wilgoci na poziomie 100 - 120% masy suchej włókniny, która jest typowa dla materiałów poliestrowych tego rodzaju. Włókniny niemodyfikowane chemicznie wykazują większą zdolność do oddawania na zewnątrz zaabsorbowanej wilgoci, wskutek ruchu powietrza – z uwagi na mniejszą masę wilgoci możliwej do zaabsorbowania we włókninie. Włókniny tego typu, nie zabezpieczają jednak blachy dachowej przed skraplaniem się pary wodnej na powierzchni włókniny przylegającej do blachy dachowej. Powierzchnia włóknin tego typu – od strony włókniny stykającej się z blachą ma stosunkowo niską wartość oporu cieplnego, a tym samym ograniczoną zdolność do utrzymania temperatury na

powierzchni włókniny stykającej z warstwą blachy, powyżej wartości punktu rosy, co może powodować kondensację pary wodnej na powierzchni blachy dachowej. Ponadto włókniny poliestrowe niemodyfikowane absorbentami wilgoci charakteryzują się bardzo niskim poziomem pochłaniania wilgoci z powietrza, w całym zakresie wilgotności względnej otoczenia: $W < 1\%$.

Dla pełnienia przez włókninę zadania związanego z zabezpieczeniem przed powstawaniem zjawiska kondensacji wilgoci konieczne jest poddanie jej procesowi modyfikacji powierzchniowej, który pozwoli zwiększyć jej zdolność do pochłaniania wilgoci z otoczenia oraz poprawić parametry termoizolacyjne po stronie sąsiadującej z blachą dachową. Niespełnienie tych wymagań może natomiast prowadzić do pogorszenia parametrów materiałowych blachy w tym jej rdzewienia, a nawet utraty nośności konstrukcji dachu, np. w przypadku przegnicia drewnianych elementów konstrukcji dachu.

Z powyższych powodów modyfikuje się znane materiały na pokrycia antykondensacyjne blach dachowych w kierunku ograniczenia negatywnych skutków ich użytkowania w przypadku zmniejszenia przewodności powały dachowej czy wzrostu wilgotności powietrza.

Przykładowo, z europejskiej publikacji patentowej EP2797740 znany jest wielowarstwowy laminat do stosowania w konstrukcjach dachów oraz wentylowanych stropów. Laminat ten składa się z: pierwszej warstwy mieszanki polimerów w tym poli(tereftalanu etylenu) oraz polietylenów (PE) różniących się gęstością: w tym PE o niskiej gęstości, PE o średniej gęstości, oraz PE o wysokiej gęstości; drugiej warstwy wykonanej z mieszanki polimerów: oraz trzeciej warstwy – pomiędzy warstwą pierwszą a drugą wykonanej z mieszanki polimerów z dodatkiem włókna szklanego. Laminat ten charakteryzuje się zatem złożoną konstrukcją.

Celowym byłoby opracowanie sposobu wytwarzania laminatu z warstwą antykondensacyjną, który zapewniłby poprawę parametrów użytkowych tej warstwy, a w szczególności ograniczenie transportu wilgoci z warstwy antykondensacyjnej do powierzchni blachy, z jednoczesnym zapewnieniem odpowiedniej chłonności wilgoci przez warstwę antykondensacyjną z powietrza - w okresach wzmożonej wilgotności, ograniczając tym samym kontakt wilgoci z powierzchnią blachy dachowej.

Istotą wynalazku jest sposób wytwarzania laminatu z warstwą antykondensacyjną, w którym to sposobie folię PE powleka się warstwą silikonu, oraz wytwarza się włókninę z mieszanki włókien PES, którą poddaje się napawaniu, oraz powleka się włókninę warstwą piany funkcyjnej, którą się utwardza a następnie kalandruje, przy czym na folię PE od strony warstwy silikonu nanosi się warstwę kleju samoprzylepnego (PSA) i łączy się włókninę od strony utwardzonej i skalandrowanej warstwy piany funkcyjnej z folią PE od strony warstwy kleju samoprzylepnego w procesie laminowania. W sposobie tym folię PE o ciężarze właściwym w zakresie 48–52 g/m² od jednej strony powleka się warstwą wodnego roztworu silikonu o stężeniu 50%, obrobionego przez 2 godziny ultradźwiękami o częstotliwości w zakresie 20–25 kHz w homogenizatorze ultradźwiękowym o mocy 1000 W i pojemności roboczej 20–30 litrów, bezpośrednio przed jego użyciem, przy czym obrobiony ultradźwiękami wodny roztwór silikonu o stężeniu 50% nanosi się na powierzchnię folii PE w ilości 3–10g/m², a następnie suszy się całość w temperaturze 90–130°C, przez czas 20– 40 sekund. Ponadto wytwarza się włókninę o średniej masie powierzchniowej: 115±15g/m² i średniej grubości 1,05±0,07 mm, z mieszanki włókien PES zawierającej w swoim składzie: dwukomponentowe włókna PES w postaci przędzy o grubości w zakresie 3,1 – 3,3 dtex o długości od 65 do 68 mm, w ilości od 3 do 5%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę, jednokomponentowe włókna PES w postaci przędzy o grubości w zakresie 3,1 – 3,3 dtex o długości od 65 do 68 mm, w ilości od 38 do 42%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę, włókna PES w postaci przędzy o grubości w zakresie 1,5 – 1,7 dtex o długości od 65 do 68 mm, w ilości od 42 do 45 %wag. w odniesieniu do masy wszystkich włókien PES na włókninę, oraz odpadowe włókna PES stanowiące surowiec wtórny o grubości włókien w zakresie od 1,7 do 3,3 dtex i długości w zakresie od 30 do 70 mm, w ilości od 10 – 15%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę. Wytworzoną włókninę napawa się na fulardzie wodną kąpielą apreterską zawierającą w swoim składzie: wodną kompozycję antypirenową zawierającą 30–50%wag. antypirenów w postaci estrów kwasu fosforowego (V) oraz wodę, w ilości wodnej kompozycji antypirenowej w tej kąpieli wynoszącej 30–70g/l wody, nadmanganian potasu (KMnO₄) w ilości niezbędnej do uzyskania stężenia KMnO₄ w wodnej kąpieli apreterskiej wynoszącego 0,5 – 1%, 2–4%-owy wodny roztwór trihydratu azotanu miedzi (II) (Cu(NO₃)₂·3H₂O) stabilizowanego poli(winylopirolidonem), w ilości wodnego roztworu trihydratu

azotanu miedzi (II) wynoszącej 2–5g/l wody, kopolimer akrylowo-styrenowy, w którym udział merów akrylowych wynosi 65–75%, w ilości tego kopolimeru 25–40 g/l wody, i wyżyma się włókninę po napawaniu. Następnie włókninę powleka się od jednej strony wodną emulsją zawierającą w swoim składzie: mączkę keratynową rozdrobnioną na młynie perełkowym do uziarnienia w zakresie 190 - 240 nm, w ilości mączki keratynowej 200–220g/l wody, oraz kopolimer akrylowo-styrenowy, w ilości niezbędnej do uzyskania stężenia tego kopolimeru w wodnej emulsji wynoszącego 12–15%. W procesie powlekania włókninę przeprowadza się przez reaktor 60 powyżej lustra cieczy 62 stanowiącej wspomnianą wodną emulsję, opasaną na zainstalowanym obrotowo grawerowanym wale 68 o powierzchni z podłużnymi występami 681 o wysokości tych występów od 0,5 do 2,00 mm, ukształtowanych równolegle do osi podłużnej grawerowanego wału 68, i powleka się włókninę od jej strony stykającej się z grawerowanym wałem 68 w wyniku transportu włókniny na grawerowanym wale 68 w układzie współbieżnym, przy czym kąt opasania: alfa grawerowanego wału obrotowego 68 przez włókninę utrzymuje się w zakresie: 20° - 45°, przy czym grawerowany wał 68 ma oś obrotu przebiegającą powyżej lustra cieczy 62 w odległości osi obrotu grawerowanego wału 68 od lustra cieczy wynoszącej od jednej trzeciej (1/3) do dwóch trzecich (2/3) promienia r grawerowanego wału; po czym kalandruje się włókninę do uzyskania średniej grubości włókniny wynoszącej po kalandrowaniu $1,00 \pm 0,07$ mm, a skalandrowaną włókninę schładza się do temperatury pokojowej. Schłodzoną włókninę od strony przeciwnej do napawanej powleka się pianą funkcyjną zawierającą w swoim składzie: wodę miękką o stopniu twardości w zakresie od 0 do 2°n, mączkę keratynową rozdrobnioną na młynie perełkowym do uziarnienia w zakresie 190–240nm, w ilości mączki keratynowej 140–200g na każdy litr wody miękkiej, mieszanek krzemianu sodu (Na_2SiO_3) o uziarnieniu w zakresie 190 - 240 nm oraz fluorowęglowodoru C_6 , o proporcji masowej krzemian sodu:fluorowęglowódor C_6 wynoszącej 1:3, w łącznej ilości tej mieszanki wynoszącej 55–56 g na każdy litr wody miękkiej, emulgator wybrany z grupy składającej się z kopolimeru kwasu akrylowego oraz niejonowego poliuretanu, w łącznej ilości emulgatora 35–48 g na każdy litr wody miękkiej, amoniak w ilości 0,4–0,6 g na każdy litr wody miękkiej, 20%-owy wodny roztwór kwasu octowego w ilości 0,1g tego roztworu na każdy litr wody miękkiej, zagęstnik, który stanowi kopolimer butadienowo-styrenowy w ilości 1,3–1,5 g, tego kopolimeru na każdy litr wody miękkiej, oraz środek wiążący wybrany z grupy składającej się z

surfaktantu niejonowego oraz surfaktantu anionowego, w ilości środka wiążącego: 11–15g na każdy litr wody miękkiej; przy czym pianę funkcyjną przygotowuje się w taki sposób, że: w młynie perłkowym mieli się mączkę keratynową do uziarnienia wynoszącego 190–240nm, a zmieloną mączkę łączy się z emulgatorem a następnie emulguje się całość z wodą miękką uzyskując emulsję, którą łączy się w wytwornicy piany z pozostałymi składnikami na pianę funkcyjną; przy czym w procesie powlekania na włókninę nanosi się pianę funkcyjną w ilości 45–55 g/m² włókniny. Po czym utwardza się pianę funkcyjną w stabilizatorze w temperaturze w zakresie 90–110°C z zachowaniem prędkości przesuwu pasa włókniny w stabilizatorze wynoszącej 15mb/min, a utwardzoną pianę funkcyjną kalandruje się przy docisku wałów kalandrujących wynoszącym 6 atmosfer, utrzymując temperaturę kalandrowania w zakresie 20–50°C. Następnie na folię PE od strony warstwy silikonu nanosi się warstwę kleju samoprzylepnego (PSA) i łączy się folię PE od strony kleju samoprzylepnego z włókniną od strony utwardzonej i skalandrowanej piany funkcyjnej, w procesie laminowania hot-melt przy liniowej prędkości wałka laminującego laminatora wynoszącej 100 m/min, wytwarzając laminat.

Korzystnie, z wytworzonego laminatu usuwa się folię PE odsłaniając warstwę kleju samoprzylepnego na powierzchni włókniny i przykleja się włókninę do blachy dachowej wspomnianą warstwą kleju samoprzylepnego.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładach wykonania na rysunku na którym:

Fig. 1A przedstawia schemat blokowy procesu wytwarzania laminatu z warstwą antykondensacyjną według wynalazku; Fig. 1B przedstawia schematycznie proces wytwarzania włókniny z mieszanki włókien poliestrowych (PES); Fig. 1C przedstawia schematycznie proces napawania oraz proces powlekania włókniny na warstwę antykondensacyjną laminatu sposobem według wynalazku; Fig. 1D przedstawia schematycznie grawerowany wał do powlekania włókniny, w uwidocznionych podłużnymi występami na powierzchni tego wału; Fig. 2 przedstawia w przekroju poprzecznym laminat izolacyjny z warstwą antykondensacyjną wytworzony sposobem według wynalazku; Fig. 3 przedstawia w przekroju poprzecznym warstwę antykondensacyjną laminatu wytworzonego sposobem według wynalazku, przyklejoną do blachy dachowej.

Opracowanym sposobem wytwarza się laminat z warstwą antykondensacyjną w szczególności do stosowania jako antykondensacyjne pokrycie blachy dachowej, obejmujący usuwalną warstwę folii 41 polietylenowej (PE) oraz warstwę włókniny 42 – stanowiącą samoprzylepne pokrycie antykondensacyjne do przyklejania do blachy dachowej - jak schematycznie przedstawiono na Fig. 2 i 3.

Sposób wytwarzania laminatu z warstwą antykondensacyjną według wynalazku, który przedstawiono schematycznie na Fig. 1A obejmuje dwa niezależne procesy: powlekania folii polietylenowej (PE) 41 silikonem w etapie 12, i modyfikacji powierzchniowej włókniny 42 w etapach 221, 222, jej powlekania pianą funkcyjną w etapie 24, oraz laminowanie w etapie 30 folii PE 41 po naniesieniu na nią kleju PSA z obrobioną włókniną 42.

W konstrukcji laminatu, folia PE 41 stanowi warstwę zabezpieczającą włókninę 42, przy czym włóknina 42 stanowi warstwę antykondensacyjną laminatu. Wytworzony laminat można zatem magazynować i transportować w postaci zwiniętej w rolkę - z warstwą folii PE 41 od strony zewnętrznej, co ogranicza możliwość uszkodzenia warstwy włókniny 42.

Na laminat stosuje się folię PE 41 o ciężarze właściwym w zakresie od 48 do 52 g/m² - a bardziej korzystnie o ciężarze właściwym wynoszącym 50 g/m².

W etapie 11 rękaw folii PE tnie się wzdłużnie: pod wymiar włókniny antykondensacyjnej, otrzymując wstęgę folii PE. W etapie 12 wstęgę folii PE od jednej strony powleka się 50%-owym wodnym roztworem silikonu, przy czym wodny roztwór silikonu nanosi się na powierzchnię folii PE w ilości od 3-10g wodnego roztworu silikonu na każdy 1 m² folii PE, a korzystnie wodny roztwór silikonu nanosi się w ilości: 3g/m². Folię PE z naniesionym na jej powierzchni wodnym roztworem silikonu suszy się w suszarce w temperaturze mieszczącej się w przedziale od 90-130°C, a korzystnie 110°C, z prędkością przebiegu wstęgi folii PE przez pola operacyjne suszarki wynoszącą 40mb/min (metrów bieżących/minutę). W wyniku suszenia uzyskuje się ciekłą warstwę silikonu 411 na powierzchni folii PE 41 (Fig. 2). Jako donor silikonu do sporządzenia wodnego 50%-owego roztworu silikonu można stosować produkt dostępny handlowo taki jak: Tubicoat SI 663 (Tubingen, Niemcy).

Stosowany w etapie 12, 50%-owy wodny roztwór silikonu, bezpośrednio przed jego naniesieniem na powierzchnię folii PE poddaje się obróbce ultradźwiękowej na

homogenizatorze ultradźwiękowym, zwanym także sonikatorem, o mocy 2000W i pojemności roboczej homogenizatora ultradźwiękowego wynoszącej 20 – 30 litrów, przez czas 2 godziny, ultradźwiękami o częstotliwości w zakresie 20 – 25 kHz, a korzystnie ultradźwiękami o częstotliwości 20 kHz. Prowadzona obróbka ultradźwiękami wodnego roztworu silikonu, zapewnia odpowiednie zdyspergowanie cząsteczek silikonu w wodzie, dzięki czemu uzyskuje się bardziej równomierne pokrycie silikonem powierzchni folii PE, przy jednoczesnym obniżeniu wielkości naniesienia [g/m²] silikonu na powierzchnię folii PE. Obróbka ultradźwiękowa 50%-owego wodnego roztworu silikonu, bezpośrednio przed procesem jego nanoszenia na powierzchnię folii PE - na drodze powlekania, zwiększa o około 20% równomierność jego naniesienia, co umożliwiło zmniejszenie wielkości naniesienia silikonu na powierzchnię folii PE – jak opisano powyżej.

Powyższe warunki procesu nanoszenia i skład nanoszonego wodnego roztworu silikonu: silikon i woda, łącznie zapewniają wytworzenie warstwy silikonu 411, o poprawionych parametrach: wysuszona warstwa silikonu 411 jest cieńsza i wykazuje odpowiednią adhezję do podłoża: folii PE, dzięki czemu uzyskuje się laminat według wynalazku z usuwalną warstwą folii PE, w którym oddzielenie folii PE od samoprzylepnej warstwy włókniny 42 zachodzi bez poderwania warstwy kleju samoprzylepnego 43 przylegającej do warstwy silikonu 411 - na etapie montażu włókniny 42 do blachy dachowej (Fig. 2 i Fig. 3). Jak wskazano powyżej: otrzymana warstwa silikonu 411 jest odpowiednio cienka: zawiera mniejszą ilość silikonu. Taka - niewielka ilość naniesienia silikonu na folię PE nie ogranicza ponownego zastosowania folii PE: jako surowca wtórnego – stosowanego w postaci re-granulatu m.in. w produkcji nowej folii PE w etapie 11, ja schematycznie oznaczono na Fig. 1.

Niezależnie względem procesu przygotowania folii polietylenowej 41, bardziej szczegółowo folii wykonanej z polietylenu małej gęstości (LDPE), wytwarza się i obrabia włókninę 42 na samoprzylepną warstwę antykondensacyjną laminatu. Włókninę wytwarza się w etapie 21 z surowca poliestrowego zawierającego w składzie mieszkankę włókien poliestrowych (PES) – stanowiących surowiec pierwotny w łącznej ilości od 85 do 90%wag., oraz od 10 do 15%wag. włókien PES stanowiących poliestrowy surowiec odpadowy (wtórny).

Zastosowanie surowca wtórnego w składzie stosowanej mieszanki włókien poliestrowych na włókninę, zapewnia odpowiednie parametry wytwarzanej włókniny,

jak również zagospodarowanie odpadów poliestrowych. Bardziej szczegółowo na włókninę 42 stosuje się mieszankę włókien PES o następującym składzie:

- dwukomponentowe włókna PES zwane także włóknami „biko” - korzystnie zawierające w składzie pojedynczego włókna: 80-90% pierwszego komponentu poliestrowego: PET (poli(terftalanu etylenu) oraz od 10-20% drugiego komponentu poliestrowego: PTT (poli(tereftalanu trimetylenu); korzystnie czarne, w postaci przędzy o grubości w zakresie 3,1 – 3,3 dtex (decyteks), a korzystnie o grubości 3,3 dtex i długości od 65 do 68 mm, a korzystnie o długości 66 mm, w ilości od 3 do 5%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę, a korzystnie 4%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę,
- jednokomponentowe włókna PES, korzystnie czarne, wykonane z poliestru: korzystnie PET, w postaci przędzy o grubości w zakresie 3,1 – 3,3 dtex, a korzystnie o grubości 3,3 dtex i długości od 65 do 68 mm, a korzystnie o długości 66 mm, w ilości od 3 do 5%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę, a korzystnie 4%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę,
- jednokomponentowe włókna PES, korzystnie białe, wykonane z poliestru: PET, w postaci przędzy o grubości w zakresie 3,1 – 3,3 dtex, a korzystnie o grubości 3,3 dtex i długości od 65 do 68 mm, a korzystnie o długości 66 mm, w ilości od 35 do 37%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę,
- jednokomponentowe włókna PES, korzystnie białe, w postaci przędzy o grubości w zakresie 1,5 – 1,7 dtex, a korzystnie o grubości 1,7 dtex i długości od 65 do 68 mm, a korzystnie o długości 66 mm, w ilości od 42 do 45 %wag. w odniesieniu do masy wszystkich włókien PES na włókninę, oraz
- odpadowe włókna PES, jednokomponentowe i/lub dwukomponentowe, korzystnie z poliestru PET i/lub PTT, o grubości w zakresie od 1,7 do 3,3 dtex i długości w zakresie od 30 – 70 mm, w ilości od 10 – 15%wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę.

Stosowanie w produkcji włókniny włókien koloru białego i czarnego umożliwia wytworzenie włókniny w postaci melanzowej – o tradycyjnej kolorystyce, przy czym w zależności od docelowego wyglądu można stosować przędze o jednakowym kolorze, wówczas ilości przędzy o takich samych parametrach, na przykład wskazane

powyżej jednokomponentowe włókna PES, przykładowo z poliestru: PET, w postaci przędzy o grubości w zakresie 3,1 – 3,3 dtex i długości od 65 do 68 mm - należy zsumować, tworząc mieszankę. Natomiast zastosowany w składzie włókniny surowiec odpadowy PES pełni w wytworzonej włókninie funkcję odpowiedniego wypełnienia.

Na Fig. 1B, 1C przedstawiono w ujęciu technologicznym proces wytwarzania i obrabiania włókniny w etapach 21, 221 i 222. W celu wytworzenia włókniny z układu otwieracza beli: 311, 312 (Fig. 1B) na mieszarkę 313 podaje się włókna PES na włókninę i dokładnie miesza się wszystkie włókna PES - w proporcjach wskazanych powyżej. Następnie za pośrednictwem otwieracza głównego 314 mieszankę włókien PES wprowadza się do zasilarki zgrzeblarki 315, a następnie w zgrzeblarce 316 poddaje się całość zgrzebleniu. Następnie układa się runo w układaczu 317, i prowadzi się igłowanie w trzech igłowarkach usytuowanych w ciągu technologicznym, to jest kolejno w: igłowarce wstępnej 318, igłowarce wtórnej 319, oraz igłowarce końcowej 320. Następnie włókninę poddaje się kalandrowaniu na kalandrze 321, schłodzeniu po kalandrowaniu - na moście schładzającym 322, oraz nawijaniu na role, w sekcji nawijania 323.

Następnie włókninę poddaje się modyfikacji chemicznej obejmującej napawanie włókniny w etapie 221 oraz powlekanie włókniny w etapie 222. W procesie modyfikacji chemicznej włókninę obrabia się środkami chemicznymi: poprawiającymi odporność na zapalenie, zwiększającymi aktywność włókniny przeciw grzybom i pleśniam oraz poprawiającymi jej zdolność do pochłaniania wilgoci.

Modyfikację chemiczną włókniny w etapach 221 i 222 prowadzi się na stanowisku modyfikacji chemicznej, przedstawionym schematycznie na Fig 1C, wyposażonym we fulard 50 do napawania włókniny wodną kąpielą apreterską - poprzez zanurzenie pasa włókniny w tej kąpeli, oraz reaktor 60 do powlekania włókniny wodną emulsją.

Fulard 50 zawiera zbiornik 52 na wodną kąpiel apreterską oraz wał transportowy 55 do transportu włókniny poniżej lustra cieczy 53 wodnej kąpeli apreterskiej w zbiorniku 52. Na fulardzie 50 w etapie 221 włókninę napawa się na fulardzie 50 wodną kąpielą apreterską zawierającą w swoim składzie:

- wodną kompozycję antypirenową zawierającą w swoim składzie od 30-50% wag. związków antypirenów w postaci estrów kwasu fosforowego (V) oraz wodę w uzupełnieniu do 100% wag; korzystnie wodna kompozycja antypirenowa zawiera w swoim składzie: ester tris(tolilu) kwasu fosforowego (V) w ilości 15-25% wag. kompozycji antypirenowej oraz ester tributyłowy kwasu fosforowego (V) w ilości 15-25% wag. kompozycji antypirenowej; wodna kompozycja antypirenowa zawarta jest w wodnej kąpieli apreterskiej w ilości od 30 do 70g wodnej kompozycji apreterskiej na 1 litr wody kąpieli apreterskiej (30 - 70g/l);
- nadmanganian potasu (KMnO_4) w ilości niezbędnej do uzyskania stężenia KMnO_4 w wodnej kąpieli apreterskiej wynoszącego 0,5 – 1%, a korzystnie wynoszącego 0,7%; KMnO_4 nadaje włókninie własności biobójcze na etapie jej użytkowania - w okresach zawilgocenia włókniny;
- 2-4%-owy, a korzystnie 3%owy wodny roztwór trihydratu azotanu miedzi (II) : $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (o numerze CAS: 10031-43-3) stabilizowanego polimerem: poli(winylopirolidonom) (PVP), w ilości wodnego roztworu trihydratu azotanu miedzi (II) od 2 go 5g na każdy 1 litr wody kąpieli apreterskiej; powyższy związek miedzi nadaje włókninie własności biobójcze na etapie jej użytkowania: zarówno w okresach zawilgocenia włókniny jak również w okresach kiedy włóknina pozostaje sucha; oraz
- środek wiążący który stanowi kopolimer akrylowo-styrenowy w którym udział merów akrylowych wynosi 65 – 75%, w ilości 25 – 40 g tego kopolimeru na każdy 1 litr wody kąpieli apreterskiej; a korzystnie w ilości tego kopolimeru wynoszącej 30g/l; zastosowanie kopolimeru akrylowo-styrenowego jako środka wiążącego umożliwia uzyskanie przez włókninę własności hydrofilowych oraz wzrost zdolności włókniny do wiązania nanoszonych na nią w procesie napawania środków: KMnO_4 oraz $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Włóknina w procesie napawania 221 na fulardzie 50 za pomocą wału transportującego 55, jest w procesie ciągłym zanurzana w kąpieli - poniżej lustra ciecchy 53. Kierunek przesuwu włókniny jest współbieżny z kierunkiem obrotu wału 55. W wyniku tak prowadzonego procesu napawania, składniki kąpieli osadzają się na włóknach PES włókniny.

Po napawaniu w etapie 221, włókninę wprowadza się na wałki odzymające 56, usuwając nadmiar ciecchy z włókniny. Bezpośrednio po odzyciu w reaktorze 60 włókninę powleka się wodną emulsją zawierającą w swoim składzie:

- mączkę keratynową zmieloną na młynie perelkowym do uziarnienia 190 - 240 nm, w ilości mączki keratynowej: 200 - 220g/l wody, a korzystnie w ilości mączki keratynowej wynoszącej 220g/l wody, oraz

- kopolimer akrylowo-styrenowy, w ilości niezbędnej do uzyskania stężenia tego kopolimeru w wodnej emulsji wynoszącego: 12 - 15%, a korzystnie wynoszącego 15%.

Wodną emulsję o powyższym składzie sporządza się poprzez dokładne wymieszanie mączki keratynowej o uziarnieniu 190 - 240 nm z kopolimerem akrylowo-styrenowym, i następnie zemulgowanie całości w wodzie, polegające na energicznym mieszaniu.

Powlekanie w etapie 222 prowadzi się w reaktorze 60, przeprowadzając włókninę opasaną na grawerowanym wale 68 zanurzonym w wodnej emulsji - o powyższym składzie, wypełniającej zbiornik 61 reaktora 60, przy czym utrzymuje się zanurzenie grawerowanego wału 68 poniżej lustra cieczy 62 wodnej emulsji wynoszące od $1/3$ do $2/3$ promienia r grawerowanego wału 68 - jak schematycznie przedstawiono na Fig. 1C. W trakcie powlekania kierunek przesuwu włókniny jest współbieżny z kierunkiem obrotu grawerowanego wału 68, przy czym kierunek przesuwu włókniny przebiega zasadniczo prostopadle względem osi obrotu grawerowanego wału 68.

Obszary powierzchni bocznej grawerowanego wału 68 w trakcie jego ruchu obrotowego cyklicznie zanurzają się w wodnej emulsji: poniżej lustra cieczy 62, przenosząc wodną emulsję na włókninę - w obszarze styku powierzchni grawerowanego wału 68 z włókniną, co zapewnia powleczenie włókniny od strony wału 68. Grawerowany wał 68 ma powierzchnię z podłużnymi występami 681 o wysokości tych występów korzystnie 0,5 - 2,00 mm, ukształtowanych równolegle do osi podłużnej grawerowanego wału 68, korzystnie na całej jego długości. Powierzchnia grawerowanego wału 68 z ukształtowanymi podłużnymi występami 681 umożliwia efektywniejszy transport wodnej emulsji, a tym samym zawartej w niej mączki keratynowej z kąpielii do włókniny, zapewniając odpowiednie powleczenie włókniny mączką keratynową od strony grawerowanego wału 68. Tak prowadzone powlekanie w etapie 222 umożliwia równomierne i trwalsze osadzenie ziaren mączki keratynowej na powierzchni włókien PES włókniny - od powlekanej strony, co przekłada się na lepszą absorpcję i szybsze oddawanie wilgoci na etapie

użytkowania wytworzonej włókniny - jako pokrycia antykondensacyjnego dachu, ograniczając tym samym skraplanie się pary wodnej bezpośrednio na powierzchni blachy dachowej.

Podczas powlekania w etapie 222, wielkość obszaru styku grawerowanego wału 68 z włókniną jest regulowana kątem opasania wału 68, przy czym powlekanie prowadzi się przy kącie opasania alfa wynoszącym od 20° do 45° . Kąt opasania alfa można regulować poprzez zmianę wysokości osadzenia grawerowanego wału 68, przy zachowaniu odległości osi obrotu wału 68 od płaszczyzny lustra cieczy 62 w zakresie wynoszącym od jednej trzeciej długości promienia r wału do dwóch trzecich długości promienia r wału ($1/3r - 2/3r$), co zapewnia utrzymanie zanurzenia wału obrotowego w kąpeli na głębokości wynoszącej od jednej trzeciej do dwóch trzecich promienia r wału.

W celu ograniczenia wystąpienia zjawiska sedymentacji mączki keratynowej w kąpeli, w zbiorniku 61, poniżej lustra cieczy 62 jest zainstalowane mieszadło 64, korzystnie łopatkowe, zapewniające mieszanie wodnej emulsji podczas powlekania włókniny.

Fulard 50 i reaktor 60 mogą być ponadto wyposażone w elektroniczny system dozowania kąpeli do zbiorników 52 i 61 z odpowiednich pojemników dozujących celem utrzymania luster cieczy 53, 62 każdej z kąpeli na odpowiednim poziomie.

Napawanie włókniny w etapie 221 wodną kąpielą apreterską o składzie jak wskazano powyżej, zapewnia zatem podwyższenie progu palności włókniny – z uwagi na zastosowanie w jej składzie kompozycji antypirenowej zawierającej estry kwasu fosforowego (V), jak również zapewnienie aktywności przeciwdrobnoustrojowej włókniny, ze względu na dodatek nadmanganianu potasu (KMnO_4) oraz trihydratu azotanu miedzi (II) ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Natomiast powlekanie włókniny w etapie 222 wodną emulsją mączki keratynowej - o składzie podanym powyżej, zapewnia poprawę jej zdolności do pochłaniania i oddawania wilgoci.

Włóknina po procesie modyfikacji chemicznej w etapach 221, i 222 jest w etapie 223 poddana kalandrowaniu i schładzaniu po operacji kalandrowania z zachowaniem parametrów pracy kalandra umożliwiających otrzymanie włókniny o średniej masie powierzchniowej: 115 ± 15 [g/m^2] i średniej grubości $1,00 \pm 0,07$ mm. Po

kalandrowaniu włóknina jest kierowana na sekcję nawijania oraz cięcia wzdłużnego i poprzecznego, na pasy o zadanej długości i szerokości.

Następnie, w etapie 23 włókninę od jej strony przeciwnej do strony powlekanej w etapie 222, powleka się pianą funkcyjną. Pianę funkcyjną wytwarza się w wytwornicy piany bezpośrednio przed jej zastosowaniem poprzez zmieszanie następujących składników:

- wody miękkiej o stopniu twardości w zakresie od 0 do 2^on (stopni niemieckich), w ilości 760-780g wody miękkiej, a korzystnie w ilości 770g wody miękkiej, przy zachowaniu odpowiednich udziałów pozostałych składników, jak wskazano poniżej:

- mączki keratynowej w ilości od 140-200g na każdy 1 litr wody, o uziarnieniu mączki keratynowej 190-240nm, uzyskanym w wyniku zmielenia mączki keratynowej w młynie perełkowym (średnia wartość średnic ziaren mączki keratynowej przed jej zmieleniem wynosiła 149,83 um przy, współczynniku zmienności wynoszącym 16,4%);

- mieszanki: krzemianu sodu (Na_2SiO_3) o uziarnieniu 190 - 240 nm oraz fluorowęglowodoru C_6 , a korzystnie perfluoroheksanu, w łącznej ilości tej mieszanki 55 – 56 g, na każdy litr wody miękkiej, przy zachowaniu proporcji masowej krzemian sodu:fluorowęglowódor wynoszącego 1:3; taka mieszanka: krzemianu i fluorowęglowodoru - jako składnik piany funkcyjnej zapewnia po jej utwardzeniu długotrwały efekt hydrofobowy; ziarna krzemianu sodu przed ich użyciem rozdrabnia się korzystnie na młynie perełkowym do uzyskania powyższego uziarnienia (190 - 240 nm);

- emulgatora: kopolimeru kwasu akrylowego lub niejonowego poliuretanu, w ilości tego emulgatora 35-48 g na każdy litr wody miękkiej;

- amoniaku w ilości od 0,4 do 0,6 g a korzystnie 0,5 g amoniaku na każdy litr wody miękkiej;

- 20%-owego wodnego roztworu kwasu octowego w ilości 0,1g tego roztworu na każdy litr wody miękkiej;

- kopolimeru butadienowo-styrenowego – pełniącego funkcję zagęstnika, w ilości 1,3 do 1,5 g, a korzystnie w ilości 1,5 g tego kopolimeru na każdy litr wody miękkiej; jako

donor tego zagęstnika można przykładowo stosować środek o nazwie handlowej Tubicoat Verdicker CHT (Tubingen, Niemcy); oraz

- środka wiążącego, korzystnie surfaktantu niejonowego, przykładowo: tlenku alkiloaminy, lub surfaktantu anionowego, przykładowo: stearynianu amonu, co zapewnia odpowiednie związanie piany funkcyjnej z włókniną, w ilości środka wiążącego 11-15g na każdy litr wody miękkiej, a korzystnie w ilości wynoszącej 12g/l wody miękkiej. Przykładowo jako donor środka wiążącego można stosować produkt dostępny handlowo taki jak: Tubicoat AOS, CHT (Tubingen, Niemcy).

Przygotowanie piany funkcyjnej o powyższym składzie polega na tym, że mączkę keratynową mieli się w młynie perłkowym do uziarnienia w zakresie 190 - 240 nm, oraz niezależnie w młynie perłkowym mieli się krzemian sodu do uziarnienia w zakresie 190 - 240 nm. Rozdrobnienie w młynie perłkowym mączki keratynowej oraz krzemianu sodu zapobiega ich aglomeracji na powierzchni włókniny – po naniesieniu piany funkcyjnej, a tym samym zapewnia utrzymanie jednorodnego ich stężenia na powierzchni włókniny, dzięki czemu uzyskuje się bardziej równomierne własności hydrofobowe naniesionej warstwy piany funkcyjnej 421.

Następnie wytwarza się emulsję ze zmielonej mączki keratynowej poprzez zmieszanie 4 części wag. mączki keratynowej i 1 części wag. emulgatora: kopolimeru kwasu akrylowego; jako donor tego emulgatora można stosować Tubicoat Verdicker PRA CHT (Tubingen Niemcy), i zemulgowaniem całości w wodzie miękkiej.

Następnie otrzymaną emulsję mączki keratynowej łączy się z pozostałymi składnikami na pianę funkcyjną i wytwarza pianę funkcyjną - w wytwornicy piany.

W etapie 23 pianą funkcyjną powleka się powierzchnię włókniny od strony przeciwnej do powlekania w etapie 222, a zatem od strony włókniny, która w etapie 30 laminowania zostanie połączona z folią PE.

Pianę funkcyjną nanosi się na włókninę za pośrednictwem powlekarki wałowej, w ilości od 45 do 55g piany funkcyjnej, a korzystnie 50g piany funkcyjnej na każdy 1 m² powierzchni włókniny. Następnie, pianę funkcyjną poddaje się utwardzaniu w ośmio-polowym stabilizatorze w taki sposób, że całość ogrzewa się do temperatury 90 - 110°C, a korzystnie 100°C, z zachowaniem prędkości przesuwu pasa włókniny w stabilizatorze wynoszącej 15mb/min. W wyniku ogrzewania,

podczas sieciowania środka wiążącego, następuje odparowanie wody z piany funkcyjnej. Utworzona tym sposobem warstwa hydrofobowa 421 na powierzchni włókniny 42 zapewnia poprawę jej własności hydrofobowych, a ponadto poprawę własności termoizolacyjnych włókniny, przy czym dzięki naniesieniu mączki keratynowej jako jednego ze składników piany funkcyjnej uzyskuje się dodatkowo podwyższenie odporności włókniny na zapalenie.

W etapie 24 włókninę 42 z utwardzoną warstwą piany funkcyjnej – stanowiącą warstwę hydrofobową włókniny 421, poddaje się kalandrowaniu przy docisku wałów kalandrujących wynoszącym 6 atmosfer, w temperaturze w zakresie 20 – 50°C. Dzięki temu utwardzona warstwa piany funkcyjnej jest trwale złączona z podłożem. Po etapach utwardzania i kalandrowania masa powierzchniowa warstwy utwardzonej piany funkcyjnej stanowiącej warstwę hydrofobową 421 wynosi około 30g/m².

Operacje nanoszenia na powierzchnię włókniny piany funkcyjnej, odpowiedniego jej utwardzania w stabilizatorze i kalandrowania, a także opracowany skład i sposób przygotowania piany funkcyjnej, w tym mielenia, jak również emulgowania mączki keratynowej umożliwiają wytworzenie na powierzchni włókniny trwalszej warstwy hydrofobowej 421. Dzięki temu włóknina na etapie jej użytkowania – jako pokrycie antykondensacyjne blachy dachowej, charakteryzuje się poprawioną barierowością, gdyż wilgoć z włókniny 42 jest izolowana od powierzchni blachy warstwą 421, która ogranicza transport wilgoci z włókniny 42 w kierunku blachy metalowej – po jej przyklejeniu do powierzchni blachy dachowej – jak przedstawiono schematycznie na Fig. 3.

Opracowany sposób obróbki włókniny obejmujący etapy jej wytworzenia z odpowiedniej mieszanki włókniny PES, obróbki chemicznej w etapach napawania 221 i powlekania 222, naniesienia piany funkcyjnej 23 oraz kalandrowania włókniny w etapie 24 zapewnił otrzymanie włókniny o średniej masie powierzchniowej: 115±15 g/m² i średniej grubości 1,00±0,07 mm. Skalandrowana włóknina wykazuje zdolności do absorpcji cieczy powyżej 80%, a korzystnie od 80 - do 90%, i pochłanianie wilgoci w powietrzu o wilgotności względnej RH65% - powyżej 2%, a w powietrzu o wilgotności względnej RH100% - powyżej 9%.

Następnie, wytworzone i obrobione: folię PE oraz włókninę PES odpowiednio w etapach 11 – 12 i 21 - 24, które mogą być prowadzone w odrębnych liniach

technologicznych, łączy się w procesie laminowania w etapie 30, uzyskując laminat z warstwą antykondensacyjną według wynalazku. W etapie laminowania na folię PE od jej strony powleczonej warstwą silikonu nanosi się warstwę kleju samoprzylepnego 43 (PSA) (z ang. *pressure-sensitive adhesives*) i łączy się folię PE od strony warstwy kleju 43 z włókniną od strony warstwy hydrofobowej 421 – utwardzonej i wykalandrowanej warstwy piany funkcyjnej. Laminowanie prowadzi się przy wilgotności powietrza w zakresie od 55 do 65% i temperaturze otoczenia wynoszącej od 22 do 26°C, przy czym w procesie laminowania utrzymuje się ustawienie naciągu podawanych do układu warstw: włókniny 42 oraz folii PE 41 na laminarce wynoszącym: -8 (minus osiem) oraz liniową prędkość wałka laminującego wynoszącą 100 m/min (metrów na minutę).

Na wyjściu z laminatora otrzymuje się laminat z warstwą antykondensacyjną według wynalazku, który przedstawiono schematycznie na Fig. 2. Laminat ma usuwalną warstwę folii PE 41, która stanowi osłonę dla warstwy kleju samoprzylepnego 43. Po zdjęciu folii PE otrzymuje się włókninę 42 z warstwą hydrofobową 421 i warstwą samoprzylepnego kleju 43 na warstwie hydrofobowej 421, którą przykleja się włókninę do powierzchni blachy dachowej. Jak przedstawiono na Fig. 3, warstwa hydrofobowa 421 oddziela strukturę włókniny 42 od powierzchni blachy, ograniczając kontakt wilgoci z włókniny z blachą.

Wytworzona opracowanym sposobem włóknina na pokrycia antykondensacyjne blach dachowych charakteryzuje się poprawioną aktywnością przeciwgrzybiczną i pleśniową, podwyższonymi własnościami termoizolacyjnymi, w tym także przy zmiennych wartościach wilgotności względnej otoczenia oraz podwyższoną odpornością na zapalenie. Włóknina antykondensacyjna połączona klejem PSA z folią PE w etapie 30 laminowania, charakteryzuje się poprawionymi w stosunku do znanych wyrobów zdolnościami do pochłaniania wilgoci z otoczenia, oraz łatwością usuwania folii PE – osłonki warstwy kleju samoprzylepnego, podczas jej aplikacji do powierzchni blachy.

Ponadto włóknina antykondensacyjna będąca rezultatem opracowanej technologii jest podczas procesu jej wytwarzania po operacji igłowania a przed jej kalandrowaniem poddana procesowi modyfikacji powierzchniowej antypirenem oraz środkami przeciwgrzybiczymi i przeciw-pleśniowymi oraz mączką keratynową. W tym, włókninę napawa się w wodnej kąpieli apreterskiej zawierającej środki nadające

jej aktywność wobec pleśni i grzybów oraz podwyższające odporność na zapalenie, a następnie włókninę powleka się wodną emulsją mączki keratynowej. Prowadzenie modyfikacji chemicznej i następane naniesienie i utwardzenie piany funkcyjnej na powierzchnię włókniny - przed operacją jej kalandrowania, zapewnia bardziej efektywne wchłanianie w jej strukturę wszystkich aplikowanych środków chemicznych.

Opór cieplny wytworzonej opracowanym sposobem włókniny - zbadany dla wilgotności względnej RH40% i masie wilgoci dostarczonej do jej warstwy wierzchniej w ilości 1,5ml/0,023m² odniesiony do włókniny poliestrowej niemodyfikowanej jest ponad 2,5 razy większy oraz ponad 4 razy wyższy przy RH80%. To oznacza, że włóknina ta charakteryzuje się poprawioną zdolnością do zabezpieczenia powierzchni wewnętrznej włókniny przed kondensacją pary wodnej, w porównaniu ze znanymi włókninami na pokrycia antykondensacyjne.

Ponadto wprowadzenie w strukturę laminatu białka w postaci mączki keratynowej, poza zasadniczymi zwiększeniem własności termoizolacyjnych włókniny, poprawia jej zdolność do pochłaniania wilgoci, w stosunku do włókniny nie poddanej modyfikacji, badanej dla wilgotności RH65% i RH100% odpowiednio o 7 i 16 razy.

PRZYKŁAD WYKONANIA:

Folię PE o ciężarze właściwym 50 g/m² od jednej strony powleczono warstwą wodnego roztworu silikonu o stężeniu 50%, obrobionego przez 2 godziny ultradźwiękami o częstotliwości w zakresie 20 kHz w homogenizatorze ultradźwiękowym o mocy 1000 W i pojemności roboczej 20 litrów - bezpośrednio przed jego użyciem i naniesiono ten roztwór na powierzchnię folii PE w ilości 3 g/m², całość wysuszono w 100°C, przez czas 30 sekund.

Ponadto wytworzono włókninę o średniej masie powierzchniowej: 115±15g/m² i średniej grubości 1,05±0,07 mm, z mieszanki włókien PES zawierającej w swoim składzie: dwukomponentowe włókna PES (włókna biko: PET: 80%wag., PTT: 20%wag.) w postaci przędzy o grubości 3,3 dtex o długości 68 mm - 5%wag.; jednokomponentowe włókna PES w postaci przędzy (PET) o grubości 3,3 dtex o długości 68 mm - 42%wag.; włókna PES w postaci przędzy o grubości 1,7 dtex o długości 68 mm - 40 %wag. w odniesieniu do masy wszystkich włókien PES na

włókninę, oraz odpadowe włókna PES stanowiące surowiec wtórny o grubości 3,3 dtex i długości 70 mm, w ilości od 13% wag. w odniesieniu do całkowitej masy surowca PES na włókninę. Włókninę napawano na fulardzie wodną kąpielą apreterską zawierającą w swoim składzie: wodną kompozycję antypirenową zawierającą 50% wag. antypirenów w postaci estrów kwasu fosforowego (V): ester tris(tolilu) kwasu fosforowego (V) w ilości 25% wag. kompozycji antypirenowej oraz ester tributylowy kwasu fosforowego(V) w ilości 25% wag. kompozycji antypirenowej oraz wodę, w ilości wodnej kompozycji antypirenowej w tej kąpeli wynoszącej 30g/l wody; nadmanganian potasu (KMnO_4): 0,7% w kąpeli apretrskiej, 3%-owy wodny roztwór trihydratu azotanu miedzi (II) ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) stabilizowanego poli(winylopirolidonem), w ilości wodnego roztworu trihydratu azotanu miedzi (II) w tej kąpeli wynoszącej 5g/l wody; kopolimer akrylowo-styrenowy w którym udział merów akrylowych wynosi 75%, w ilości tego kopolimeru 40 g/l wody. Po napawaniu odżęto włókninę i powleczono wodną emulsją zawierającą w swoim składzie: mączkę keratynową w ilości 220g/l wody, oraz kopolimer akrylowo-styrenowy, w ilości niezbędnej do uzyskania stężenia tego kopolimeru w wodnej emulsji wynoszącego 15%. W procesie powlekania włókninę przeprowadzono się przez reaktor powyżej lustra cieczy (stanowiącej wspomnianą wodną emulsję) opasaną na zainstalowanym obrotowo grawerowanym wale z podłużnymi występami o wysokości tych występów 0,5 mm, przy czym kąt alfa wynosił: 45° , zanurzenie wału w wodnej emulsji wynosiło $1/3$ promienia (r). Następnie włókninę skalandrowano do uzyskania średniej masy powierzchniowej włókniny $115 \pm 15 \text{ g/m}^2$ i średniej grubości włókniny $1,00 \pm 0,07 \text{ mm}$, a skalandrowaną włókninę schłodzono do temperatury pokojowej. Następnie włókninę powleczono od pianą funkcyjną zawierającą w swoim składzie: wodę miękką o stopniu twardości w zakresie od 0 do 2°n , oraz pozostałe składniki w przeliczeniu na 1 litr wody miękkiej: mączkę keratynową o uziarnieniu w zakresie 190–240nm - 200g, mieszankę: krzemianu sodu (Na_2SiO_3) o uziarnieniu w zakresie 190 - 240 nm oraz fluorowęglowodoru, w proporcji 1:3, w łącznej ilości tej mieszanki 56 g, emulgator: niejonowy poliuretan: 48 g, amoniak: 0,6 g, 20%-owy wodny roztwór kwasu octowego: 0,1g, kopolimer butadienowo-styrenowy 1,5 g, środek wiążący: 15g. Pianę przygotowano w wytwornicy piany i powleczono włókninę w ilości piany funkcyjnej 55 g/m^2 włókniny; pianę utwardzono w stabilizatorze w temp. 100°C z zachowaniem prędkości przesuwu pasa włókniny w stabilizatorze wynoszącej 15mb/min; po czym całość kalandrowano przy docisku wałów kalandrujących: 6 atmosfer, w temp. 50°C .

Następnie włókninę laminowano z folią za pomocą kleju PSA. Z wytworzonego laminatu usunięto folię, a włókninę wytworzoną tym sposobem oraz włókninę niemodyfikowaną (próba odniesienia) zbadano wg normy PN-EN 31092 (rok normy: 1998) celem zmierzenia współczynników przewodnictwa cieplnego i oporu cieplnego przy wilgotności względnej wynoszącej 80% oraz przy masie wilgoci dostarczonej do jej warstwy zewnętrznej wynoszącej 0ml i 1,5ml/0,23m². Badania przeprowadzono w komorze stabilizującej parametry klimatyczne wyposażonej w zasilacz laboratoryjny Matrix model MPS-3003L-3, izolowaną płytę grzejącą o mocy całkowitej 12 W; powierzchnia grzejąca 0,00847 m², termometry Amprobe TMD90A; (0.1 % rdg + 0.7 °C), multimetr AXIO MET AX 594 oraz miernik wilgotności, zakres 0~100%RH; dokładność $\leq \pm 4\%RH$.

Uzyskano następujące wyniki: wartość oporu cieplnego włókniny modyfikowanej mączką keratynową przy zerowej wartości masy wilgoci jest 2,9 razy wyższa w odniesieniu do włókniny nie poddanej modyfikacji mączką. Po zaaplikowaniu na włókninę wilgoci wynoszącej 1,5ml/0,23m² (wariant ten odpowiada warunkom wilgotności względnej otoczenia równej RH80% i sytuacji, w której zaabsorbowana przez włókninę wilgoć nie zdołała odparować) współczynnik oporu cieplnego włókniny modyfikowanej mączką keratynową jest 10 razy wyższy w odniesieniu do włókniny nie poddanej modyfikacji mączką.

Współczynnik oporu cieplnego układu blacha sklejona klejem PSA z włókniną poliestrową modyfikowaną mączką keratynową z dodatkiem krzemianu i fluorowęglowodoru badany w temperaturze 21°C i wilgotności względnej otoczenia RH50% jest 2,17 razy większy niż zestawu blacha sklejona z włókniną poliestrową nie poddaną modyfikacji.

Otrzymane wyniki świadczą o tym, że: modyfikowanie włókniny mączką keratynową, co ma miejsce w omawianym przebiegu procesu technologicznego wytwarzania włókniny antykondensacyjnej w istotnym stopniu wpływa na jej własności termoizolacyjne chroniąc przegrodę przed zjawiskiem kondensacji pary wodnej oraz ograniczenie emisji ciepła z otoczenia wewnętrznego włókniny do zewnętrznego blachy.