

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

Egz. SŁUŻBOWY
OPIS PATENTOWY

107 419

Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 30.01.75 (P. 204381)

Pierwszeństwo: 01.07.74 Republika Fede-
ralna Niemiec

Zgłoszenie ogłoszono: 17.01.76

Opis patentowy opublikowano: 30.04.1982

Int. Cl.⁸

B32B 15/08

B32B 27/04

H01B 5/16

Twórca wynalazku _____

Uprawniony z patentu: Dynamit Nobel Aktiengesellschaft, Troisdorf
(Republika Federalna Niemiec)

Niepalny laminat dla obwodów drukowanych

1

Przedmiotem wynalazku jest niepalny laminat dla obwodów drukowanych, który nawet przy przyłożeniu wysokich napięć nie ulega zapaleniu.

Obwody drukowane są stosowane w wielu urządzeniach elektrycznych jako elementy przewodzenia. Oprócz tego pełnią one jeszcze funkcję mechanicznego mocowania elementów układu. Takie obwody drukowane wykonane są z laminatów jako warstwowe tworzywo nośne, na którym z jednej lub z obu stron naniesiona jest folia metalowa, zwłaszcza miedziana.

Laminaty zawierają jako wzmocnienie celulozę, w postaci taśm papieru, pojedynczych włókien lub warstw włókien, lub też w postaci syntetycznych papierów lub taśm, lub warstw włókien ze związków polimerowych, takich jak poliestry lub poliamidy. Ponadto wzmocnienia wykonuje się również z włókien jedwabiu szklanego w postaci tkaniny, runa lub maty. Materiały wzmocniające impregnuje się w znanych roztworach żywicznych na bazie żywic fenolowych, epoksydowych lub innych żywic termoutwardzalnych.

Zgodnie z rozwiązaniem znany z opisu patentowego RFN nr 1 129 198 tworzywo nośne laminatu jest wykonane z wielu warstw nałożonych jedną na drugą i w takich samych procesach roboczych jest jednostronnie lub dwustronnie pokryte folią metalową, korzystnie z miedzi. Folia metalowa w celu uzyskania lepszej przyczepności jest przed sprasowaniem pokryta po stronie zwróconej

2

do laminatu spoiwem termoutwardzalnym, które stanowi kombinacja butadienu-akrylonitrylu z produktem kondensacji fenolu z aldehydem.

Warstwę spoiwa może również stanowić produkt kondensacji melaminy i formaldehydu, albo żywice epoksydowe. Tworzywo wielowarstwowe jest następnie utwardzane znanymi sposobami w prasie, pod wpływem podwyższonej temperatury i ciśnienia, na skutek czego poszczególne warstwy zostają połączone w trwały laminat, a folia metalowa zostaje trwale naniesiona na laminat. Takie tworzywo służy do wytwarzania płytek obwodów drukowanych.

Stosowanie jako samodzielnych środków spajających żywic winylowych, furanowych, mocznikowych, melaminowych i silikonowych znane jest z opisu patentowego RFN nr 1 182 319, polidienów z opisu patentowego RFN nr 1 690 285, a gumy butadieno-akrylonitrylowej z opisu patentowego RFN nr 2 140 979. Z opisu patentowego Wielkiej Brytanii nr 1 216 113 znane jest również stosowanie żywic mocznikowych, melaminowych i silikonowych, jako samodzielnych środków spajających przewodzącą folię metalową z tworzywem warstwowym.

Przy wytwarzaniu obwodów drukowanych powstają według żądanego wzoru ścieżki o określonej szerokości i o grubości 5—200 μm , zależnie od grubości użytej folii metalowej. Już przy wytwarzaniu płytek drukowanych, na skutek naprężeń

gnących, na przykład przy wykrawaniu, mogą powstać pęknięcia włoskowate, które przedzielają ścieżkę przewodzącą. Takie pęknięcia włoskowate mogą powstać również na skutek pęknięcia płytki drukowanej podczas transportu. Takie pęknięcia włoskowate powoduje często przerwę w danym obwodzie, przy czym końce ścieżki mogą mieć tylko bardzo mały odstęp od siebie, rzędu 5—100 μm . Taka przerwa w obwodzie może również wystąpić wtedy, gdy element układu nie jest prawidłowo przylutowany do płytki drukowanej. W miejscach zimnego lutowania również powstają przerwy, przy czym końce przewodników mają mały odstęp od siebie.

Przerw w obwodzie często nie można jednoznacznie zlokalizować, ponieważ końce przewodników stykają się ze sobą, gdy urządzenie nie pracuje, lub też stykają się w określonym położeniu, a przerwa występuje dopiero po nagraniu, przy dotknięciu, lub przy zmianie położenia, na przykład wskutek wstrząsu. Przerwy takie są niezwykle kłopotliwe.

Jeśli taka przerwa w ścieżce wystąpi w obwodzie, wówczas przepływ prądu zostaje całkowicie przerwany i w miejscu występowania przerwy panuje całkowite napięcie układu. Zależnie od wielkości tego napięcia i od szerokości przerwy powstaje wówczas łuk elektryczny z temperaturą kilku tysięcy stopni Celsjusza. Natężenie łuku zależy zarówno od samego napięcia, jak i od możliwego natężenia prądu. Występujące przy takim przerwaniu prądu zjawiska, łatwo jest zaobserwować przy zastosowaniu sterowanego tyrystorowo układu poziomego odchylenia odbiornika telewizji kolorowej, ponieważ występujące tam napięcie impulsu, w przybliżeniu 1400 V przy prądzie odchylenia w przybliżeniu 2 A i przy częstotliwości 15,62 kHz, daje szczególnie dobre warunki dla powstania łuku elektrycznego i dla zapalenia się materiału podłoża.

Powstające w miejscu styku napięcie wywołuje wyładowanie łukowe, które wytwarza wysoką temperaturę powodującą uszkodzenie płytki nasyczonej tworzywami termoutwardzalnymi. Wiązania eterowe i metylenowe żywicy fenolowej względnie epoksydowej, jak również innych znanych spoiw zostają wówczas rozłączone, tak że w spoiwie zwiększa się zawartość aromatycznych związków C:C. Prowadzi to w końcu do struktur grafitopodobnych, tak że rezystancja izolacji z 10^{12} oma maleje do dziesiątek omów. Miejsce uszkodzenia natychmiast zapala się, a mała rezystancja palącego się miejsca podtrzymuje przepływ prądu. Jeżeli urządzenie wyłączy się, wówczas uszkodzone miejsce pali się dalej, w zależności od stopnia ognioodporności laminatu.

Cienka folia miedziana o grubości na przykład 35 μm , stosowana zwykle przy wytwarzaniu obwodów drukowanych, wyparowuje na skutek wysokiej temperatury łuku elektrycznego. Na skutek tego wynoszący pierwotnie kilka μm odstęp końców przewodników stale się zwiększa ze względu na wytapianie się ścieżki z folii. Łuk elektryczny na skutek stale wzrastającego odstępu zostaje samoczynnie przerwany, gdy napięcie w układzie

i moc nie mogą już podtrzymywać łuku elektrycznego ze względu na powiększanie się miejsca uszkodzenia. Wygaszaniu łuku zapobiega jednak to, że żywice i inne znane spoiwa termoutwardzalne przy działaniu łuku elektrycznego przybierają strukturę grafitopodobną. Na skutek tego palące się pod roztopianą ścieżką z folii tworzywo sztuczne, ze względu na swą dobrą przewodność zastępuje ścieżkę przewodzącą i łączy odstęp pomiędzy elektrodami łuku elektrycznego.

Dla oceny zapalności tworzyw izolujących stosowano dotychczas taki sposób badania, który odwzorowywał tylko praktyczne warunki palenia się płytki drukowanej, a więc wytrzymałość na prądy pełzające (według DIN 53 480 względnie IEC 112), badanie łukiem elektrycznym wysokiego napięcia UL 492 oraz badanie łukiem elektrycznym silnopiędowym UL 492 (UL = Underwriter Laboratories Subject).

Wymienione badania dają jedynie orientacyjne dane dla oceny warunków zapalności płytki drukowanej. Istotną różnicą są wymiary elektrod i ich rozmieszczenie. Podczas gdy na płytce drukowanej występują cienkie ścieżki z folii, które ulegają stapianiu, przy badaniach stosuje się elektrody o znacznie większych wymiarach, które ponadto wykonane są z innego materiału, który nie topi się, co wprowadza inne warunki.

Stosowane dotychczas żywice i spoiwa termoutwardzalne z dodatkiem znanych środków przeszkadzających paleniu, np. eteru pięciobromodwufenyłowego dają bierną ochronę przed zapalnością polegającą na tym, że skutki pożaru urządzenia zostają ograniczone, ponieważ materiał tylko w niewielkim stopniu pozwala na przenoszenie się płomieni, a po usunięciu płomienia łuku elektrycznego na przykład przez wyłączenie napięcia, dopalanie trwa bardzo krótko. Laminaty takie nie umożliwiają jednak przerywania łuku elektrycznego, występującego w miejscu uszkodzenia. Po ponownym włączeniu urządzenia pojawi się również łuk elektryczny wraz ze swymi niedogodnościami.

Celem wynalazku jest opracowanie obwodów drukowanych, w których powstający w miejscach uszkodzenia ścieżek po przyłożeniu napięcia łuk elektryczny nie wytwarza mostków węglowodorowych o strukturze grafitopodobnej, zdolnych do podtrzymywania łuku. Powinno być niemożliwe powstawanie takich grafitopodobnych mostków węglowodorowych, aby powstający łuk elektryczny był możliwie szybko przerywany i nie powodował zapalenia tworzywa nośnego.

Niepalny laminat dla obwodów drukowanych, składający się z warstwowego tworzywa nośnego i folii metalowej, która jest połączona z tworzywem nośnym za pomocą niepalnej termoutwardzalnej warstwy wiążącej z tworzywa sztucznego według wynalazku charakteryzuje się tym, że niepalną warstwę wiążącą stanowi mieszanina zawierająca 70 do 90% wagowych cykloalifatycznych żywic epoksydowych, albo 70 do 90% wagowych dających się sieciować elastometrów nie zawierających ugrupowań aromatycznych i pierścieniowych związków organicznych z heteroatomami

i sprzężonymi wiązaniami podwójnymi oraz 10 do 30% wagowych żywic fenolowych lub epoksydowych.

Laminat według wynalazku spełnia stawiane mu warunki. Miejsca uszkodzenia w ścieżkach przewodzących podczas parowania ścieżki z folii w łuku elektrycznym nie przewodzą prądu elektrycznego i zachowują wysoką rezystancję izolacji powyżej 10^{12} oma. W laminacie takim, w przypadku uszkodzenia prąd zostaje wprawdzie przerwany, a powstający łuk elektryczny powoduje wyparowanie ścieżki z folii, która stapia się tak jak przy laminacie łatwopalnym, ale odstęp pomiędzy elektrodami zwiększa się, aż napięcie i moc nie wystarczają już dla podtrzymywania łuku elektrycznego. Taki proces wyparowywania wraz z przzerwaniem łuku następuje tak szybko, że laminat nie może się zapalić. Uszkodzone urządzenie samoczynnie się wyłącza. Przy ponownym włączeniu urządzenia nie następuje już ponowny zapłon łuku elektrycznego, ponieważ odstęp elektrod stał się zbyt duży. Tego rodzaju tworzywo według wynalazku daje czynne zabezpieczenie przed zapaleniem się w łuku elektrycznym.

Jako składniki niepalnej warstwy wiążącej stosuje się korzystnie utwardzalne żywice i nadające się do usieciowania elastomery, które nie zawierają ugrupowań aromatycznych i pierścieniowych związków organicznych z heteroatomami i z podwójnymi wiązaniami sprzężonymi (np. melamina).

Zasadniczo mogą być stosowane wszystkie znane żywice utwardzalne i nadające się do usieciowania elastomery. Ponieważ niepalna warstwa wiążąca po utwardzeniu powinna w miarę możliwości mieć takie same właściwości termiczne i mechaniczne jak żywica stosowana do impregnowania laminatu, korzystne jest zmieszanie stosowanego w tym celu tworzywa sztucznego z żywicą termoutwardzalną na przykład z żywicą fenolową lub epoksydową. Zawartość tych żywic fenolowych lub epoksydowych w warstwie niepalnej nie powinna jednak przewyższać 30% wagowych, ponieważ w przeciwnym przypadku nie wystąpi już działanie według wynalazku.

Do żywic utwardzalnych, które stosuje się według wynalazku, zaliczają się cykloalifatyczne żywice epoksydowe, które zgodnie z definicją zawierają w cząsteczce jeden lub kilka pierścieniowych wiązań cykloalifatycznych, a oprócz nich i grup epoksydowych — tylko rodniki alifatyczne. Zaliczają się do tego żywice cykloalifatyczne, które zawierają wiązania pierścieniowe cykloalifatyczne ze związanymi z nimi tlenem epoksydowym (np. dwutlenek cyklopentadienu), lub zawierają związki cykloalifatyczne, w których tlen epoksydowy związany jest z alifatycznymi łańcuchami bocznymi, jak np. ester dwuglicydyłowy kwasu sześciocydroftalowego. Tlen epoksydowy może być w związkach wyjściowych usytuowany zarówno przy pierścieniu jak i przy łańcuchach bocznych, jak np. w dwutlenku winylocykloheksanonu.

Wytwarzanie i utwardzanie takich żywic następuje ogólnie znanymi sposobami. Jako utwardzacz

stosuje się przeważnie alifatyczny kwas karboksylowy lub jego bezwodnik oraz trójfluorek boru i jego związki addycyjne z aminami alifatycznymi. Do żywic utwardzalnych, które mogą być stosowane według wynalazku, zaliczają się ponadto alifatyczne nienasycone poliestry, żywice mocznikowo-formaldehidowe i żywice poliuretanowe, jeżeli składowe izolacyjanowe i alkoholowe nie są węglowodorami aromatycznymi. Do grupy nienasyconych poliestrów należą między innymi produkty kondensacji z nienasyconych, alifatycznych kwasów dwukarboksylowych typu α , β , względnie ich bezwodniki (np. bezwodnik kwasu maleinowego, kwas maleinowy, kwas fumarowy, kwas itakonowy, kwas mezakonowy) lub z nasyconych alifatycznych kwasów dwukarboksylowych względnie ich bezwodników (np. bezwodnik kwasu bursztynowego, kwas adypinowy, kwas sebacynowy, kwas dodekano-dwukarboksylowy, kwas dwumetylonowy) z alifatycznymi diolami, korzystnie glikolem etylenowym, diolem propylenowym i butanowym.

Jako związki wyjściowe stosuje się również alkohole eterowe, takie jak np. eter glicerynomonoalkilowy lub glikol dwu- lub trójetylenowy.

Jako produkt wyjściowy dla stosowanej według wynalazku żywicy poliuretanowej używa się korzystnie 1,6-dwuzocyjanianoheksan. Jako składniki alkoholowe są stosowane nienasycone poliestry. Jednakże jako drugi składnik żywic poliuretanowych stosuje się również poliestry alifatyczne lub inne alifatyczne związki wielowodorotlenowe.

Stosowane według wynalazku elastomery obejmują między innymi polibutadieny, ich produkty podstawiania metylem oraz ich polimery mieszane i kopolimery z żywicami akrylowymi. Ponadto pod nazwą nadających się do usieciowania elastomerów należy rozumieć również nadające się do usieciowania produkty z poliepichlorohydryny (CHR) lub polimerów chlorohydryny (kopolimery z tlenkiem etylenu, zwane tworzywem CHC). Usieciowanie przeprowadza się przy ostatnio wymienionych elastomerach z zastosowaniem amin albo tlenków metali.

Również silikony stosuje się jako niepalną warstwę wiążącą, jeżeli mają one charakter żywicy i dają się usieciować. Ewentualnie takie żywice silikonowe stosuje się wraz z żywicami akrylowymi i (lub znanymi środkami zwiększającymi przyczepność, aby właściwości cieplne i mechaniczne tych żywic zrównać z właściwościami laminatu lub też polepszyć przyczepność takiej żywicy do folii metalowej. Jako środki zwiększające przyczepność stosuje się między innymi organofunkcjonalne silany lub estry kwasu organofosfonowego.

Jako folię metalową stosuje się korzystnie folię miedzianą, ale można również stosować folie z innych metali o dobrym przewodnictwie elektrycznym, takie jak aluminium, srebro lub cyna. Grubość folii może się wahać w szerokim zakresie. Korzystnie stosuje się możliwie cienką folię o grubości 30 — 100 μm . Połączenie pomiędzy folią metalową a tworzywem nośnym wykonuje się różnymi sposobami. Nanosi się niepalną warstwę wiążącą na folię metalową, jak również na górną

warstwę tworzywa nośnego i potem wytwarza się połączenie przez ogrzewanie pod ciśnieniem. Kiedy niepalna warstwa wiążąca nanoszona jest na tworzywo nośne, pokrywanie metalem przeprowadza się znanymi sposobami najpierw chemicznie, a potem galwanicznie. Ponadto materiał wzmacniający najwyższej warstwy laminatu, która ma zostać połączona z folią metalową, zamiast spajającą żywicą, pokrywa się lub impregnuje roztworem lub zawiesziną niepalnego tworzywa sztucznego i taką impregnowaną warstwę laminatu stosuje się jako warstwę wiążącą.

Tworzywa nośne stosowane do wytwarzania obwodów drukowanych składa się z warstw laminatu, złożonych z materiału wzmacniającego i z żywicy spajającej.

Rozwiązanie według wynalazku zostanie bliżej objaśnione w przykładach. Dostarczoną w rolce folię miedzianą o szerokości 1100 mm, ciężarze powierzchniowym 350 g/m², grubości 35 μm, pokryto przy użyciu raki roztworem tworzywa sztucznego o następującym składzie:

Przykład porównawczy Roztwór A	Przykład 1 Roztwór B
— 80 części wagowych żywicy fenolowo-formaldehydowej	— 100 części wagowych cykloalifatycznej żywicy o nazwie handlowej Araldit L 580
— 20 części żywicy epoksydowej (828 Shell)	— 1 część BF ₃ (amino-kompleks)
— 5 części wagowych utwardzacza, czyli dwuaminodwufenylo-metanu	— 20 części wagowych acetonu
— 50 części wagowych acetonu	

W przykładzie porównawczym roztwór A stanowi znane spoiwo na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowej oraz żywicy epoksydowej.

Roztwory A i B miały lepkość w przybliżeniu 500-600 cP. Taśmę miedzianą przeprowadzono przez kanał suszarni, w którym była ona nagrzewana przez 5 minut stopniowo od 100 do 140°C w celu usunięcia rozpuszczalnika. Po wyjściu z kanału suszarni folia miała ciężar powierzchniowy 40 g/m². Tak pokrytą folię miedzianą wraz z ośmioma warstwami papieru rdzeniowego utwardzonego żywicą fenolową ogrzewano pomiędzy prasującymi blachami prasy gorącej w ciągu 70 minut, pod ciśnieniem 80 barów, przy temperaturze 170°C. Powstała pokryta miedzią płyta folii o grubości 1,6 mm.

Przykład 2. Analogicznie do przykładu 1 pokryto impregnowany żywicą fenolową papier wypełniający wodnym roztworem żywicy mocznikowo-formaldehydowej, jak to się zwykle robi w celu wytworzenia papieru utwardzonego żywicą fenolową. Pokrywanie i suszenie przeprowadzono w taki sam sposób jak w przykładzie 1. Ciężar powierzchniowy po pokryciu wynosił również 40 g/m². Tak pokryty arkusz utwardzonego papieru wraz z innymi pokrytymi żywicą fenolową warstwami papie-

ru i z nałożoną folią miedzianą sprasowano w taki sam sposób jak opisano w przykładzie 1.

Przykład 3. Opisany w przykładzie 1 roztwór B tworzywa sztucznego rozcieńczono przez dodanie acetonu do lepkości 200 cP. Papier celulozowy z siarczynowej masy celulozowej o ciężarze powierzchniowym 120 g/m² zanurzono w tym roztworze acetonowym i za pomocą walców zgniatających zgnieciono tak, że wysuszone podłoże miało ciężar powierzchniowy 240 g/m². Tak zaimpregnowany arkusz wraz z pokrytymi żywicą fenolową warstwami pośrednimi i z nałożoną folią miedzianą sprasowano na laminat w prasie w ten sam sposób jak w przykładzie 1.

Przykład 4. Postępowano jak w przykładzie 1, jednak stosując jako roztwór tworzywa sztucznego zawieszinę w metanolu 0,7% molowych glikolu neopentylowego, 0,3% molowych glikolu etylenowego, 1% molowy kwasu fumarowego i 2% wagowych pasty nadtlenu dwubenzoilu, w odniesieniu do pozostałych składników. Zawieszina ta zawierała około 70% wagowych substancji stałej.

Przykład 5. Zmieszano 90 części wagowych (liczonych jako stała żywica) 50% zawiesziny żywicy butadienowo-akrylonitrylowej z 10 częściami wagowymi (również liczonych w stosunku do stałej żywicy) żywicy fenolowo-formaldehydowej (zawartość składnika stałego około 70%). Otrzymaoną zawieszinę naniesiono na folię miedzianą o grubości 35 μm według przykładu 1 i poddano obróbce jak w przykładzie 1.

Dla sprawdzenia efektu polepszonej odporności na zapalenie wykonano dwie elektrody grzebieniową i gwiazdową. Naniesiono je sposobem fotodruku na laminaty z przykładów 1 do 5 oraz przykładu porównawczego i wytworzono znanym sposobem przez trawienie. Powstało dzięki temu odwzorowanie kilku przerw ścieżek przewodzących. Elektrody te włączono w układ odchylenia poziomego odbiornika telewizji kolorowej. Po włączeniu odbiornika w miejscach przerwania powstaje napięcie biegu jałowego, które powoduje powstanie łuku elektrycznego. Przy badaniu tym oceniano, czy łuk elektryczny zapala laminat, ponieważ przepływ prądu jest ciągle utrzymywany przez tworzenie mostków grafitowych, czy też uszkodzenie samo się likwiduje. Likwidacja taka oznacza korzystny skutek stosowania rozwiązania według wynalazku, który sprowadza się do tego, że ścieżki z folii w miejscu przerwania obwodu stapiają się bez powstania pod nimi warstwy przewodzącej. Właściwości laminatów z przykładów 1 do 5 oraz przykładu porównawczego określone za pomocą elektrody włączonej w układ odchylenia poziomego odbiornika telewizyjnego podane są w tabeli.

Laminat według przykładu porównawczego zapalał się zarówno przy badaniu z elektrodą grzebieniową jak i przy badaniu z elektrodą gwiazdową. Ponadto, po ponownym włączeniu napięcia, następowało ponownie wyładowanie łukowe i ponowne zapalenie próbki. Laminaty z przykładów 1 do 5 wykazują przy badaniu żadaną odporność na zapalenie. Elektroda nie ulega zapaleniu przez łuk elektryczny, a ponadto nie powoduje ponownego zapłonu przy powtórnym włączeniu napięcia.

Tabela

Przykład	Porównawczy	1	2	3	4	5
Sposób nakładania na pokrywanie impregnowanie	miedź x	miedź x	papier x	papier x	miedź x	miedź x
Zachowanie się próbki przy łuku elektrycznym						
Zapala się przy elektrodzie grzebieniowej	tak	nie	nie	nie	nie	nie
Zapala się przy gwiazdowej	tak	nie	nie	nie	nie	nie
Zapala się przy ponownym włączeniu	tak	nie	nie	nie	nie	nie

Odnosi się to zarówno do elektrody grzebieniowej jak i do elektrody gwiazdowej.

Przy wytwarzaniu obwodów drukowanych zwykle części układu ścieżek zakrywa się lakierem żaroodpornym. Ten lakier zapobiega pocynowaniu całej powierzchni folii miedzianej. Pozostają nie pokryte małe powierzchnie, aby lutować tylko potrzebne dla zamocowania elementów miejsca lutowania.

Aby móc optymalnie wykorzystać efekt odpornej na zapalenie warstwy wiążącej o składzie według wynalazku, również stosowany ewentualnie lakier ograniczający lutowanie musi być niepalny. Spoiwo według wynalazku nadaje się również do tego celu i można go stosować jako lakier uniemożliwiający lutowanie. Przy stosowaniu znanych lakierów uniemożliwiających lutowanie istnieje możliwość, że te żywice utwardzalne spowodują

zapalenie się podłoża, chociaż usytuowana pod nimi warstwa nośna jest wykonana z niepalnego tworzywa.

Zastrzeżenie patentowe

Niepalny laminat dla obwodów drukowanych, składający się z warstwowego tworzywa nośnego i folii metalowej, która jest połączona z tworzywem nośnym za pomocą termoutwardzalnej warstwy wiążącej z tworzywa sztucznego, **znamienny tym**, że niepalną warstwę wiążącą stanowi mieszanina zawierająca 70 do 90% wagowych cykloalifatycznych żywic epoksydowych, albo 70 do 90% wagowych dających się sieciować elastomerów nie zawierających ugrupowań aromatycznych i pierścieniowych związków organicznych z heteroatomami i sprzężonymi wiązaniami podwójnymi oraz 10 do 30% wagowych żywic fenolowych lub epoksydowych.