

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

### Materiały kompozytowe o zwiększonej wytrzymałości i odporności termicznej z wykorzystaniem żywic polimerowych do zastosowań w lotnictwie

### Composite materials of increased strength and thermal resistance with the use of polymeric resins applied in aviation

Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska, Politechnika Lubelska

#### Tytuł rozwiązania Innowacyjnego

Title of the innovative solution

Sposób otrzymywania niepalnej kompozycji małowiskostekowej żywic epoksydowej  
The method for preparing of epoxy composition with flame retardant

#### Krótki opis rozwiązania

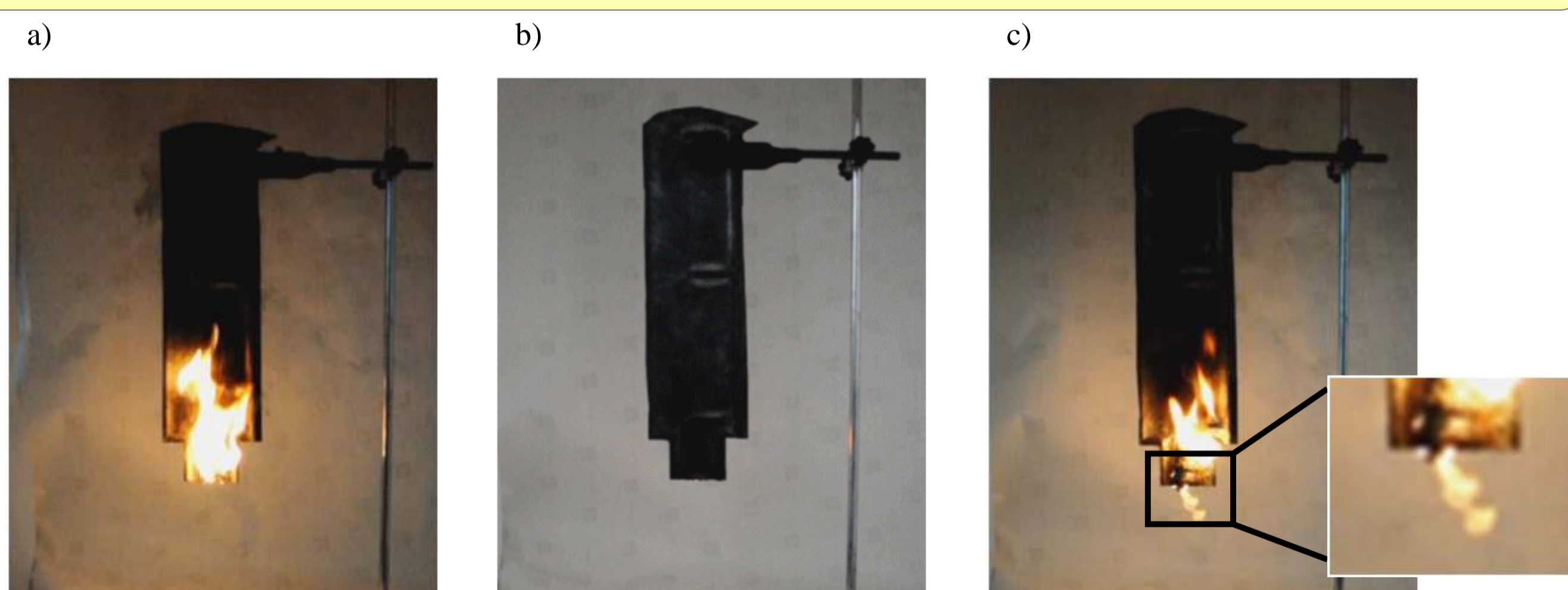
Brief description of the solution

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania niepalnej kompozycji małowiskostekowej żywic epoksydowej przeznaczonych do wytwarzania samogasnących kompozytów epoksydowych zbrojonych włóknem szklanym, w głównym lub innym, odpornym na działanie płomienia. Sposób otrzymywania niepalnej kompozycji małowiskostekowej żywic epoksydowej, zgodnie z którym prowadzi się 3-stopniową homogenizację żywic epoksydowej z poszczególnymi składnikami: wstępne mieszanie za pomocą wolnoobrotowego mieszadła mechanicznego z prędkością 250 do 750 obr./min-1 w temperaturze pokojowej i czasie 15 do 30 minut, homogenizacja ultradźwiękami w kotle w temperaturze 40 do 70°C, mieszanie w szybkoobrotowym mikserze w temperaturze 40 do 70°C. Wprowadza się 0,1 do 8% masy bentonitu modyfikowanego IV-rzędową solą kwaternaryjną arylalkylfosfonium z dodatkiem bisfenolu, 5 do 25% masy pirofosforanu amoniu 1 do 10% masy dipentaerytrytolu. Potem otrzymaną kompozycję schładza się do temperatury pokojowej i dodaje do niej utwardzacz aminowy – trietylenotetramin w ilości do 13% masy, w stosunku do żywic, mieszając całość i utwardzając w temperaturze pokojowej przez 24 h.

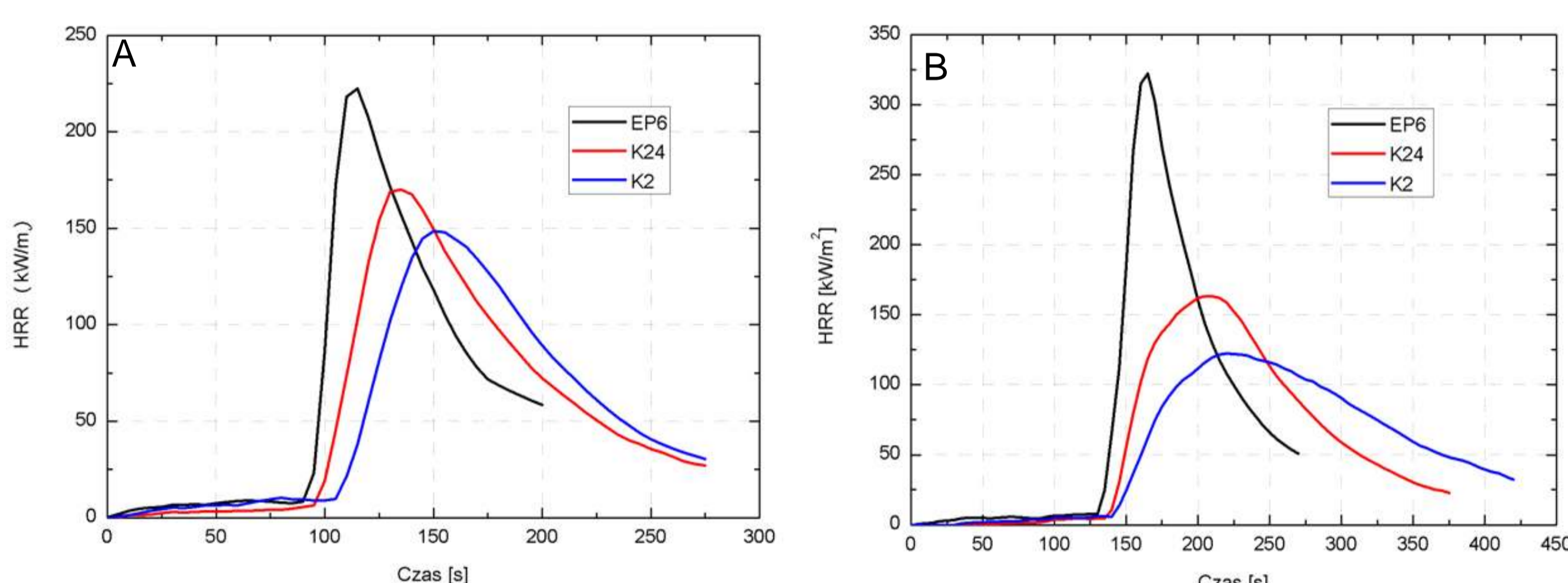
The present invention relates to a process for preparing a composition flame retardant low molecular weight epoxy resin for manufacturing flame resistant epoxy composites reinforced with glass fibers, carbon or other. A process for preparing flame resistant epoxy composites reinforced with glass fibers, carbon or other, in the main or in another, flame resistant. The method of preparing flame resistant epoxy composition, according to which the homogenization is carried out with the individual components with 3 homogenization steps: pre-mixing using a low revolution mechanical mixer at room temperature 15 to 30 minutes, ultrasonic homogenization at 40 to 70 ° C, and mixing in a high shear mixer at 40 to 70 ° C. After cooling of the composition 13 wt.% of triethylenetetramine (as curing agent) is added and mixed and cured at room temperature for 24 h.

#### Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego

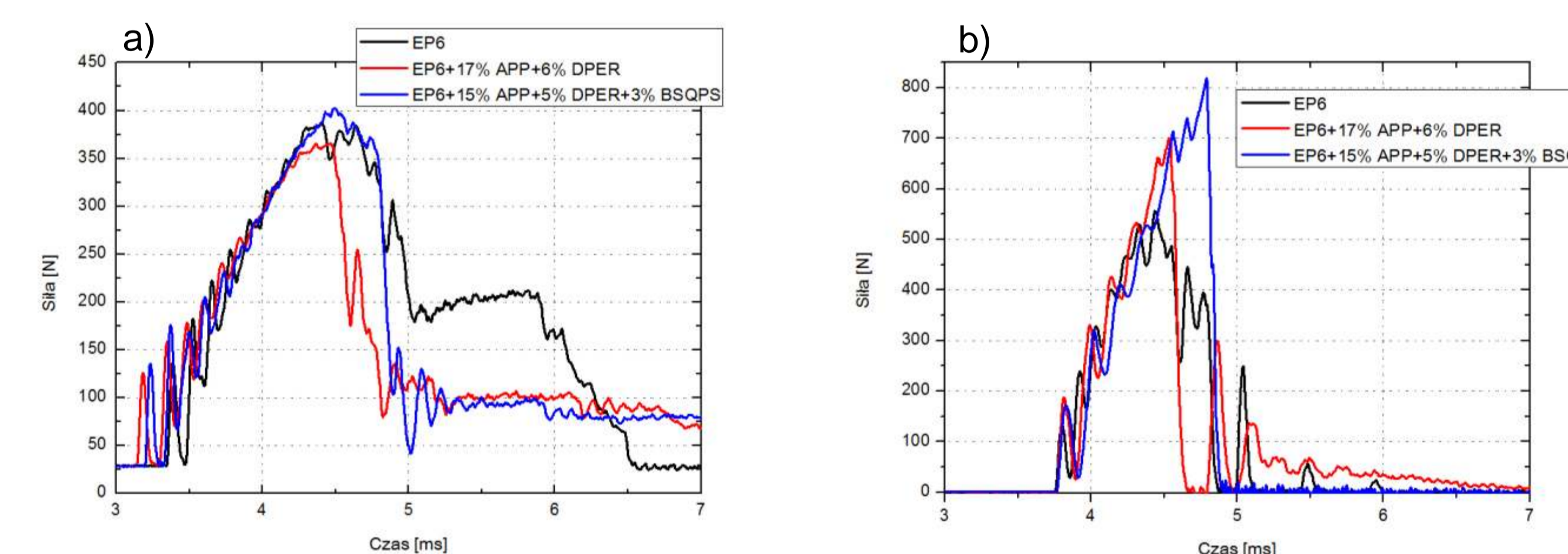
Visualization of the innovative solution



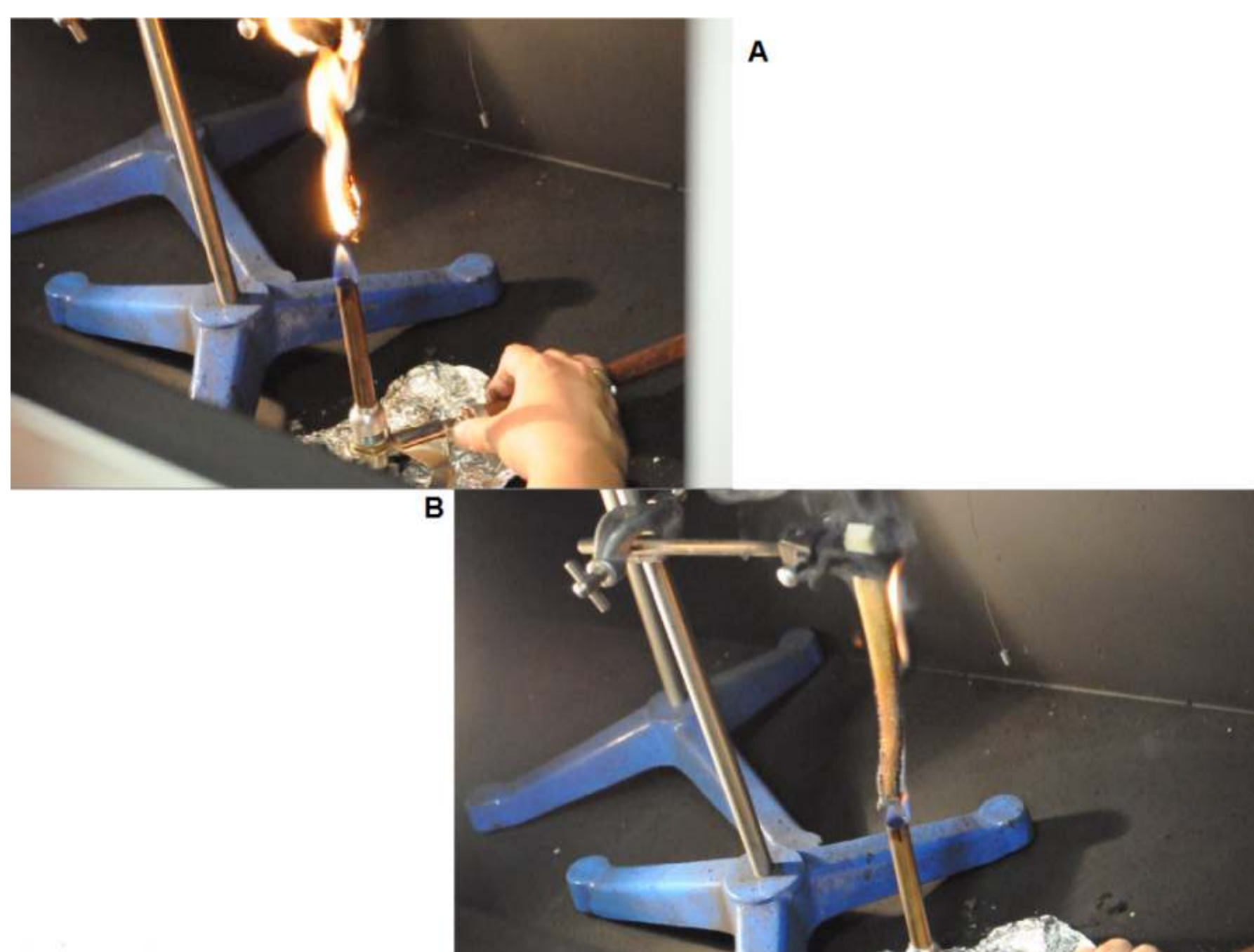
Rys. 1. Wygląd płyty kompozytowej wzmocnionej włóknem w głównym z osnowy: EP6+17%APP+6%DPER (a), EP6+15%APP+5%DPER+3%BSQPS (b) po 10 s od momentu usunięcia palnika oraz efekt wydmuchiwania obecny w laminacie z osnowy EP6+15%APP+5%DPER+3%BSQPS (c).  
Fig. 1. A composite plate reinforced with carbon fiber with matrix: EP6+17%APP+6%DPER (a), EP6+15%APP+5%DPER+3%BSQPS (b), 10 s after removing the flame source.



Rys. 2. Przebieg zmian wydzielonego ciepła (HRR) w funkcji czasu laminatów szklanych (a) i w głównym (b) na osnowie: EP6 i EP6 z dodatkiem hybrydowych niepalniaczy.  
Fig. 2. The heat release rate (HRR) curves recorded in a cone microcalorimeter for glass (a) and carbon (b) fabric reinforced laminates prepared using plain epoxy resin (EP6) and the resins modified with flame retardants

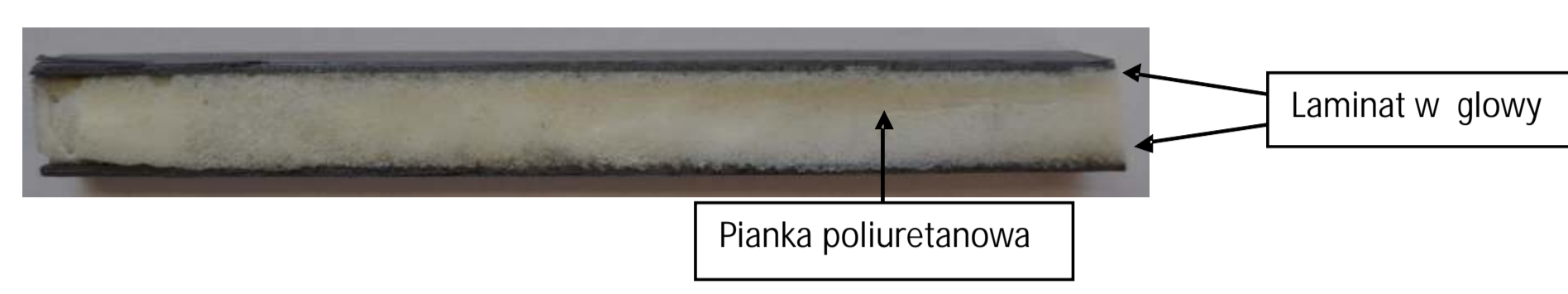


Rys. 3. Krzywe zmian siły w czasie rejestrowane podczas udarowego złamania próbek laminatów na osnowie EP6 oraz EP6 z dodatkiem antypirenow: a) szklanych, b) w głównym.  
Fig. 3. Force curves as a function of time during impact fracture of laminates with matrix EP6 and EP6 containing flame retardant: a) glass, b) carbon



Rys. 4. Wygląd próbek PUR w trakcie wykonania badania palności w komorze UL-94: bez dodatku niepalniaczy (a) z dodatkiem niepalniaczy (b).  
Fig. 4. The photographs of samples prepared with the rigid foam during UL-94 fire test: unmodified (a) and modified (b)

#### Otrzymywanie kompozytów przekładkowych "sandwich" o zwiększonej odporności na płomień



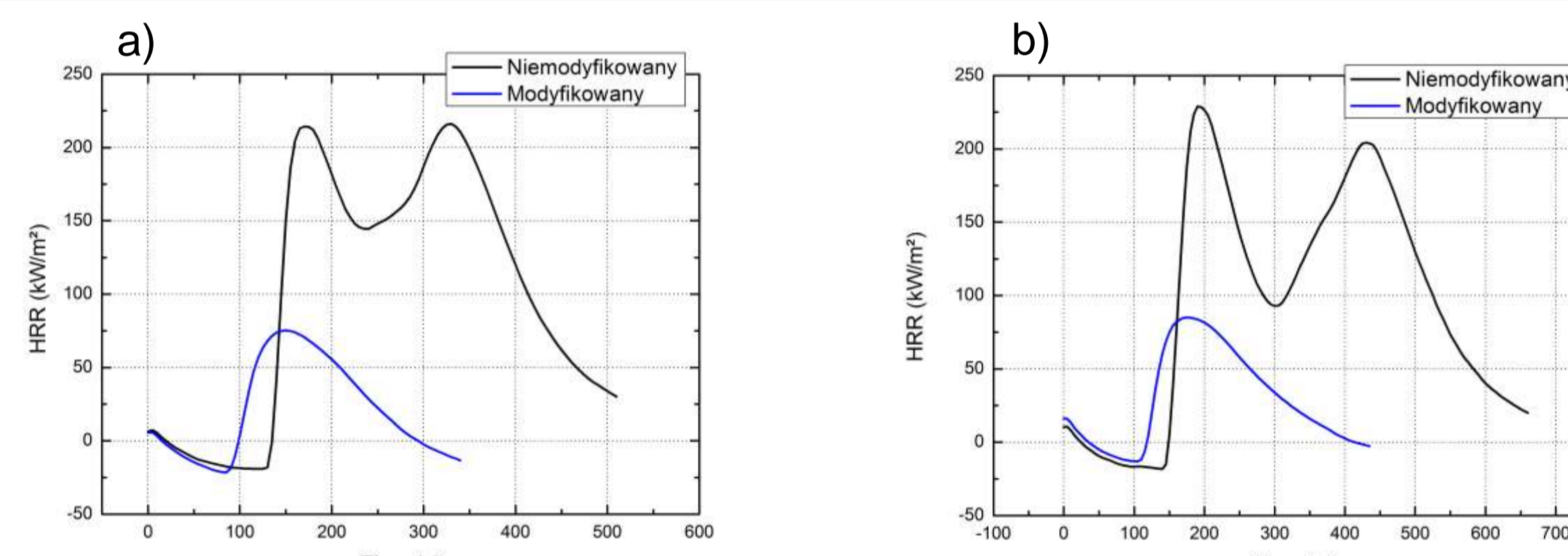
Rys. 4. Wygląd próbek kompozytów przekładkowych po badaniu odporności na płomień wg normy UL-94.  
Fig. 4. The sandwich composites after UL-94 test

Tabela 1. Wyniki badania w komorze UL-94 oraz wartości LOI kompozytów przekładkowych  
Table 1. The results of UL-94 and LOI test for sandwich composites

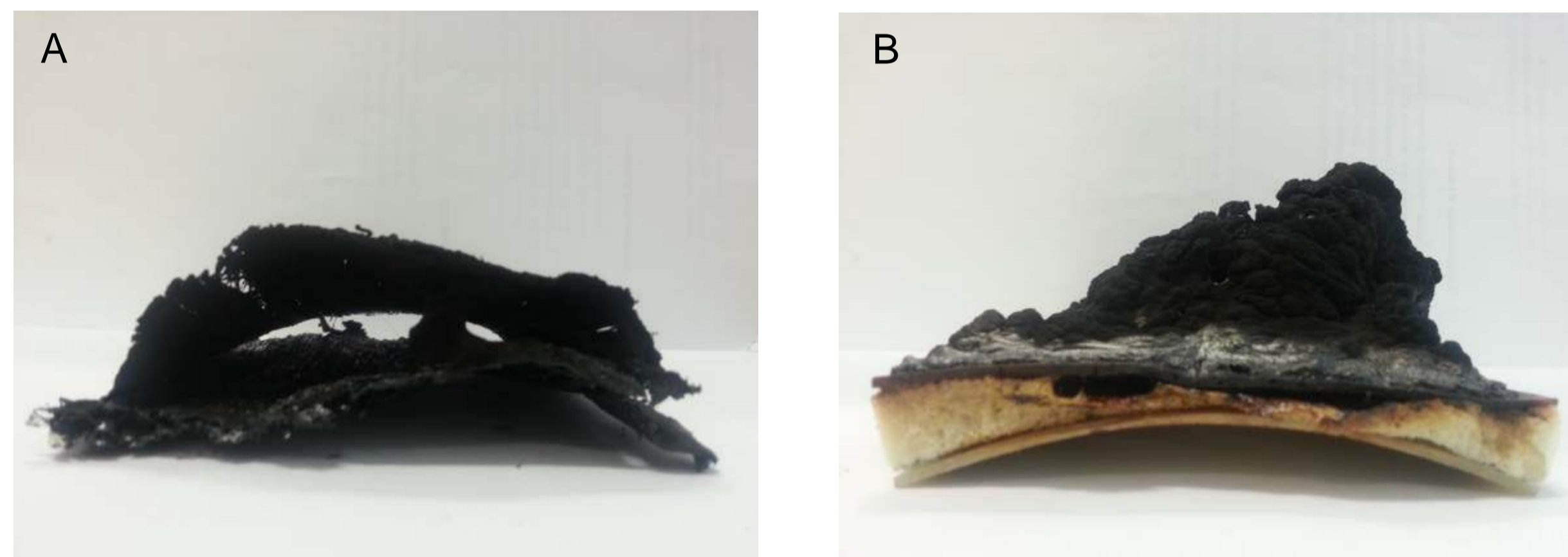
Nazwa	Ubytek masy [%]	Klasa palności	LOI [%]
EP6/Glass/M0	70,0	HB40	18,5
EP6-FR/Glass/PUR+FR	1,0	V-0	24,5
EP6/carbon/M0	57,0	HB40	18,5
EP6-FR/carbon/PUR+FR	0,7	V-0	24,5

#### Graficzna prezentacja rozwiązania Innowacyjnego

Visualization of the innovative solution



Rys. 5. Przebieg zmian wydzielonego ciepła (HRR) w funkcji czasu kompozytów przekładkowych: szklanych (a) i w głównym (b) wykonanym ze sztywnej pianki poliuretanowej.  
Fig. 5. The heat release rate (HRR) curves recorded in a cone microcalorimeter for sandwich composites: glass (a) and carbon (b) with core prepared with the rigid foam



Rys. 6. Wygląd próbek po wykonaniu badania palności w mikrokalorymetrze stożkowym kompozytów przekładkowych: bez dodatku niepalniaczy (a) z dodatkiem niepalniaczy (b).  
Fig. 6. The photographs of samples after flammability test in cone microcalorimeter of sandwich composites: unmodified (a) and obtained with the addition of flame retardant (b)

#### Zalety i ograniczenia rozwiązania Innowacyjnego

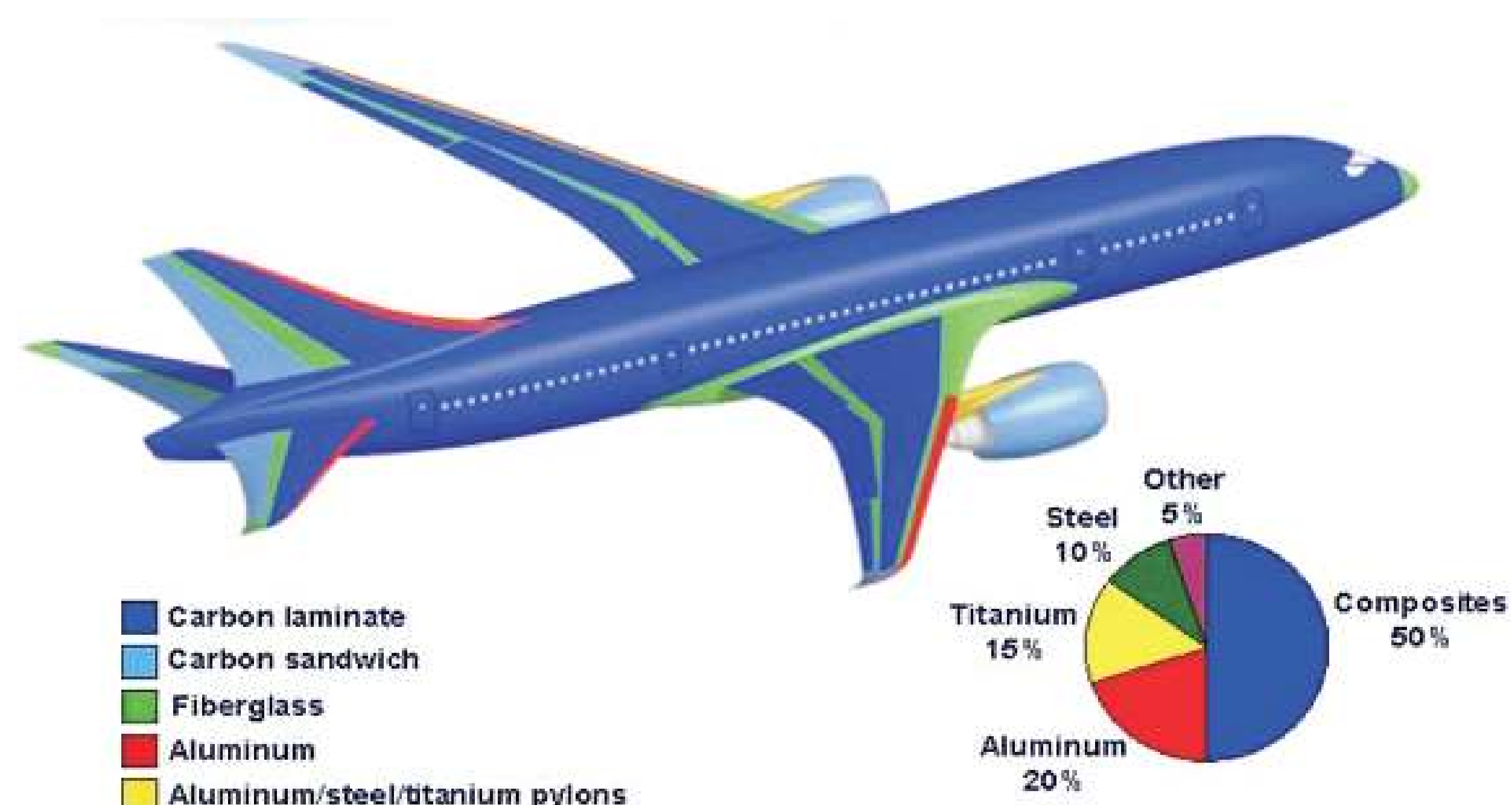
Advantages and restrictions of innovative solution

- Zaletami wynalazku jest:
- Możliwość otrzymania kompozytów o klasie palności V0 według UL94 przy zachowaniu właściwości mechanicznych w stosunku do kompozytów niemodyfikowanych.
  - Zastosowanie układów antypirenowych z grupy tzw. przyjaznych dla środowiska, nie wydzielających w trakcie palenia dodatkowo szkodliwych i trujących spalin i dymów.
  - Tworzeniem porowatego spieku, który dodatkowo ogranicza rozwarstwianie się włókien w trakcie palenia.
- Ograniczenia wynalazku stanowią:
- Konieczność stosowania wieloetapowej homogenizacji zapewniającej odpowiednie zdypergowanie antypirenowych w osnowie polimerowej i ich skuteczne działanie.
  - Wzrost lepkości kompozycji epoksydowych wynikający z zastosowanych niepalniaczy w postaci stałej.
  - Wzrost ceny kompozycji epoksydowej o 20%.
- Advantages**
- Composites have V0 flammability class according to UL94 method and mechanical properties better or the same as unmodified composites
  - Used environment friendly flame retardant
  - During flame action composites form hard chalk preserving their surface against degradation
- Inconvenience**
- 3-steps homogenization necessary to obtain good flame resistance
  - Increasing viscosity of the composition
  - 20 % higher price of the composition than this one of unmodified composites

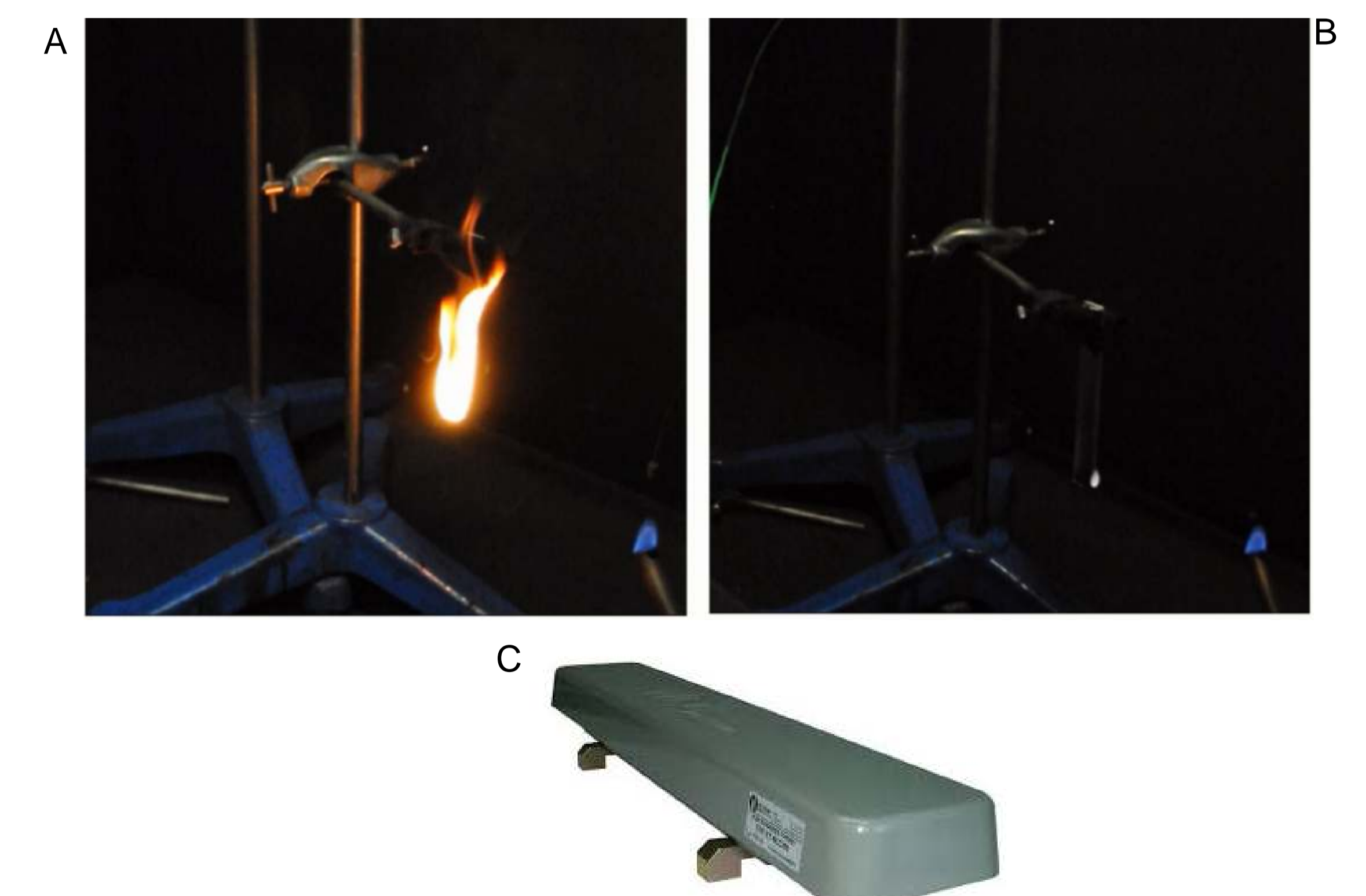
#### Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki

Examples of application in aviation and other branches

Przemysł lotniczy: osłony turbin, grodzieciki nieniowe, spoiłki, elementy konstrukcyjne stateczników pionowych, owiewki kadłuba, elementy konstrukcyjne wnętrza samolotu. Przemysł maszynowy: elementy konstrukcyjne karoserii tramwajów, wagonów kolejowych, samochodów, elementy konstrukcyjne wnętrza jednostek pływających (statków, jachtów).  
Aviation industry: spoilers, tailplane and elevator, fin boss and rudder, horizontal stabilizer, radome, front top skin. Furthermore, structural elements for yachts and ships.



Rys. 7. Wykorzystanie materiałów kompozytowych w kadłobie pasażerskiego samolotu Boeing 787 [www.boeing.com]  
Fig. 7. Material used in the Boeing 787



Rys. 8. Wygląd próbek podczas palenia w komorze UL94: wycięta kawałka z osnowy: A - żywic epoksydowej, B - opracowanej niepalnej kompozycji.  
Fig. 8. The photographs of samples during flammability test in UL94 chamber of composites prepared by TELEKOM Oleszno company with matrices: unmodified EP (a) and modified epoxy composition (b)

#### Oferta dla przemysłu

The offer for industry

Możliwość sprzedaży licencji do wynalazku, nadzór technologiczny oraz możliwość wykonania prepregów i modyfikacji wynalazku na potrzeby wdrożenia.



Rys. 9. Urządzenie laboratoryjne do wytwarzania maty kompozytowej „Prepreg”  
Fig. 9. The laboratory composite assembling line "Prepreg"

#### Tytuł rozwiązania Innowacyjnego

Title of the innovative solution

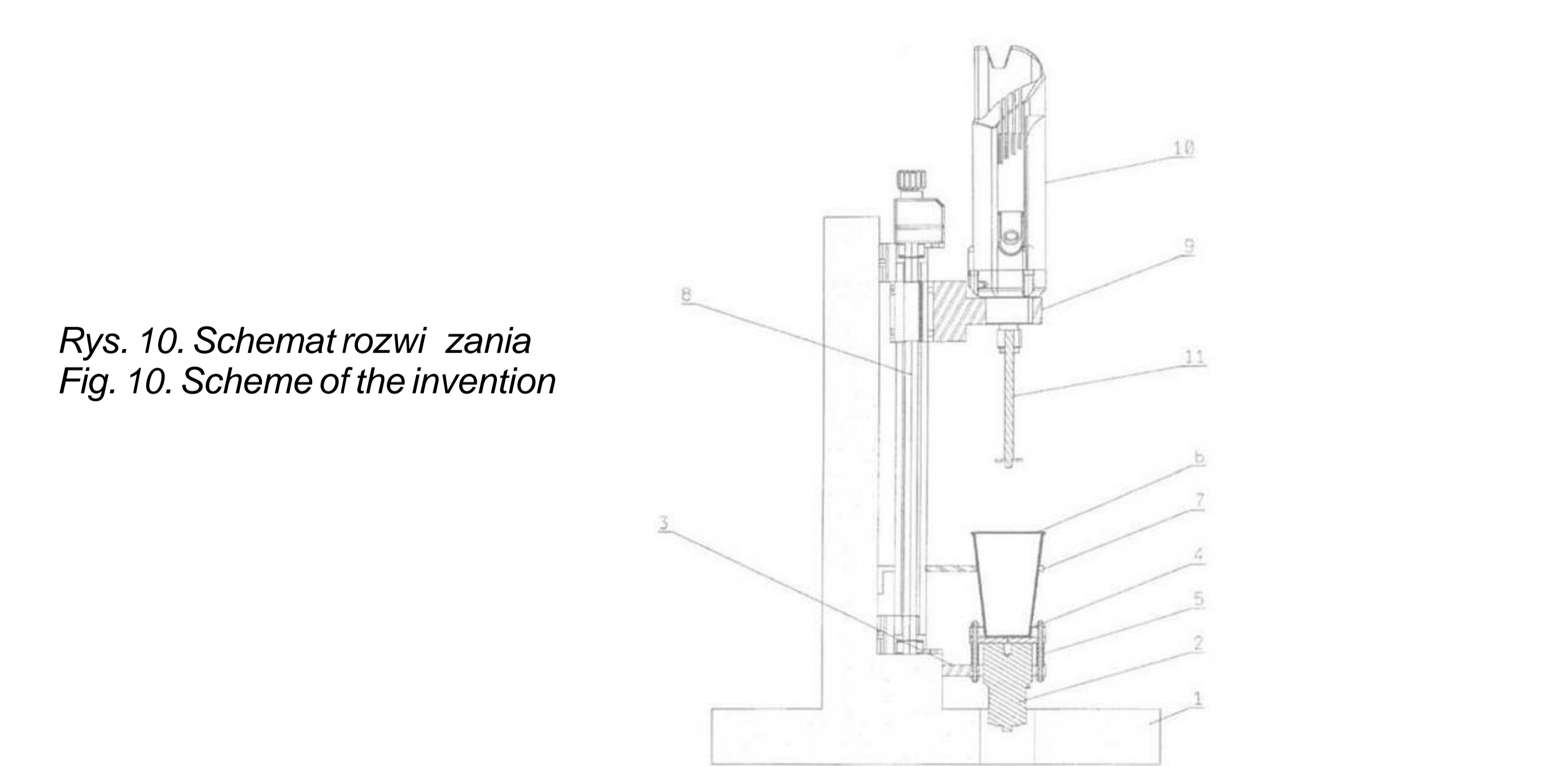
Sposób i urządzenie do mieszania, zwłaszcza żywic epoksydowych  
A method and apparatus for mixing, in particular epoxy resins

#### Krótki opis rozwiązania

Brief description of the solution

Sposób mieszania, zwłaszcza żywic epoksydowych polega na tym, że zbiornik z żywic epoksydowych ustawia się na podstawie poziomej z przetwornikiem ultradźwiękowym. Następnie uruchamia się przetwornik ultradźwiękowy w kotle lub w zbiorniku i wprowadza się mieszadło poziome z elektrowrzecionem do zbiornika i uruchamia się elektrowrzeciono z prędkością 10-28 tys. obr./min. Istotnym elementem jest sposobu mieszania jest równoczesne mieszanie ultradźwiękowe i mechaniczne, co wprowadza pewne efekty synergiczne w procesie mieszania. Urządzenie do mieszania, zwłaszcza żywic epoksydowych składa się z elektrowrzecionem, oraz z obudowy metalowej, do której w dolnej części poziome zamocowany jest przetwornik ultradźwiękowy w kotle za pomocą uchwyty, za pomocą przetworniku ultradźwiękowego zamocowana jest podstawa, która pozioma jest z uchwytem za pomocą rur ze sprężynami, korzystnie cztery, przy czym na podstawie umieszczony jest zbiornik mocowany obejmującym przymocowan do obudowy, za do górnej części pionowej obudowy zamocowana jest prowadnica, do której zamocowany jest suwliwy zespół składający się z uchwytem do którego zamocowane jest elektrowrzeciono wraz z mieszadłem.

The mixing method, especially the epoxy resin lies in the fact that the tank with an epoxy resin set on the basis connected to the ultrasonic transducer. Then operated ultrasonic transducer frequency of 28 kHz and a stirrer is introduced is connected to electro-tank and runs at a speed electro 10-28 thousand. r / min. The essence of the apparatus and mixing method is the simultaneous ultrasonic agitation and mechanical properties, which introduces some synergistic effects in the mixing process. Apparatus for mixing, especially epoxy resins consists of electro-, and a metal enclosure, which in the lower horizontal part is mounted an ultrasonic transducer with a handle, and the ultrasonic transducer is attached to the base, which is connected to the handle by means of bolts with springs. preferably four, wherein the basis is a container mounted receptacle attached to the housing and to the upper vertical housing is fixed guide which is slidably mounted an assembly of the handle to which is fixed electro with a stirrer.



Rys. 10. Schemat rozwiązania.  
Fig. 10. Scheme of the invention

#### Zalety i ograniczenia rozwiązania Innowacyjnego

Advantages and restrictions of innovative solution

Zaletami wynalazku jest:

- Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że uzyskuje się dokładniejsze rozmieszanie składników żywic przez co uzyskuje się lepsze właściwości. Urządzenie jest proste w konstrukcji i obsłudze oraz tanie w wykonaniu w porównaniu z dotychczas wykorzystywanymi urządzeniami.

The advantages of the invention is:

- The beneficial effect of the invention is that it results more accurate, the mixed resin components thereby resulting in better properties. The device is simple design and operate and inexpensive embodiment, as compared with previously used devices.

#### Oferta dla przemysłu

The offer for industry

Wynalazek umożliwia skuteczne wymieszanie żywic z dodatkami modyfikującymi, zwłaszcza z napełniaczami o dużym stopniu rozdrobnienia. Wynalazek umożliwia efektywne mieszanie żywic z dodatkami modyfikującymi, zwłaszcza z wysokim stopniem rozdrobnienia.