

# 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 Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

**Tytuł rozwiązania Innowacyjnego**  
Title of the innovative solution

**1. Sposób i urządzenie do mieszania, zwłaszcza żywic epoksydowych**

**1. A method and apparatus for mixing, in particular epoxy resins**

**2. Grupa modyfikowanych klejów epoksydowych o zwiększonej odporności na obciążenia mechaniczne w podwyższonych temperaturach**

**2. Group-modified epoxy adhesives with improved resistance to mechanical loads at elevated temperatures**

**Krótki opis rozwiązania**  
Brief description of the solution

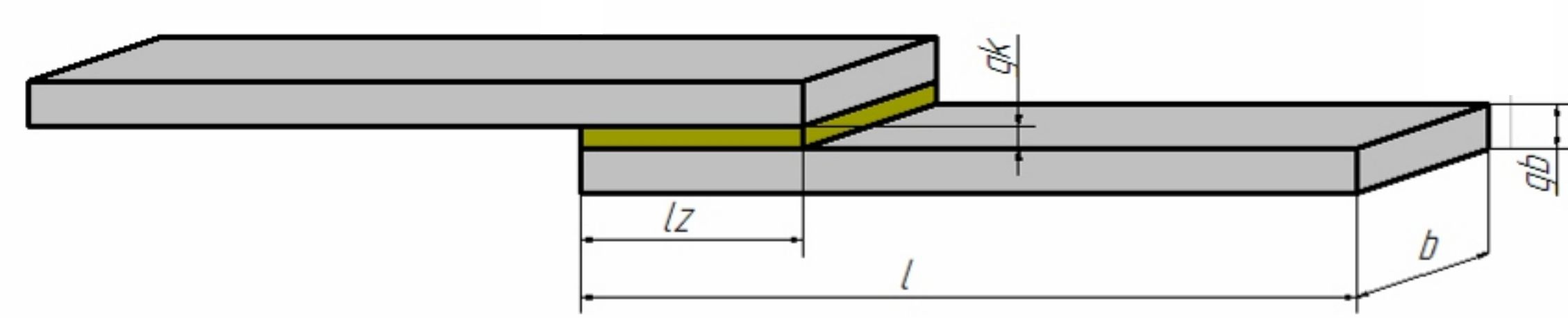
**Ad. 1.** Sposób mieszania, zwłaszcza żywicy epoksydowej polega na tym, że zbiornik z żywicą epoksydową ustawia się na podstawie połączonej z przetwornikiem ultradźwiękowym. Następnie uruchamia się przetwornik ultradźwiękowy o częstotliwości pracy 28 kHz i wprowadza się mieszadło połączone z elektrowrzecionem do zbiornika i uruchamia się elektrowrzeciono z prędkością 10-28 tys. obr/min. Istotą urządzenia i 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 elektrowrzeciona, oraz z obudowy metalowej, do której w dolnej części poziomej zamocowany jest przetwornik ultradźwiękowy za pomocą uchwyty, zaś na przetworniku ultradźwiękowym zamocowana jest podstawa, która połączona jest z uchwytem za pomocą śrub ze sprężynami, korzystnie cztery, przy czym na podstawie umieszczony jest zbiornik mocowany obejmą przymocowaną do obudowy, zaś do górnej części pionowej obudowy zamocowana jest prowadnica, do której zamocowany jest suwniwe zespół składający się z uchwyty do którego zamocowane jest elektrowrzeciono wraz z mieszadłem.

The way of mixing, especially epoxy resin, is that the tank filled with epoxy resin is placed on base connected with ultrasonic converter. After that the 28 kHz ultrasonic converter is turned on and mixer arm joined with electric spindle is placed inside the tank and electric spindle is started with speed of 10-28 rpm. The essence of the device and method of mixing is simultaneous sonic and mechanic mixing what bring some synergic effects in mixing process. The device for mixing, especially for epoxy resins, is built of electric spindle and metal body to which lower horizontal part the sonic converter is attached using the holder. The base is connected to the sonic converter with holder using screws with springs, profitably four. The main tank is fixed to the base using clamping ring connected to the main body. The slider with movable unit consisting of holder with electric spindle and mixing arm.

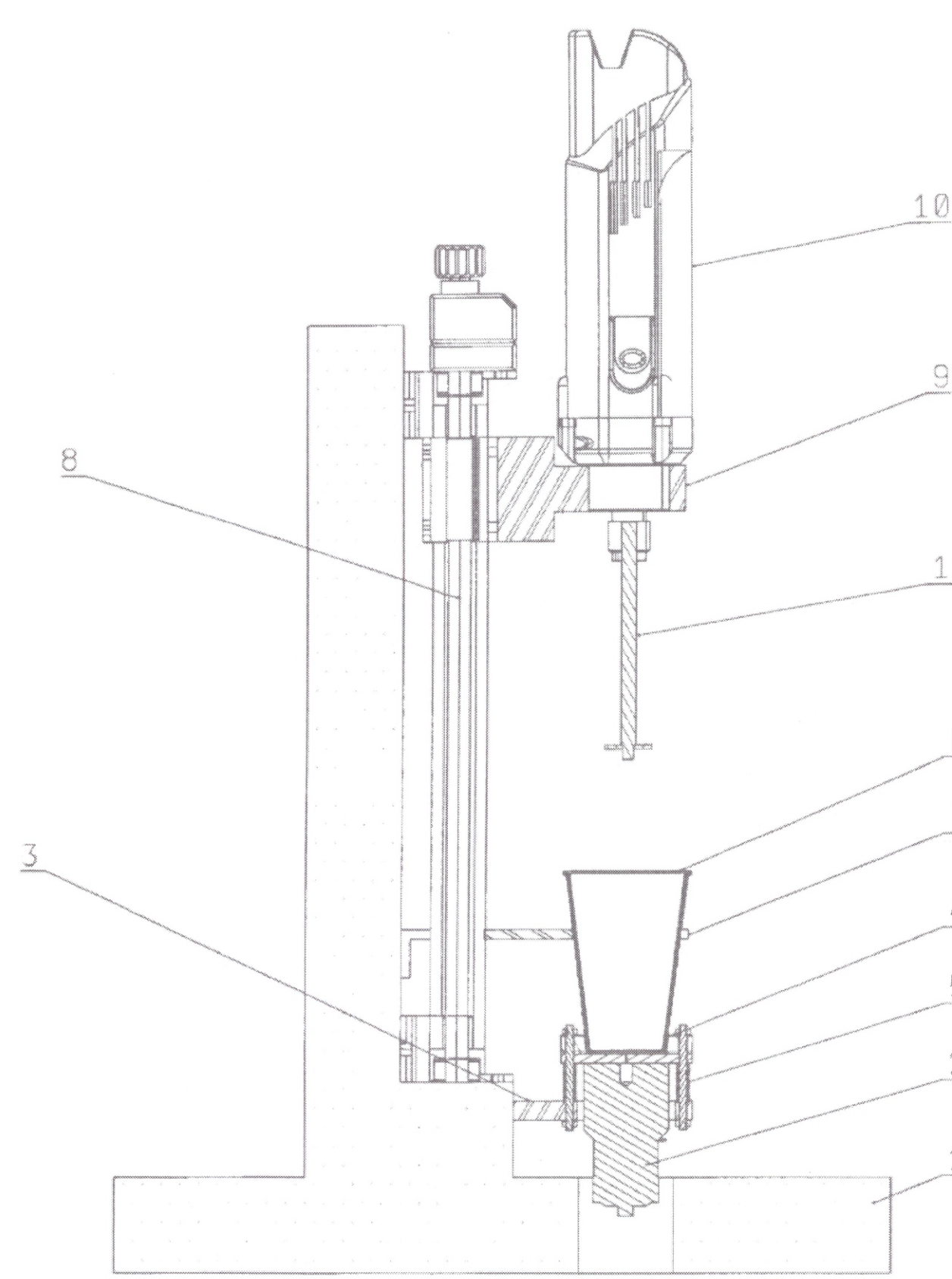
**Ad. 2.** Rozwiązaniem technologicznym jest skład mieszaniny odpowiednich żywic epoksydowych z napełniaczem, dodatkowym modyfikatorem oraz utwardzaczem. Uzyskane kompozycje klejów na chemicznej podstawie żywic epoksydowych charakteryzują się zwiększoną odpornością na obciążenia w podwyższonych temperaturach, zwłaszcza w przedziale 60-100°C. Uzyskane kompozycje charakteryzują się ok. 50% wzrostem wytrzymałości w podanym przedziale temperatury w stosunku do kompozycji niemodyfikowanych. Ten zakres temperatury jest szczególnie ważny dla eksploatacji statków powietrznych. Niektóre z omawianych klejów mogą być użyte w technologii połączeń zgrzewanych. Uzyskanie odpowiedniej lepkości mieszaniny klejowej oraz właściwego „czasu życia” kleju są kluczowe, gdyż zapewniają wnikanie w szczeliny pomiędzy łączonymi elementami połączenia zgrzewanego lub nitowanego, zapewniając hermetyzację konstrukcji oraz wzrost wytrzymałości połączeń.

The technological solution is the composition of mixture of adequate epoxy resins with fillers, additional modifiers and hardener. The obtained compositions of adhesives based on epoxy resins are characterized by increased resistance to load in elevated temperatures, especially in temperature range of 60-100°C. Obtained compositions are characterized by 50% increase of strength in above-mentioned temperature range comparing to non-modified compositions. The temperature range is extremely important in exploitations of aircraft. Some of presented adhesives can be used in welding technology. Obtaining adequate viscosity of adhesive mixture and working life of adhesive are key factors, because guarantee penetration into gap between elements joined using welding or riveting techniques, assuring airtight sealing of construction and increase of strength of joint.

**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
Visualization of the innovative solution

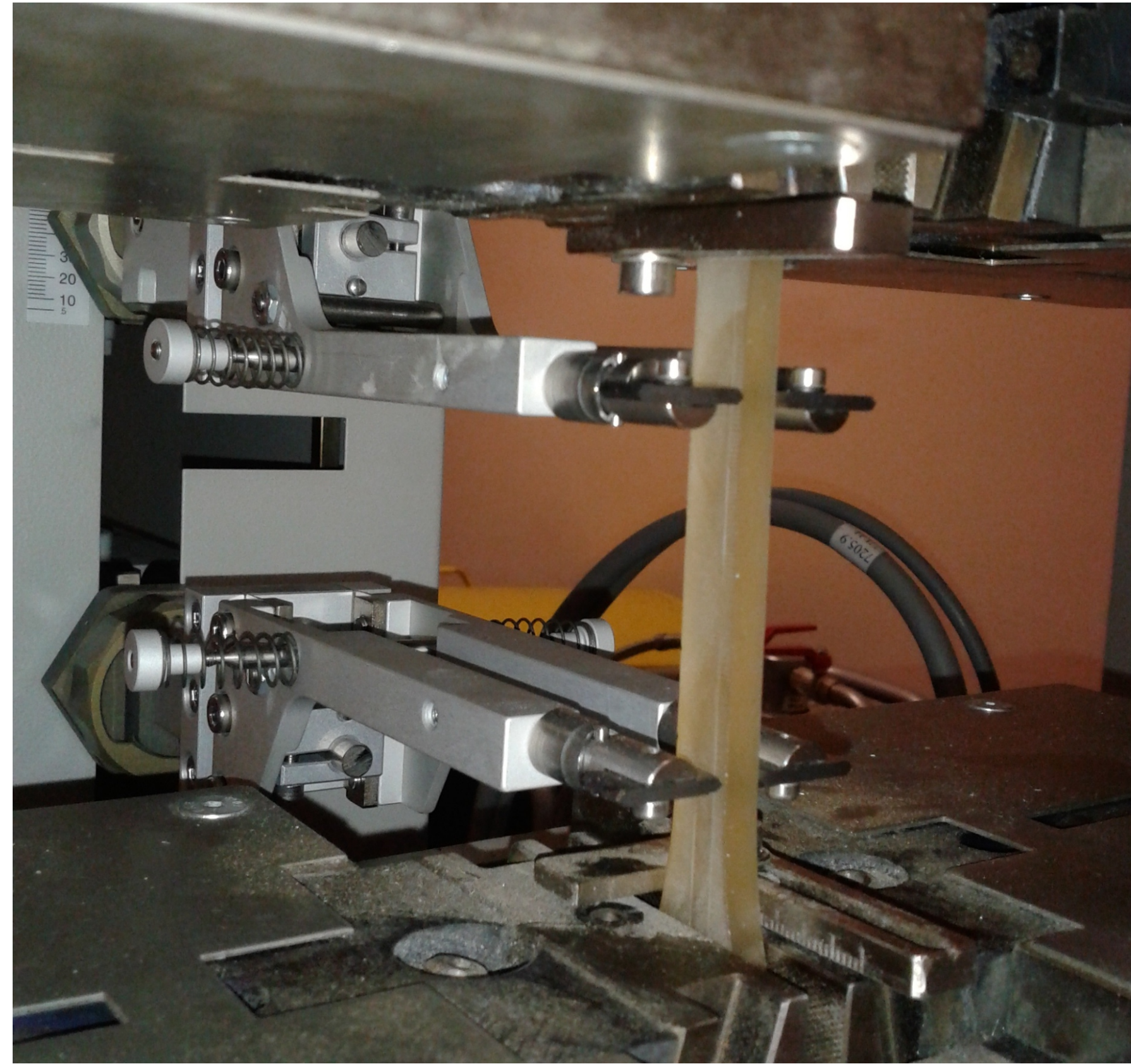


Rys. 1. Połączenie klejowe stosowane w badaniach porównawczych  
Fig. 1. Schematic view of adhesive lap joint

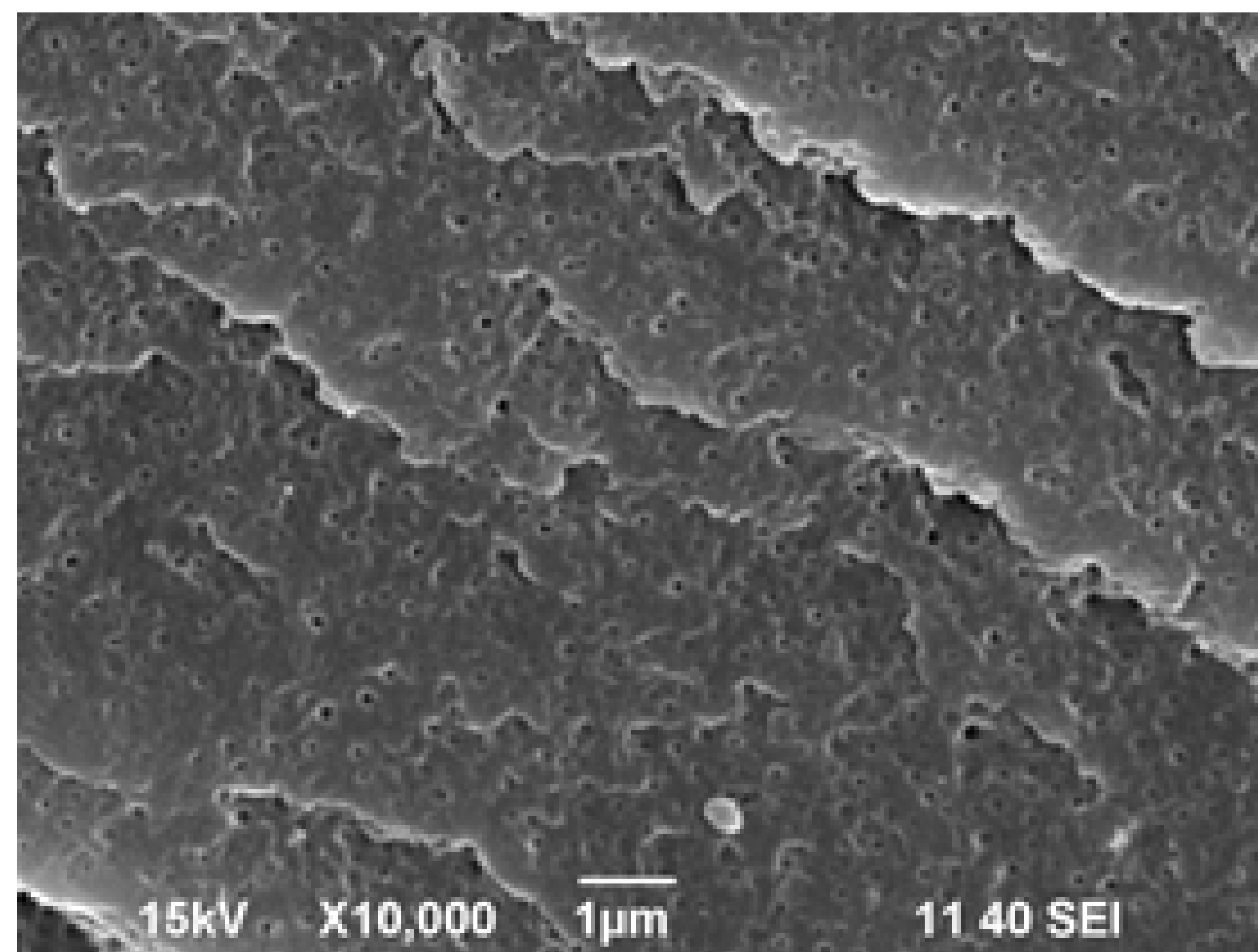


Rys. 2. Urządzenie do mieszania żywic epoksydowych  
Fig. 2. Mixer for the epoxy resins

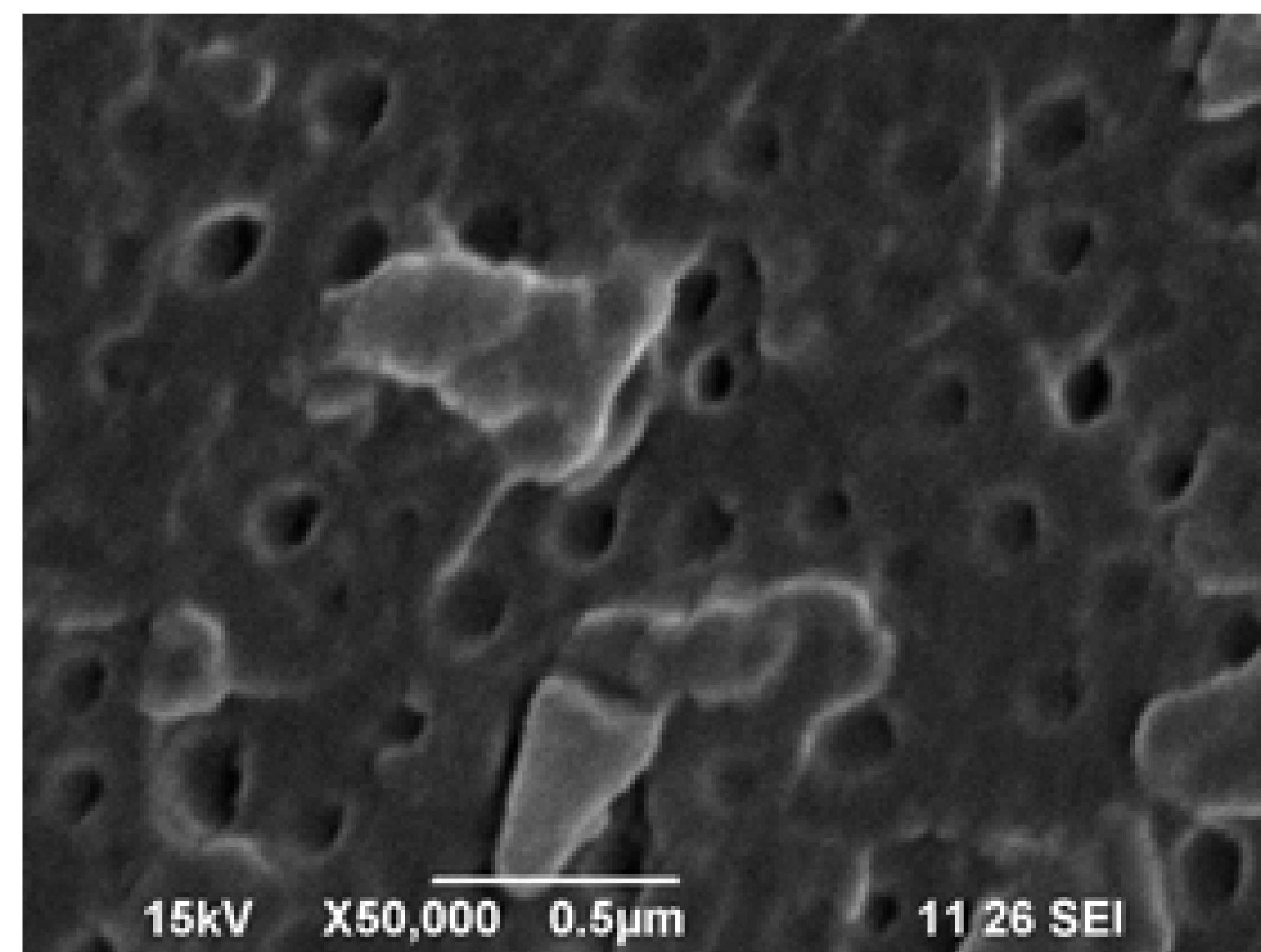
**Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego**  
Visualization of the innovative solution



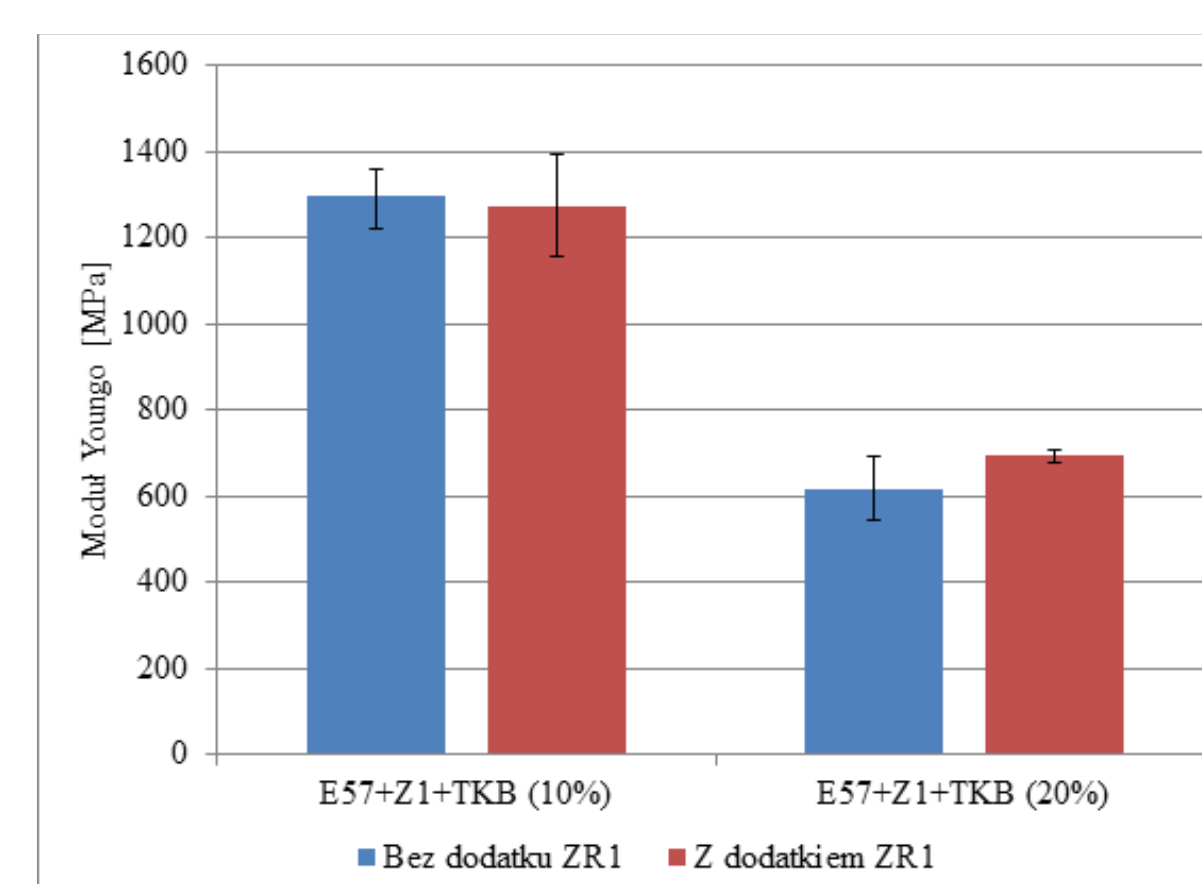
Rys. 3. Wyznaczanie modułu Younga  
Fig. 3. Determination of the Young's modulus



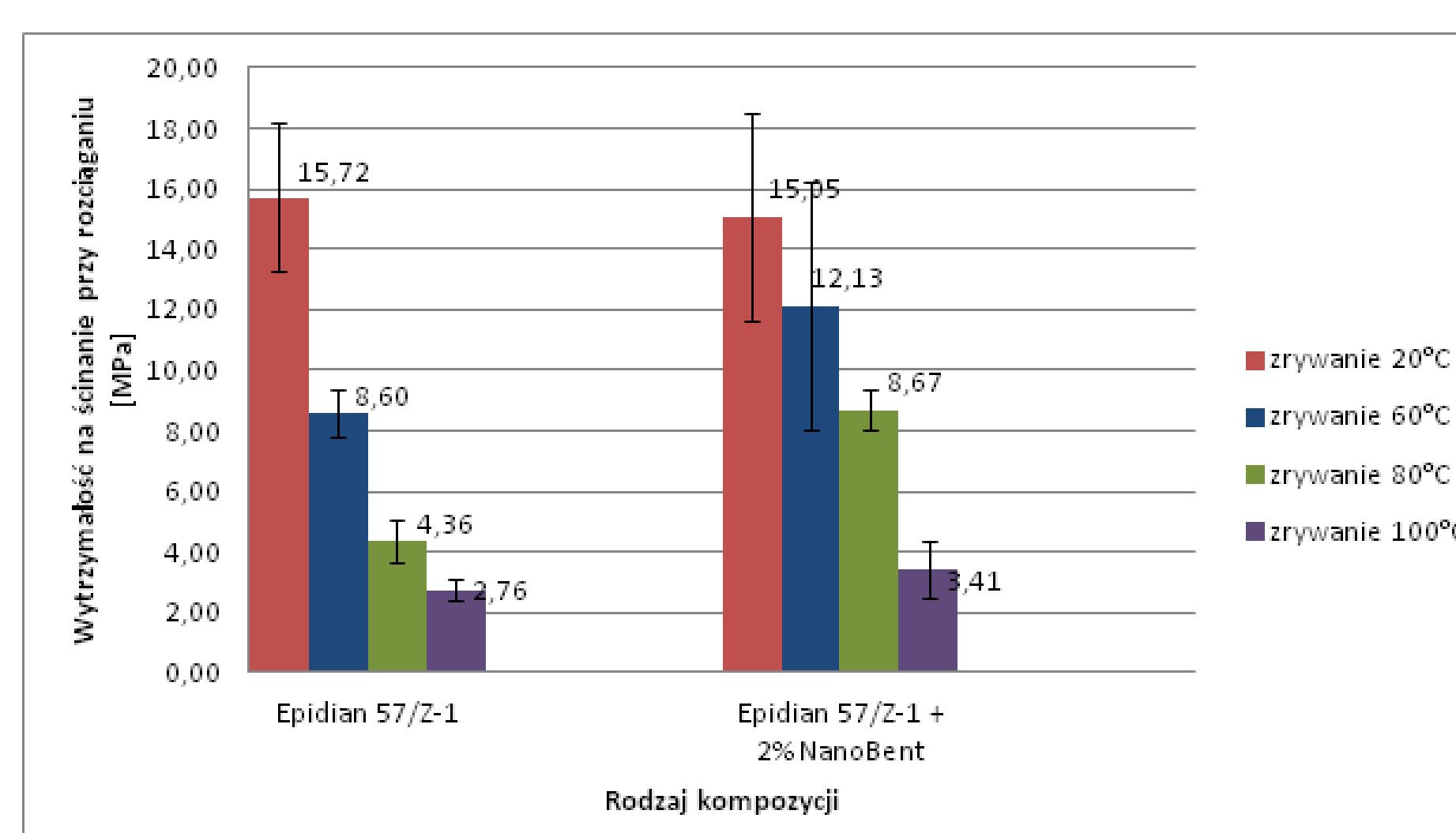
Rys. 4. E57+2% NanoBent ZR-1+Z-1  
Fig. 4. E57+2% NanoBent ZR-1+Z-1



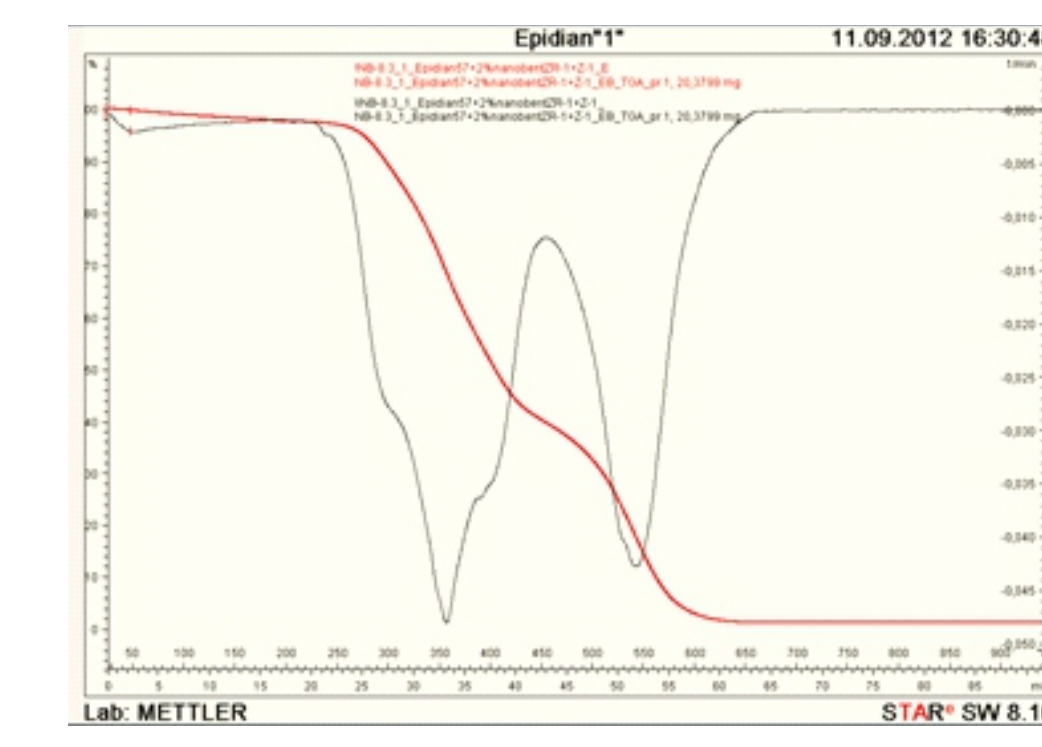
Rys. 4. E57+2% NanoBent ZR-1+Z-1  
Fig. 4. E57+2% NanoBent ZR-1+Z-1



Rys. 5. Wpływ napełniacza NanoBent ZR-1 oraz różnych zawartości rozcieńczalnika TKB na wartość modułu Younga żywicy epoksydowej Epidian 57  
Fig. 5. Influence of NanoBent ZR-1 filler and various content of TKB solvent on the value of the Young's modulus of Epidian 57 epoxy resin

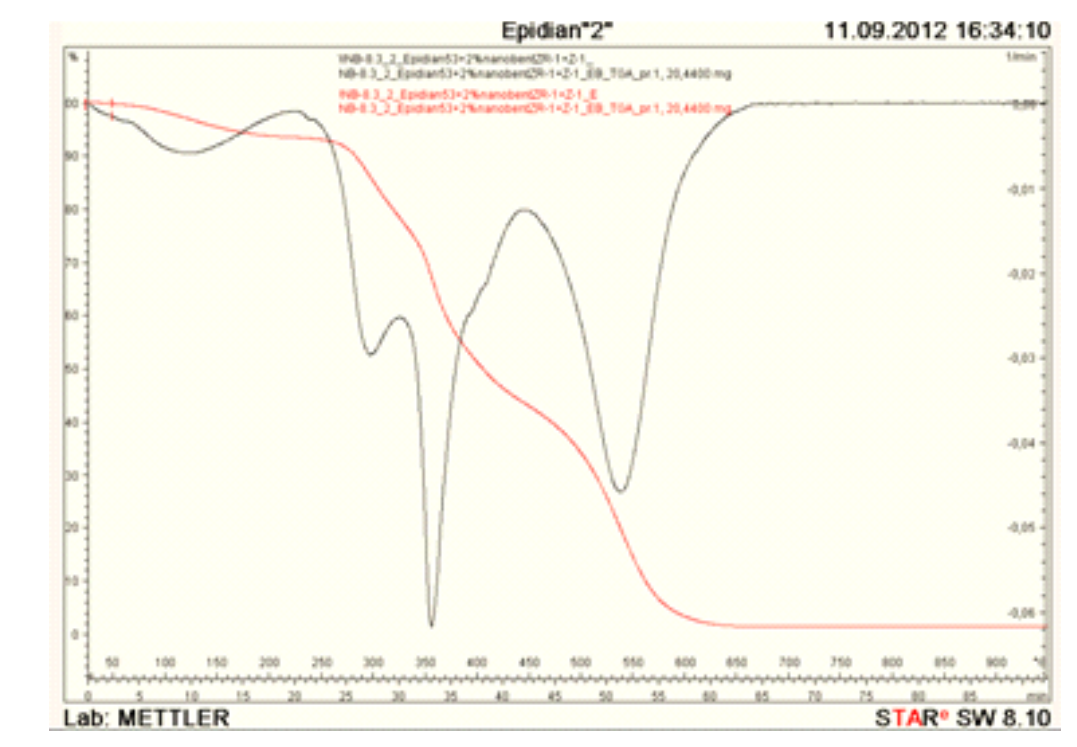


Rys. 6. Wytrzymałość połączeń klejowych wykonanych na bazie kleju niemodyfikowanego oraz kleju modyfikowanego napełniaczem NanoBent ZR-1  
Fig. 6. The strength of adhesive joints made on the basis of unmodified adhesive and adhesive modified with NanoBent ZR-1 filler



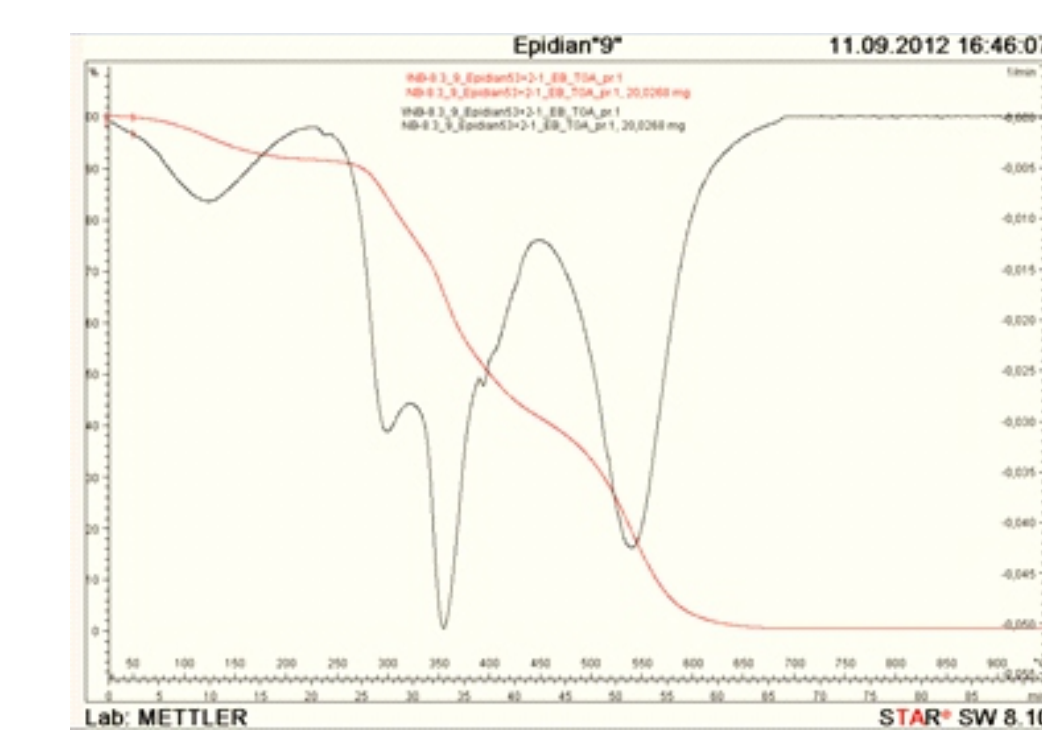
Rys. 7. Wykres TGA dla kompozycji Epidian57 + 2% napełniacza NanoBent ZR-1

Fig. 7. Thermogravimetric analysis diagram for composition containing epoxy resin Epidian 57 and 2% of nanofiller NanoBent ZR-1



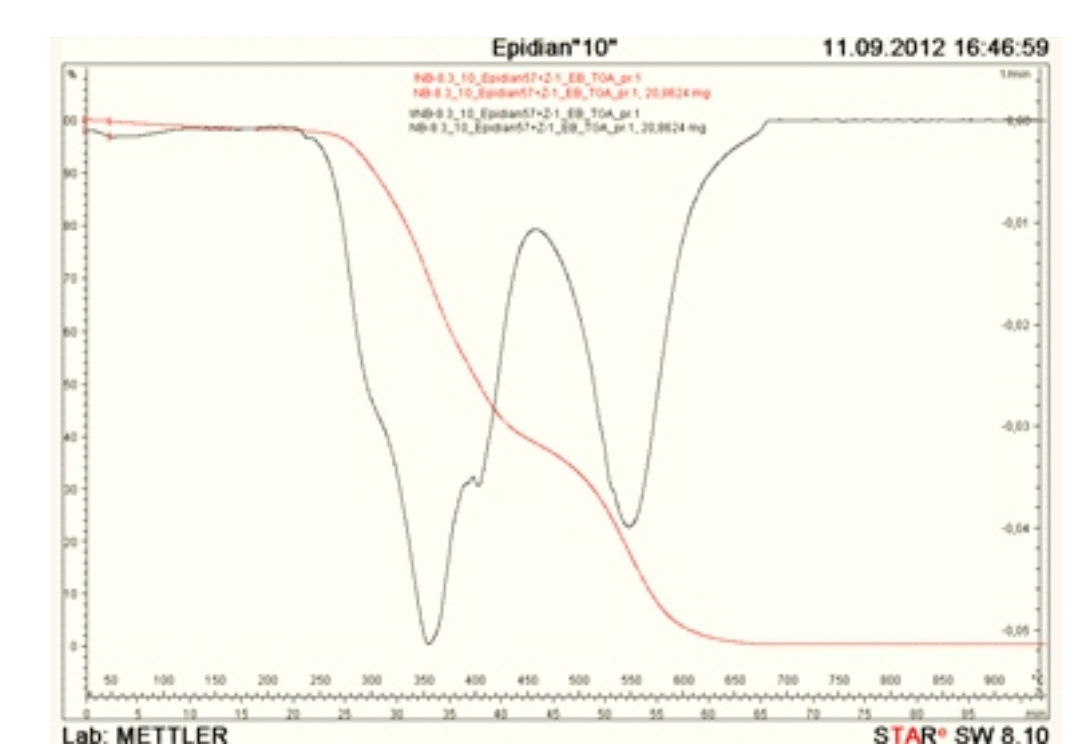
Rys. 8. Wykres TGA dla kompozycji Epidian 53 + 2% napełniacza NanoBent ZR-1

Fig. 8. Thermogravimetric analysis diagram for composition containing epoxy resin Epidian 53 and 2% of nanofiller NanoBent ZR-1



Rys. 9. Wykres TGA dla czystego kleju Epidian 53

Fig. 9. Thermogravimetric analysis diagram for epoxy resin Epidian 53



Rys. 10. Wykres TGA dla czystego kleju Epidian 57

Fig. 10. Thermogravimetric analysis diagram for epoxy resin Epidian 57

**Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego**  
Advantages and restrictions of innovative solution

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

The preferred effect of the present invention is that of achieving a more accurate mixing of the components of the resin thereby resulting in better properties. The device is simple in design and use and cheap in execution compared to the previously used devices.

- Zwiększenie bezpieczeństwa w eksploatacji statków powietrznych.
- Zwiększenie wytrzymałości konstrukcji w podwyższonych temperaturach.
- Możliwość uszczelnienia połączeń zgrzewanych.

- Increase the safety of the aircraft.
- Increase in the structural strength at elevated temperatures.
- Ability to seal welded connections.

**Możliwe zastosowania w lotnictwie i innych gałęziach gospodarki**  
Examples of application in aviation and other branches

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

The invention enables an effective mixing of the resin with modifying additives, in particular fillers with a high degree of fragmentation.

Potencjalne obszary zastosowań omawianego rozwiązania dotyczącego grupy klejów o zwiększonej odporności na obciążenia mechaniczne w podwyższonych temperaturach to: klejenie elementów nośnych oraz elementów sterowania statków powietrznych, hermetyzacja statków powietrznych, uszczelnianie połączeń zgrzewanych oraz nitowanych, klejenie konstrukcji eksploatowanych w podwyższonych temperaturach, komory chłodnicze w transporcie i.

Potential areas of application of this arrangement for a group of adhesives with increased resistance to mechanical loads at elevated temperatures include: bonding load-bearing elements and controls of aircraft, aircraft encapsulation, sealing welded and riveted joints, gluing structures operated at elevated temperatures, cold rooms transport al.

1. Klejenie elementów nośnych statków powietrznych.
2. Klejenie elementów sterowania statków powietrznych.
3. Hermetyzacja statków powietrznych.
1. Bonding of aircraft's bearing elements.
2. Bonding of steering elements of aircrafts.
3. Airtight aircrafts.

**Oferta dla przemysłu**  
The offer for industry

1. Opracowywanie technologii klejenia dla konkretnych sytuacji technologicznych, w tym nowych uruchomień.
2. Opracowywanie technologii operacji specjalnych w zakresie przygotowywania powierzchni dla potrzeb technologii adhezyjnych, np. z wykorzystaniem ozonowania, i oprzyrządowania specjalnego dla takich technologii.
3. Projektowanie klejów epoksydowych z uwzględnieniem modyfikacji chemicznej i fizycznej.
4. Projektowanie technologii hermetyzacji połączeń klejowo-zgrzewanych.
5. Doradztwo w zakresie technologii przygotowywania klejów, w tym technologii mieszania.
1. The development of adhesive technologies for specific technological situation, including new startups.
2. Develop technology for special operations in the preparation of surfaces for adhesion technology, eg. Using ozonation, and special tools for such technologies.
3. Design of epoxy adhesives having regard to the chemical and physical modification.
4. Designing encapsulation technology adhesive-welded connections.
5. Consultation on the preparation of adhesives, including mixing technology.