

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

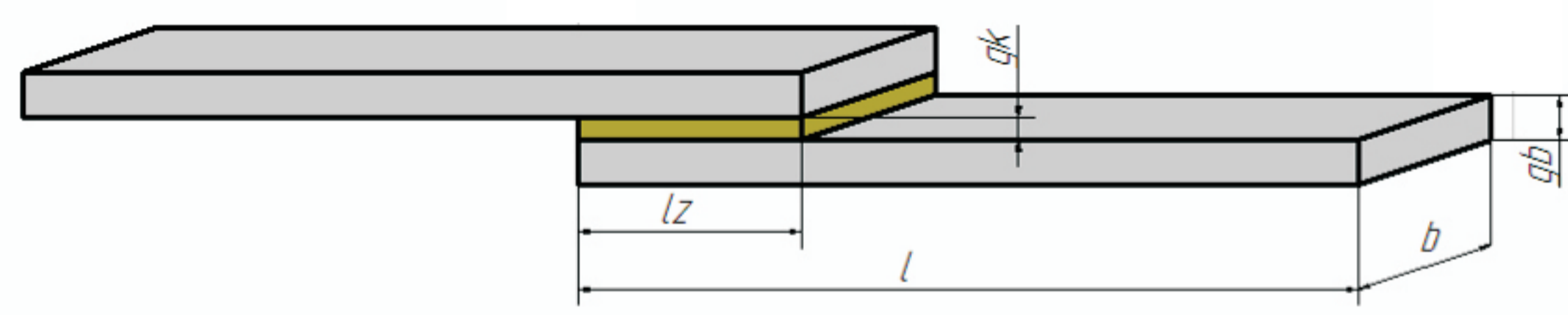
Modern material technologies in aerospace industry

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

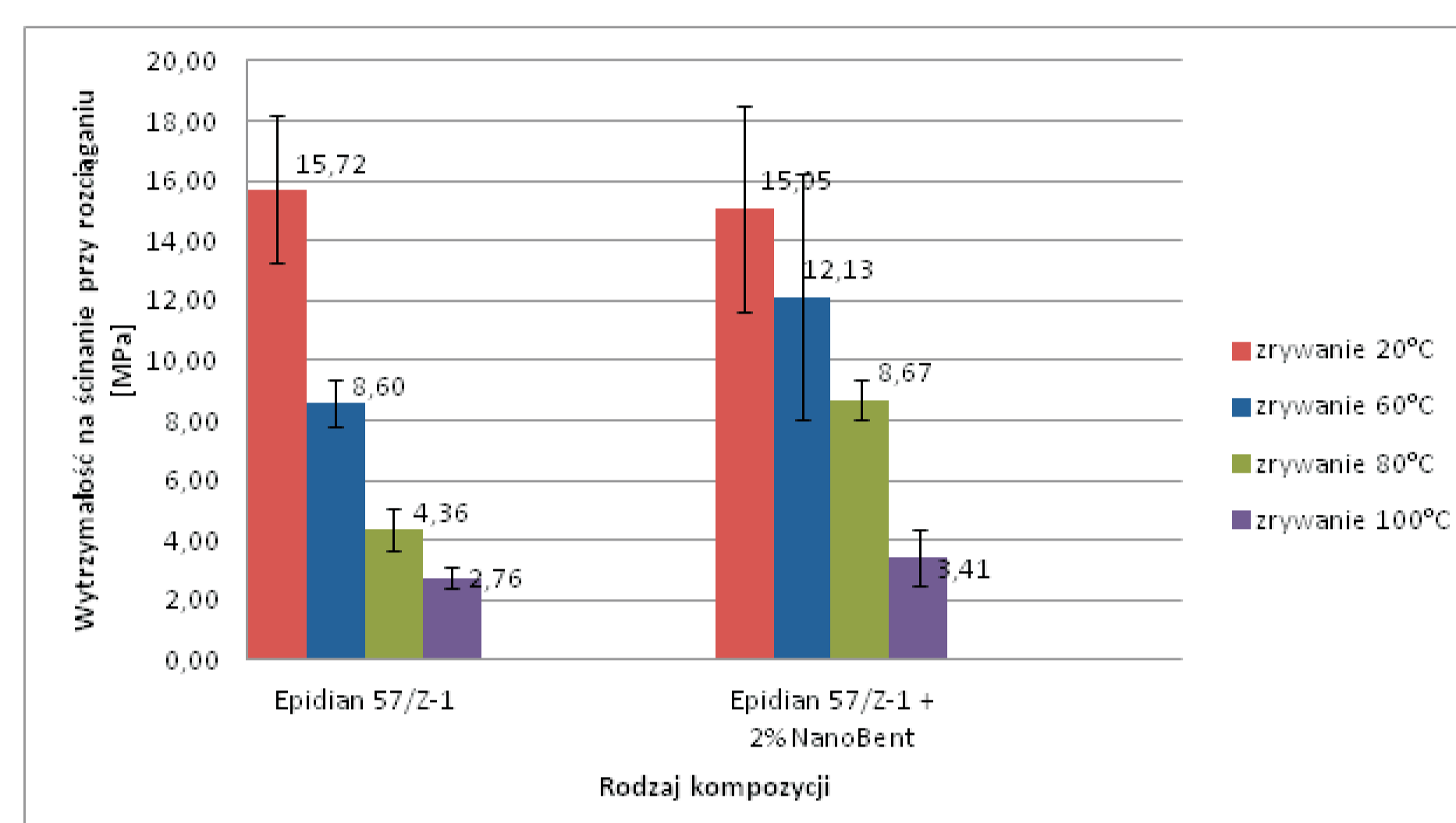
Composite materials of increased strength and thermal resistance with the use of polymeric resins applied in aviation

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Warszawska

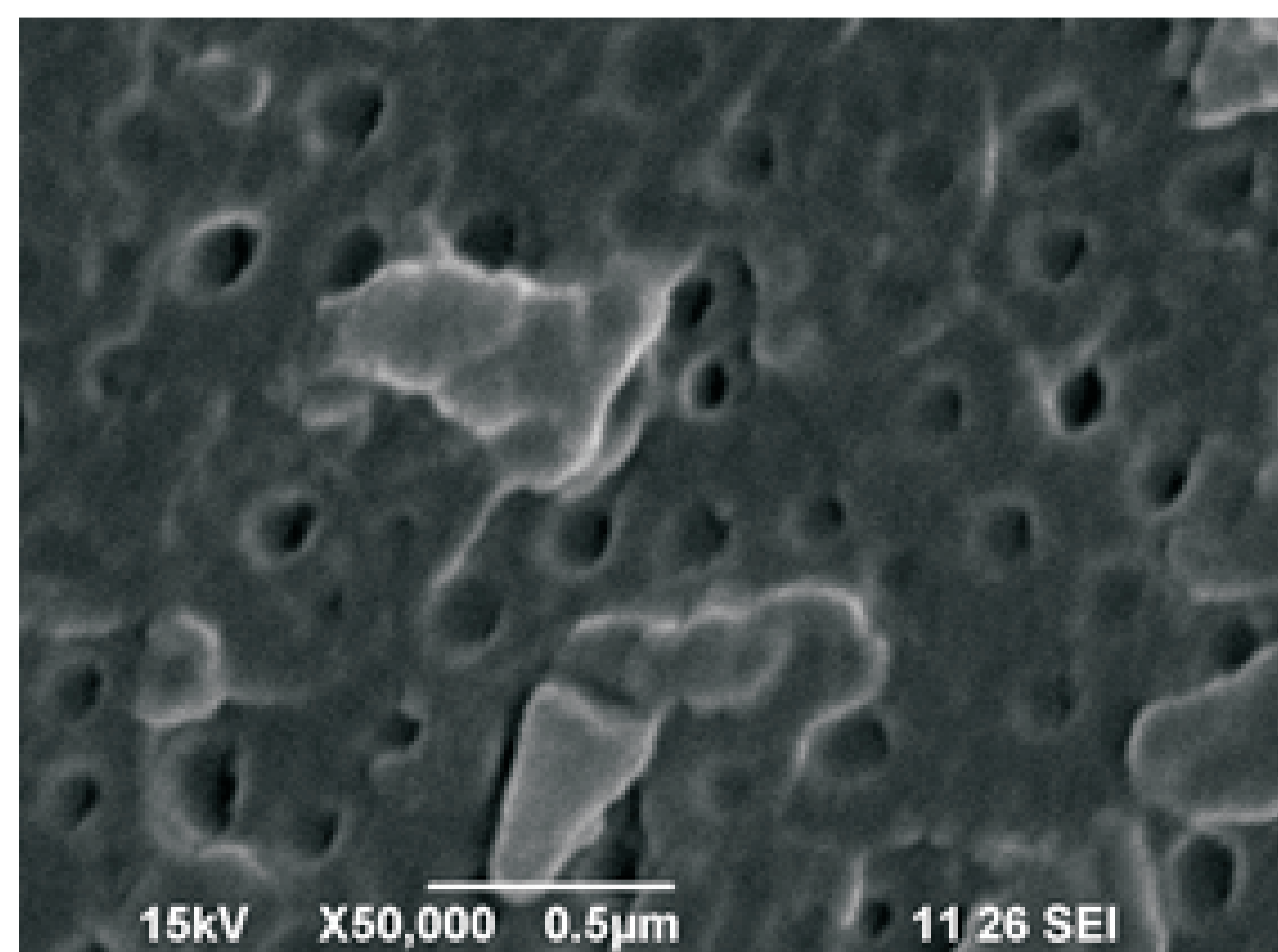
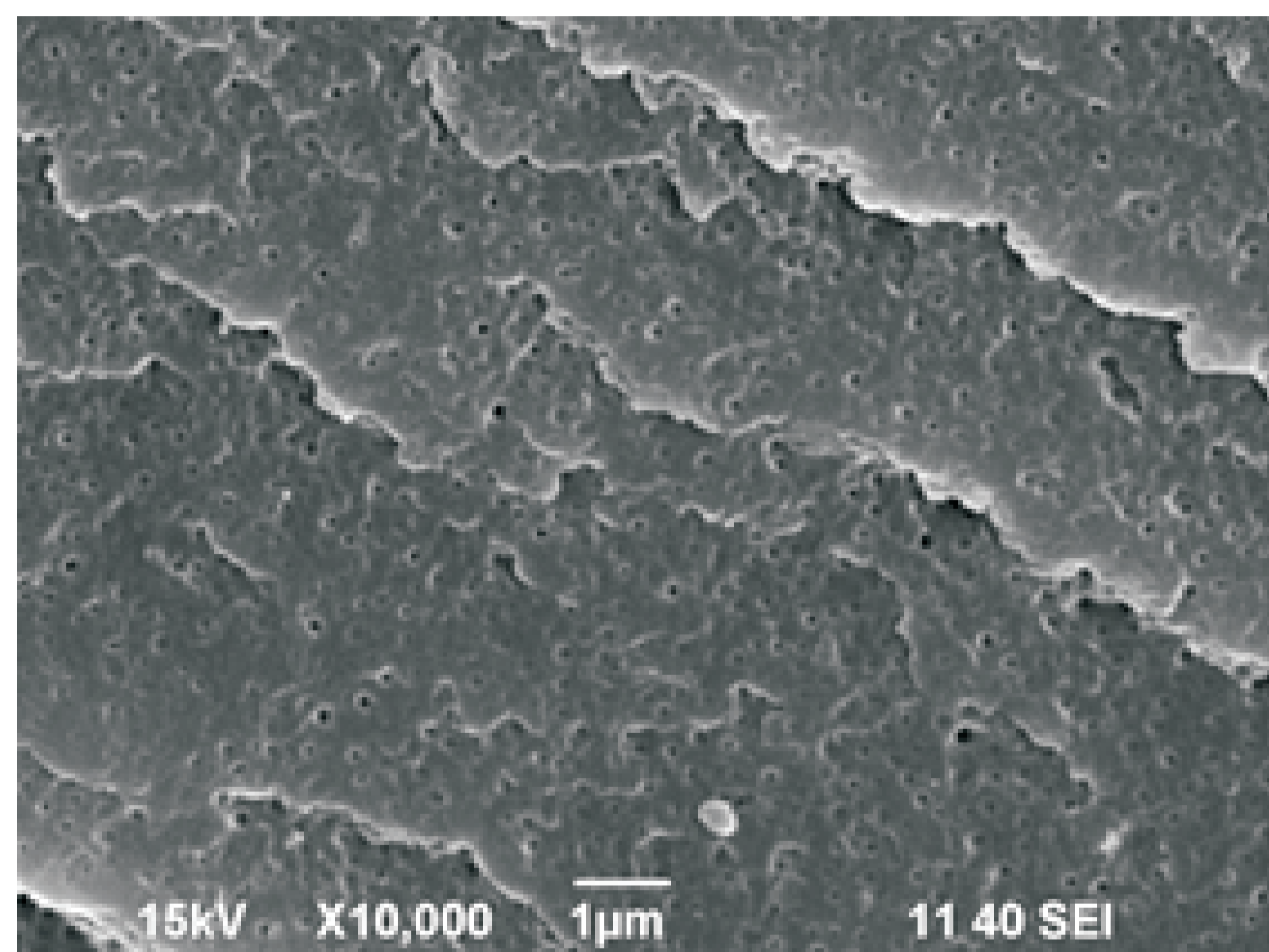
Wyniki badań Results



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



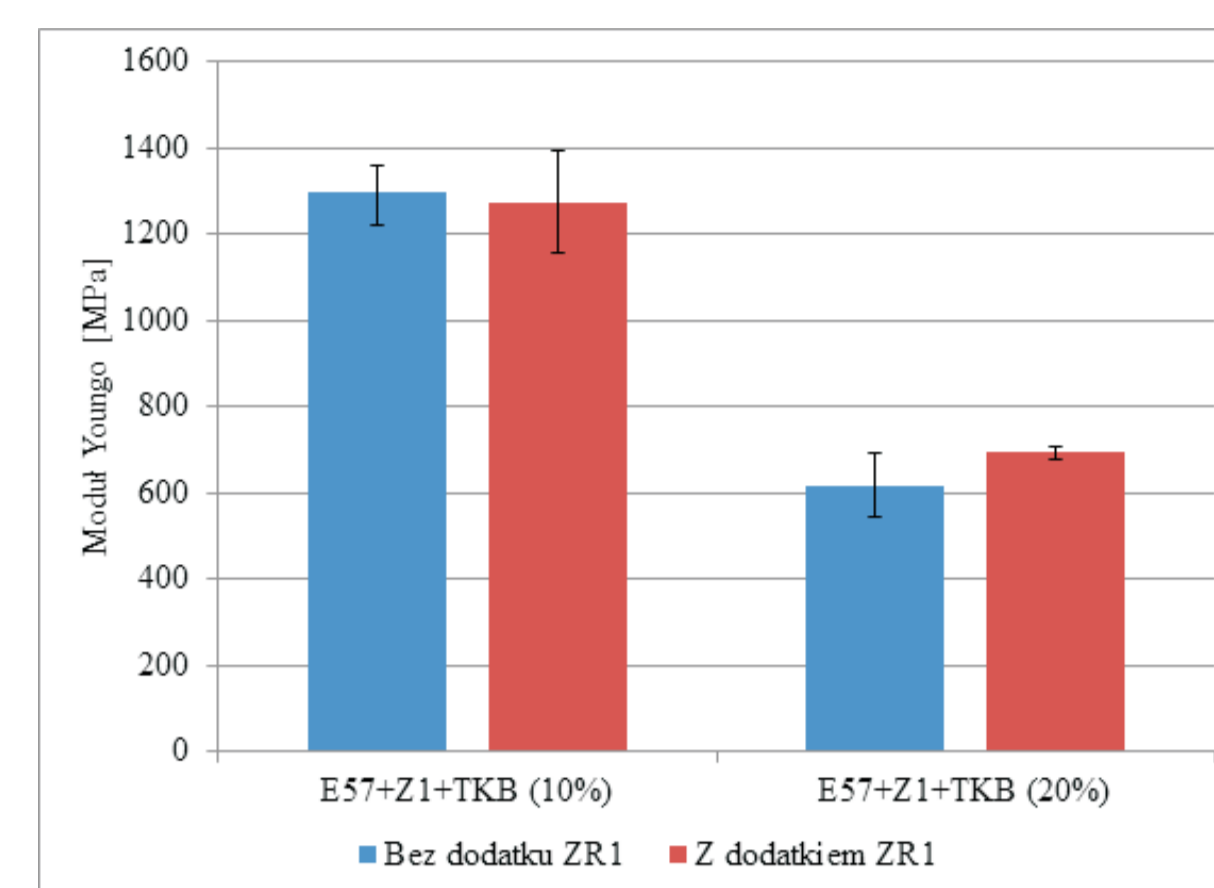
Rys.2. Wytrzymałość połączeń klejowych wykonanych na bazie kleju niemodyfikowanego oraz kleju modyfikowanego napełniaczem NanoBent ZR-1
Fig.2. The strength of adhesive joints made on the basis of unmodified adhesive and adhesive modified with NanoBent ZR-1 filler



Rys.3. E57+2% NanoBent ZR-1+Z-1
Fig.3. E57+2% NanoBent ZR-1+Z-1



Rys.4. Wyznaczanie modułu Younga
Fig.4. Determination of the Young's modulus

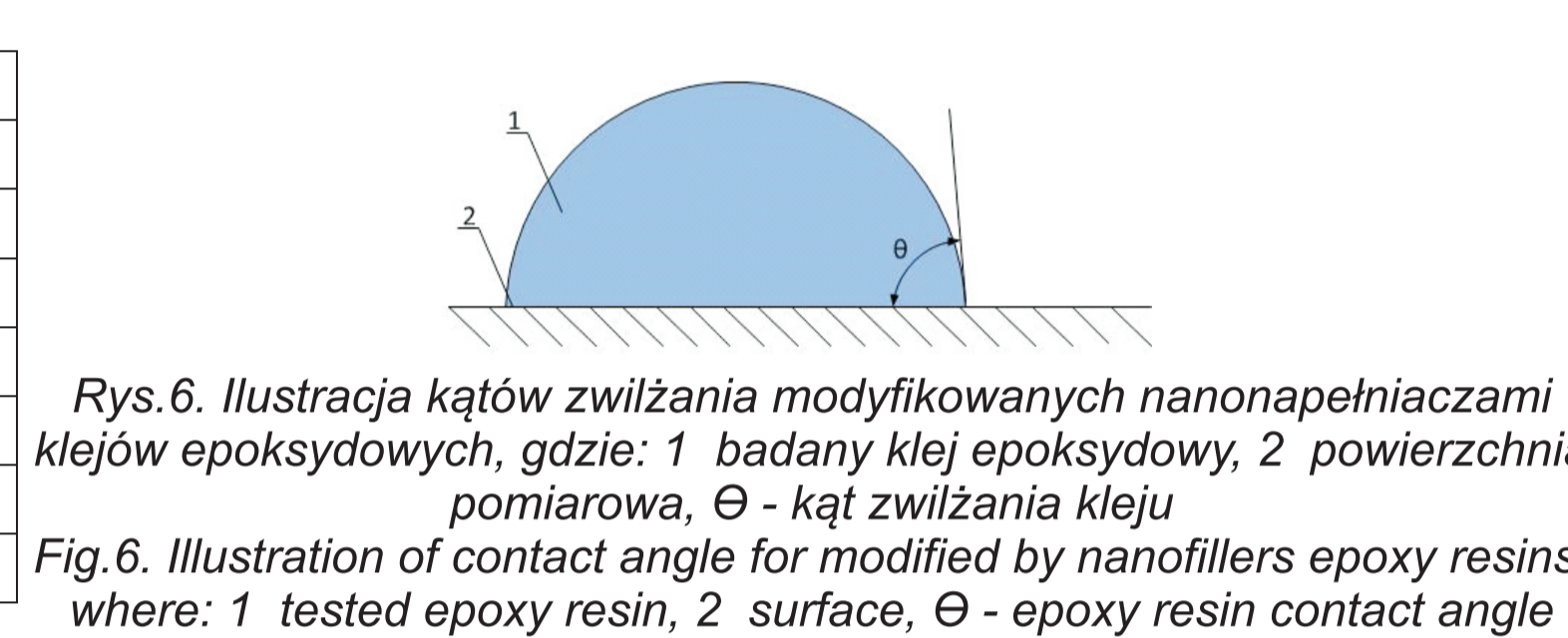


Rys.5. Wpływ napełniacza NanoBent ZR-1 oraz różnych zawartości rozcieńczalnika TKB na wartość modułu Younga żywicy epoksydowej Epi-dian 57
Fig.5. Influence of NanoBent ZR-1 filler and various content of TKB solvent on the value of the Young's modulus of Epi-dian 57 epoxy resin

Badanie kątów zwilżania modyfikowanych klejów epoksydowych Contact angle measurements of the modified epoxy resins

Badania kąta zwilżania zostały przeprowadzone dla następujących modyfikowanych klejów epoksydowych:

Rodzaj badanej kompozycji	Kąt zwilżania
Epi-dian 53	54
Epi-dian 57	55
Epi-dian 53 + 2% NanoBent ZR-1	67
Epi-dian 57 + 2% NanoBent ZR-1	61
Epi-dian 53 + 2% SGS-6/S	51
Epi-dian 53 + 2% SGS-6/S/HS	60
E53 + 2% SGS-6/A/187	49



Rys.6. Ilustracja kątów zwilżania modyfikowanych napełniaczami klejów epoksydowych, gdzie: 1 - badany klej epoksydowy, 2 - powierzchnia pomiarowa, θ - kąt zwilżania kleju
Fig.6. Illustration of contact angle for modified by nanofillers epoxy resins, where: 1 - tested epoxy resin, 2 - surface, θ - epoxy resin contact angle

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

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.

Korzyści z wdrożenia rozwiązania:

- zwiększenie bezpieczeństwa w eksploatacji statków powietrznych,
- zwiększenie wytrzymałości konstrukcji w podwyższonych temperaturach,
- możliwość uszczelnienia połączeń zgrzewanych.

Obszar potencjalnych zastosowań:

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 in.

Sposób i urządzenie do mieszania, zwłaszcza żywic epoksydowych

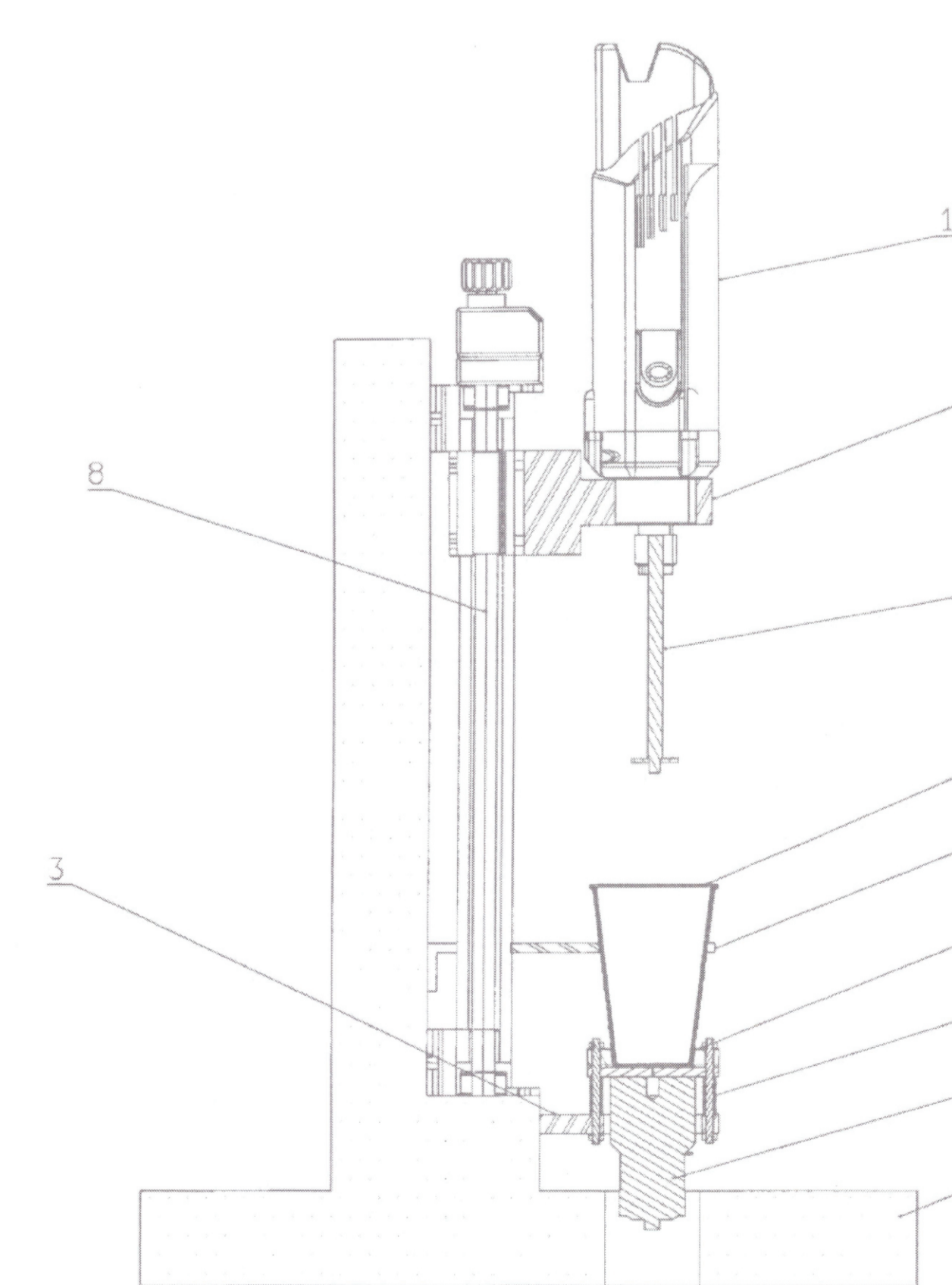
Sposób mieszania, zwłaszcza żywicy epoksydowej polega na tym, że zbiornik z żywicą epoksydową ustawia się na podstawie połączonej z przetwornikiem ultradźwiękowym. Następnie uruchamia się przetwornik ultradźwiękowy o częstotliwości pracy 28 kHz i wprowadza się mieszadło połączone z elektrowrzecionem 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 suwliwie zespół składający się z uchwyty do którego zamocowane jest elektrowrzeciono wraz z mieszadłem.

Korzyści z wdrożenia rozwiązania:

Korzystnym skutkiem wynalazku jest to, że uzyskuje się dokładniejsze rozmieszczenie 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.

Obszar potencjalnych zastosowań:

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



Rys.7. Urządzenie do mieszania żywic epoksydowych
Fig.7. Mixer for the epoxy resins

Wnioski Conclusions

1. Klej epoksydowy Epi-dian 57/Z-1 modyfikowany napełniaczem NanoBent ZR-1 (2% masowo) może być przeznaczony do klejenia jednozakładkowych połączeń klejowych blach stalowych eksploatowanych w podwyższonej temperaturze (60+80°C) ze względu na wzrost wytrzymałości rzędu 40% w porównaniu z klejem niemodyfikowanym Epi-dian 57/Z-1.
2. Klej epoksydowy Epi-dian 57/Z-1 modyfikowany napełniaczem NanoBent ZR-1 charakteryzuje się wzrostem odporności na działanie ognia – wzrost wskaźnika tlenowego w porównaniu z klejem niemodyfikowanym.
3. Dodatek napełniacza NanoBent ZR-1 wpływa na obniżenie udarności modyfikowanych tworzyw epoksydowych oraz nie powoduje istotnych różnic w wartości modułu Younga.
4. Następuje poprawa właściwości adhezyjnych kleju modyfikowanego Epi-dian 57/Z-1 z napełniaczem NanoBent ZR-1 określonych poprzez wartość swobodnej energii powierzchniowej (SEP).
5. Czas pomiędzy otrzymaniem modyfikowanej kompozycji klejowej Epi-dian 57/Z-1 z napełniaczem NanoBent ZR-1 a wykonaniem połączeń klejowych powinien być możliwie krótki (nie powinien przekraczać kilku dni), tak aby nie doprowadzić do sedimentacji cząstek napełniacza w żywicy.
6. Stwierdzono istotny wpływ stężenia rozcieńczalnika aktywnego na wartość modułu Younga klejów na bazie żywicy epoksydowej 57.
7. Wszystkie wprowadzone do kleju napełniacze nie zmieniają w sposób istotny wartości kątów zwilżania, wszystkie modyfikowane kleje charakteryzują się dobrą zwilżalnością.

1. Epoxy adhesive Epi-dian 57 / Z-1 modified NanoBent ZR-1 filler (2% by weight) can be applied for bonding adhesive joints of steel plates operated at elevated temperature (60 + 80 ° C) due to the increase of strength of 40% in comparison with unmodified adhesive Epi-dian 57 / Z-1.
2. Epoxy adhesive Epi-dian 57/Z-1 modified with NanoBent ZR-1 filler is characterized by an increase in resistance to fire - the growth of oxygen rate in comparison with unmodified adhesive.
3. The addition of NanoBent ZR-1 filler reduces the impact of modified epoxy plastic and do not causes any significant differences in the value of Young's modulus.
4. The improvement of the adhesive properties, specified by the value of surface free energy (SEP), is observed for the adhesive of the modified Epi-dian 57 / Z-1 with NanoBent ZR-1 filler.
5. The time between obtainment of the modified adhesive composition Epi-dian 57 / Z-1 with NanoBent ZR-1 filler and the execution of the bonding joints should be as short as possible (it should not exceed a few days), not to cause to sedimentation of the filler particles in the resin.
6. The significant impact of solvent active concentration on Young's modulus of adhesives based on Epi-dian 57 epoxy resins was observed.
7. All nanofillers used for epoxy resin modification do not change significantly values of contact angles, all modified epoxy resins are characterized by good wetting properties.

Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

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.

Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

W drugim półroczu 2014 roku współpracowano z zakładami:

1. PZL Świdnik S.A. AgustaWestland

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. Klonica M., Kuczmaszewski J.: *Badania stanu energetycznego warstwy wierzchniej stopów magnezu po frezowaniu*. VIII Szkoła Obróbki Skrawaniem, wrzesień 2014, Międzyzdroje

Publikacje

1. Klonica M., Kuczmaszewski J.: *Badania stanu energetycznego warstwy wierzchniej stopów magnezu po frezowaniu*. *Mechanik*, nr 8-9/2014, str. 477-483

Prace mgr, dr, hab.

Prace magisterskie obronione:

1. Czaplą Agnieszka: *Modyfikacja kleju epoksydowego dla połączeń klejowo-zgrzewanych*. Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski
2. Gajewski Jakub: *Badania wytrzymałości połączenia klejowego metal-kompozyt*. Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski

Prace doktorskie

Tytuł: *Badania wpływu napełniacza o dużym stopniu rozdrobnienia na wybrane właściwości klejów epoksydowych*

Autor: Katarzyna Biruk-Urban

Promotor: Prof. dr hab. inż. Józef Kuczmaszewski
Status: „Praca po obronie”