

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

### Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały typu Glare) Composite metallic materials in aviation applications (including Glare-type materials)

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Politechnika Łódzka,

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

**Metody wytwarzania elementów kształtowych o strukturze kompozytów typu GLARE**  
Methods for producing profile elements of GLARE type composite structure

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

Realizowane prace miały na celu opracowanie metody wytwarzania elementów kształtowych z kompozytów typu GLARE przeznaczonych na elementy konstrukcji lotniczych np. podłogi wzmocniającej do usztywnienia paneli poszycia samolotu. Przeprowadzono szereg prac teoretycznych i eksperymentalnych w celu doboru materiałów składowych kompozytu oraz optymalnych metod wytwarzania profili kształtowych. Do budowy elementów kompozytowych zastosowano arkusze stopów aluminium 2024, 6061 i 7075 o grubości 0,4mm, ułożonych naprzemiennie i połączonych adhezyjnie z warstwami prepregu wzmocnionego włóknem jednokierunkowym włóknem szklanym o ułożeniu włókien 0/90. Na podstawie wyników badań profili wytworzonych różnymi metodami, wytypowano metodę umożliwiająca otrzymanie profili kompozytowych wysokiej jakości struktury, powtarzalności i wytrzymałości.

Opracowane, innowacyjne rozwiązanie polega na formowaniu określonej geometrii profilu z arkuszy metalu. W procesie przeróbki plastycznej zastosowano zaprojektowane i wykonane formy, przy projektowaniu, których uwzględniono kąt sprężystości formowanych arkuszy. Uformowane profile poddano następnie anodowaniu. Po przygotowaniu powierzchni metalu, profile ułożono w określonej sekwencji z warstwami nieutwardzonego prepregu w przygotowanych formach. Przygotowany "pakiet" umieszczono w autoklawie i poddano procesowi utwardzania.

Opracowane innowacyjne rozwiązanie ma na celu wytwarzanie wysokiej jakości i wytrzymałych kompozytowych elementów kształtowych przeznaczonych do wzmocnienia elementów konstrukcji lotniczych.

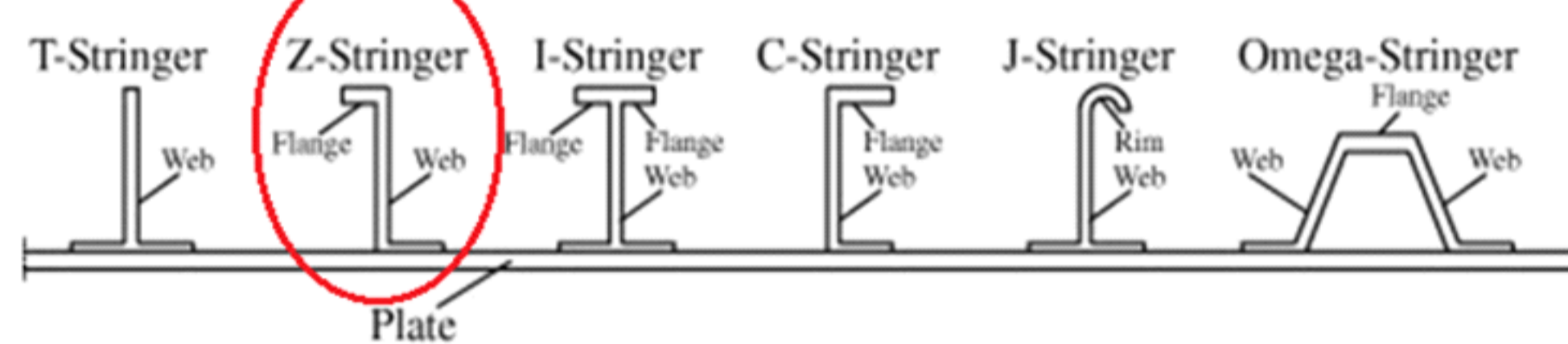
Realized work aimed to develop a method of producing composite GLARE type profile elements designed for elements of aircraft structures e.g. stringers reinforcement to stiffen the aircraft skin panels.

A number of theoretical and experimental work was done, in the selection of the constituent materials of the composite and optimal methods for the production of the profiles. For construction of the composite used layers of aluminum alloys 2024, 6061 and 7075 sheets with a thickness of 0.4 mm, staggered and connected adhesively with layers of glass fiber reinforced unidirectional prepreg, with fiber orientation 0/90. Based on the results of profiles obtained by different methods were chosen method capable of producing a high quality composite profiles structure, reproducibility and strength.

Developed an innovative solution consists of forming a specific geometry of the profile sheet metal. In the process used wrought designed and built forms, the design of which included spring-back angles formed sheets. Formed profiles were then anodized. After preparing the surface of the metal sections arranged in a predetermined sequence with a layer of uncured prepreg in the prepared molds. Prepared a "package" was placed in an autoclave and subjected to a hardening process.

Developed innovative solution is aimed at the production of high quality and durable composite profiles designed to strengthen the elements of aircraft structures.

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



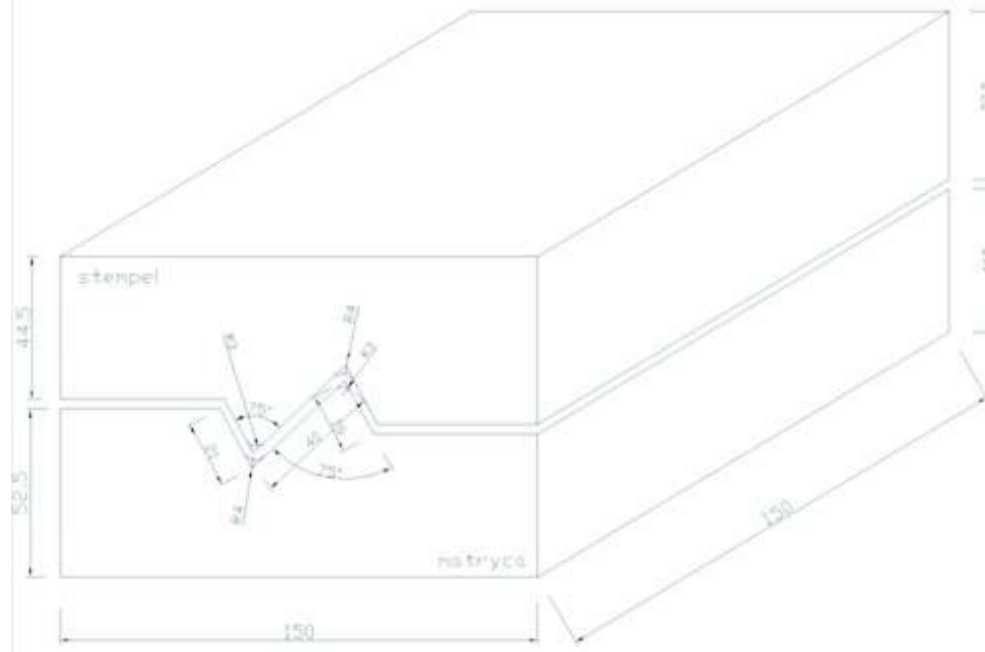
Rys.1. Schemat profilu kompozytowego wykonanego opracowaną metodą  
Fig.1. Scheme of composite profile made by developed method

#### ETAPY PROCESU WYTWARZANIA PROFILI KOMPOZYTOWYCH THE PROCESS STEPS FOR PRODUCING COMPOSITE PROFILES

1. Projektowanie i wykonanie matrycy i stempla do formowania określonego profilu z arkuszy metalu z uwzględnieniem zjawiska sprężystości materiału. Projekt matrycy do formowania opracowano na podstawie wyników badań procesu gięcia arkuszy stopów aluminium, w których określono właściwości plastyczne materiałów (np. kąt sprężystości blachy).

1. Design and manufacturing the die and punch for forming a specific profile of sheet metal, taking into account the phenomenon of spring back material. The project of matrix for forming was made on the basis of test results in bending process of aluminum alloys sheets, which set out the properties of plastic materials (e.g. the spring-back angle of plate).

Rys.2. Schemat formy do procesu kształtowania arkuszy metalu  
Fig.2. Scheme of mold for forming process of metal sheets



#### 2. Formowanie arkuszy metalu w matrycy

#### 2. Forming the metal plate in the die



Rys.3. Etapy formowania blach w matrycy  
Fig.3. Stages of sheet metal forming in the die

Rys.4. Zdjęcie uformowanego profilu ze stopu aluminium  
Fig.4. Picture formed aluminum alloy profile

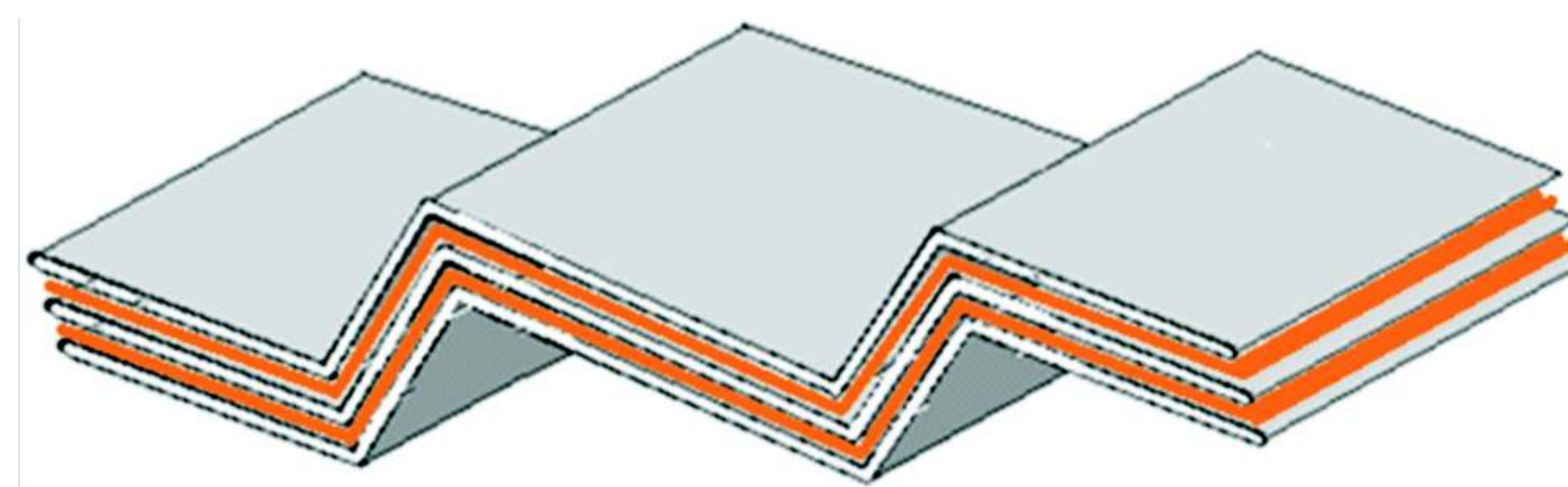


3. Przygotowanie blach do procesu autoklawowego  
Przygotowanie arkuszy metalu do procesu autoklawowego polega na anodowaniu blach oraz na nałożeniu warstwy Primeru zwiększającej adhezję do prepregu.

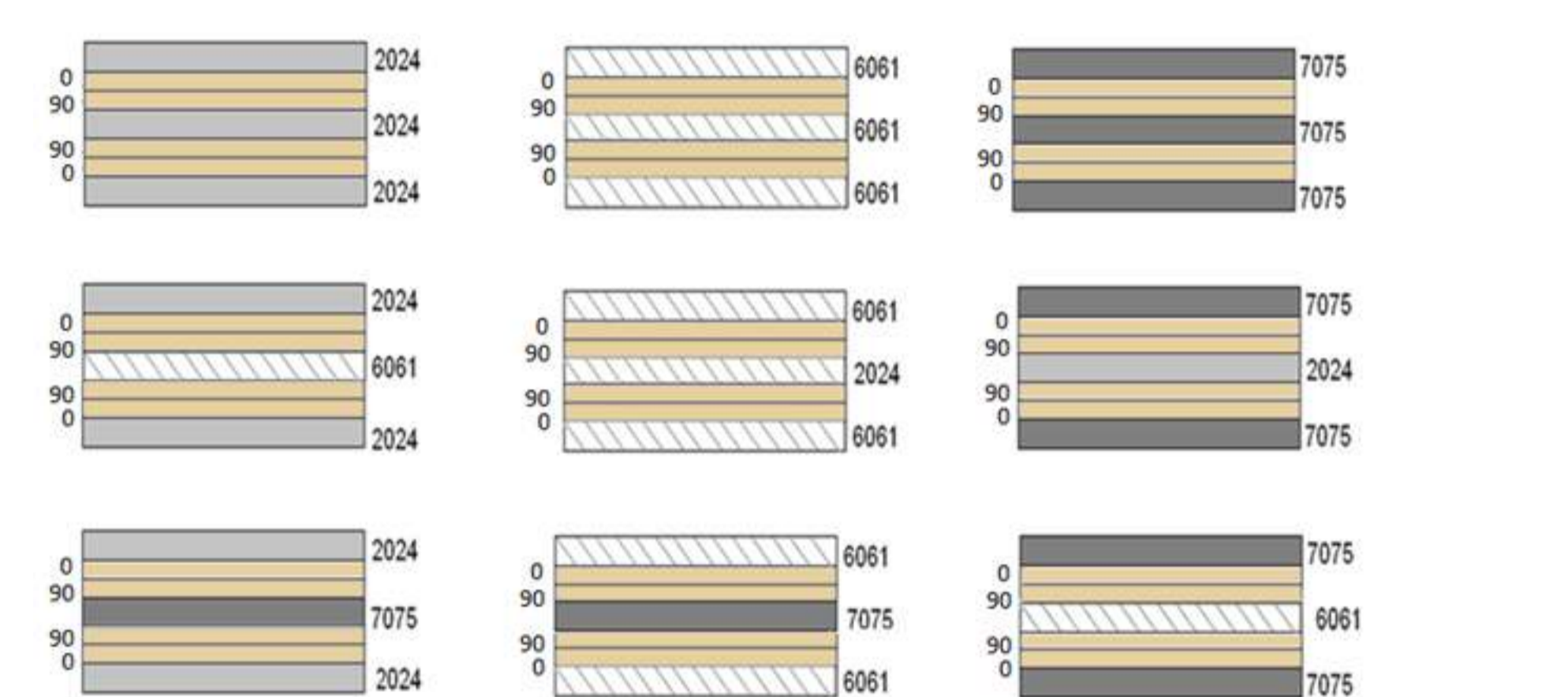
3. Preparation of metal sheets for autoclave process  
Preparation of sheets for the autoclave process involves metal anodizing metal applying a Primer layer for increasing adhesion of the prepreg.

4. Ułożenie warstw profili aluminiowych z warstwami nieutwardzonego prepregu w zaprojektowanej formie.

4. The arrangement of layers of aluminum profiles with layers of uncured prepreg in the designed form.



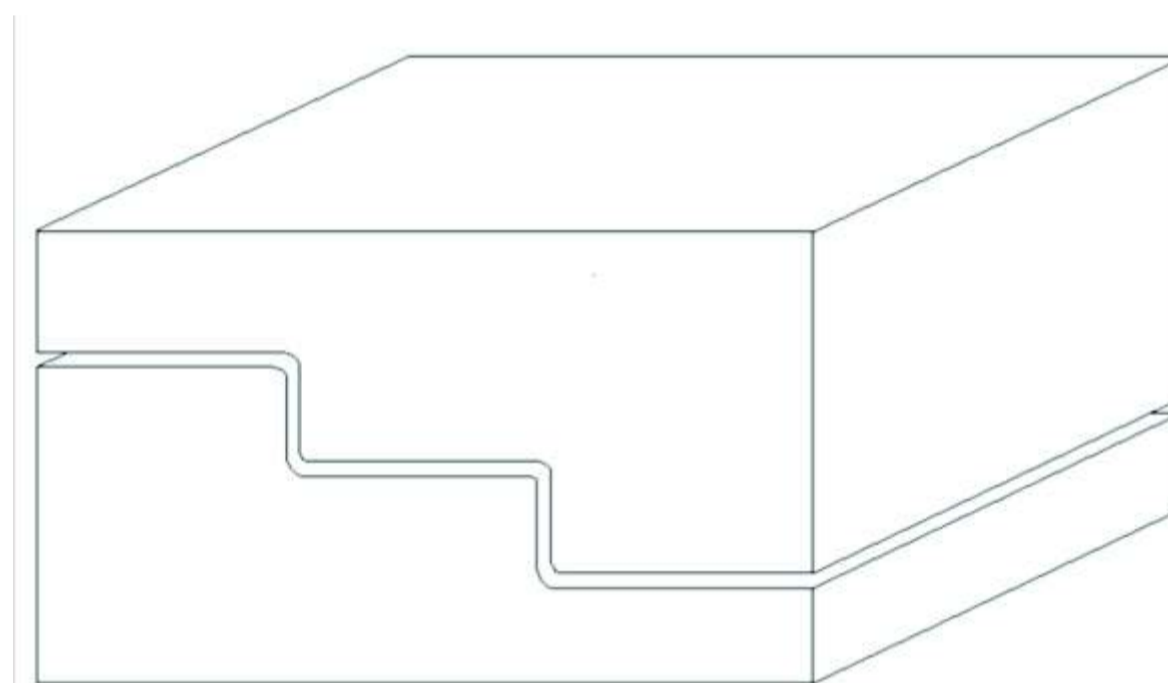
Rys.5. Schemat ułożenia warstw blach do utworzenia kompozytu typu GLARE 3/2: trzy warstwy metalu i dwie prepregu (0/90)  
Fig. 5. Schematic arrangement of metal layers to create composite type GLARE 3/2: three layers of metal and two prepreg (0/90)



Rys.6. Schematy ułożenia warstw ze stopów aluminium i prepregu jednokierunkowego  
Fig. 6. Schemes of arrangement of layers of aluminum and a unidirectional prepreg

Ułożone w odpowiedniej kolejności warstwy aluminium i prepregu umieszczono w formie, aby zapobiec odkształceniu profili pod wpływem ciśnienia panującego w autoklawie (rys.7).

Arranged in the proper order the layer of the aluminum and the prepreg, was placed in a form to prevent deformation of the profiles under pressure in an autoclave (Fig.7).

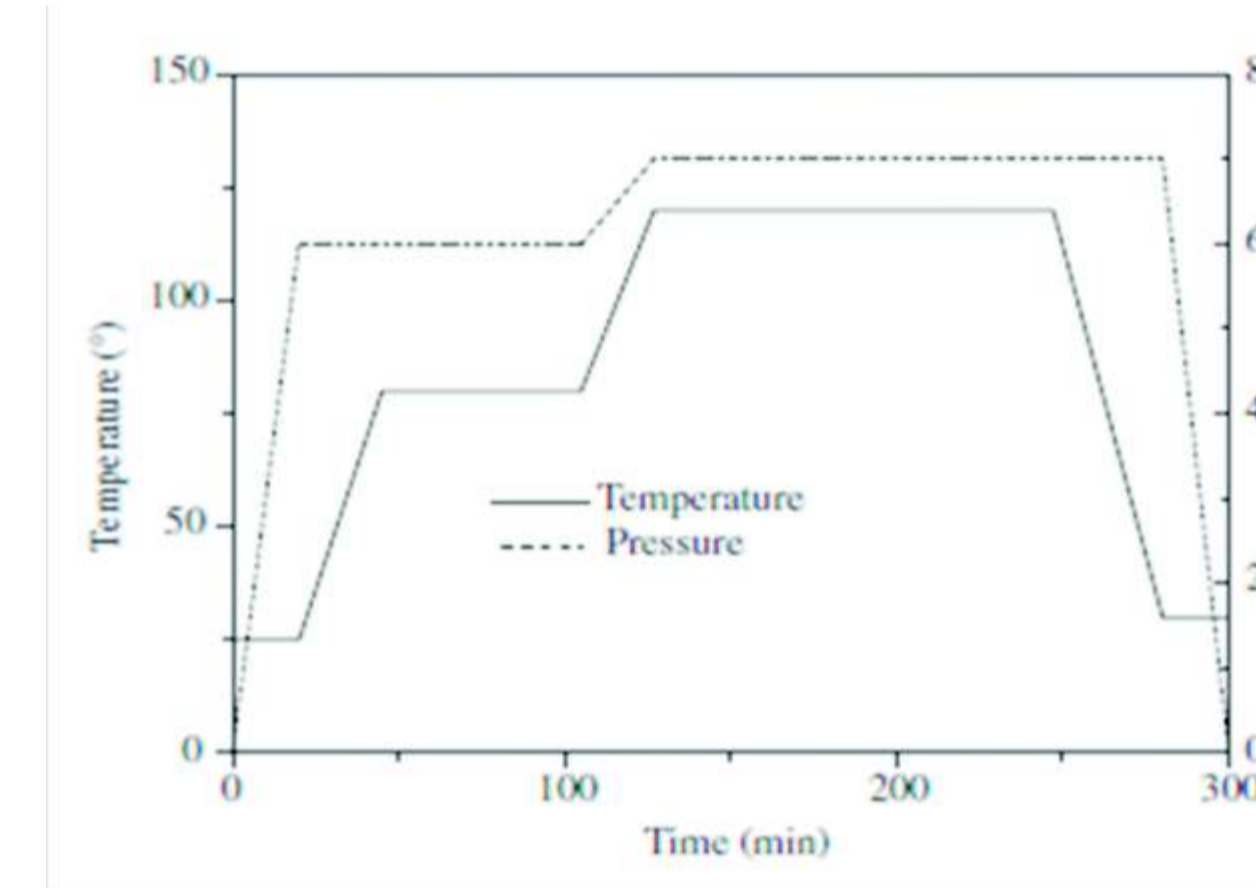


Rys.7. Schemat formy przeznaczony do formowania kompozytu w autoklawie  
Fig. 7. Scheme of a mold for forming the composite in an autoclave

5. Przeprowadzenie procesu utwardzania w autoklawie  
5. Perform the curing process in an autoclave



Rys.8. Zdjęcie autoklawu (Scholz)  
Fig.8. Picture autoclave (Scholz)



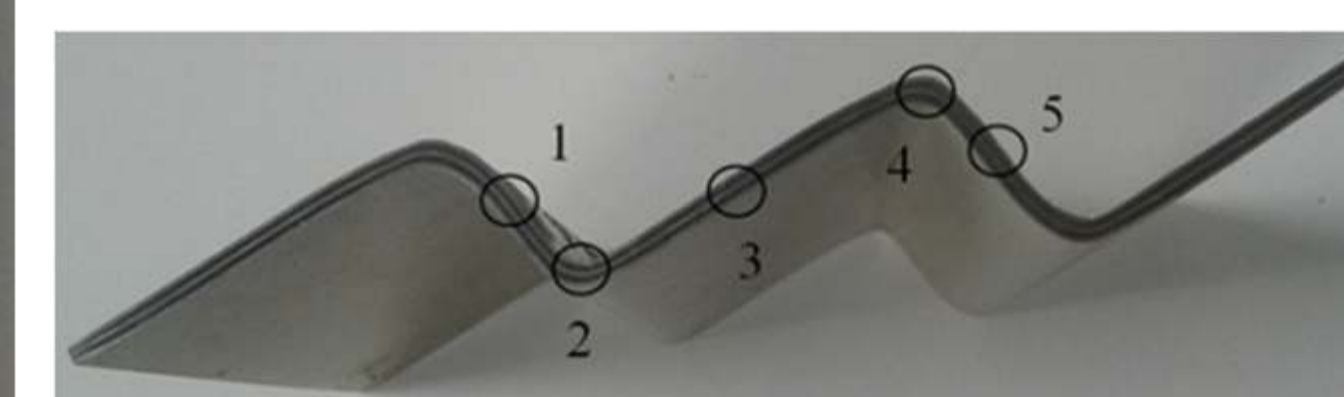
Rys.9. Schemat przedstawiający zakres temperatury, ciśnienia i czasu utwardzania w procesie autoklawowym  
Fig.9. Diagram depicting range of temperature, pressure and cure time in the autoclave

6. Ocena jakości gotowego profilu kompozytowego

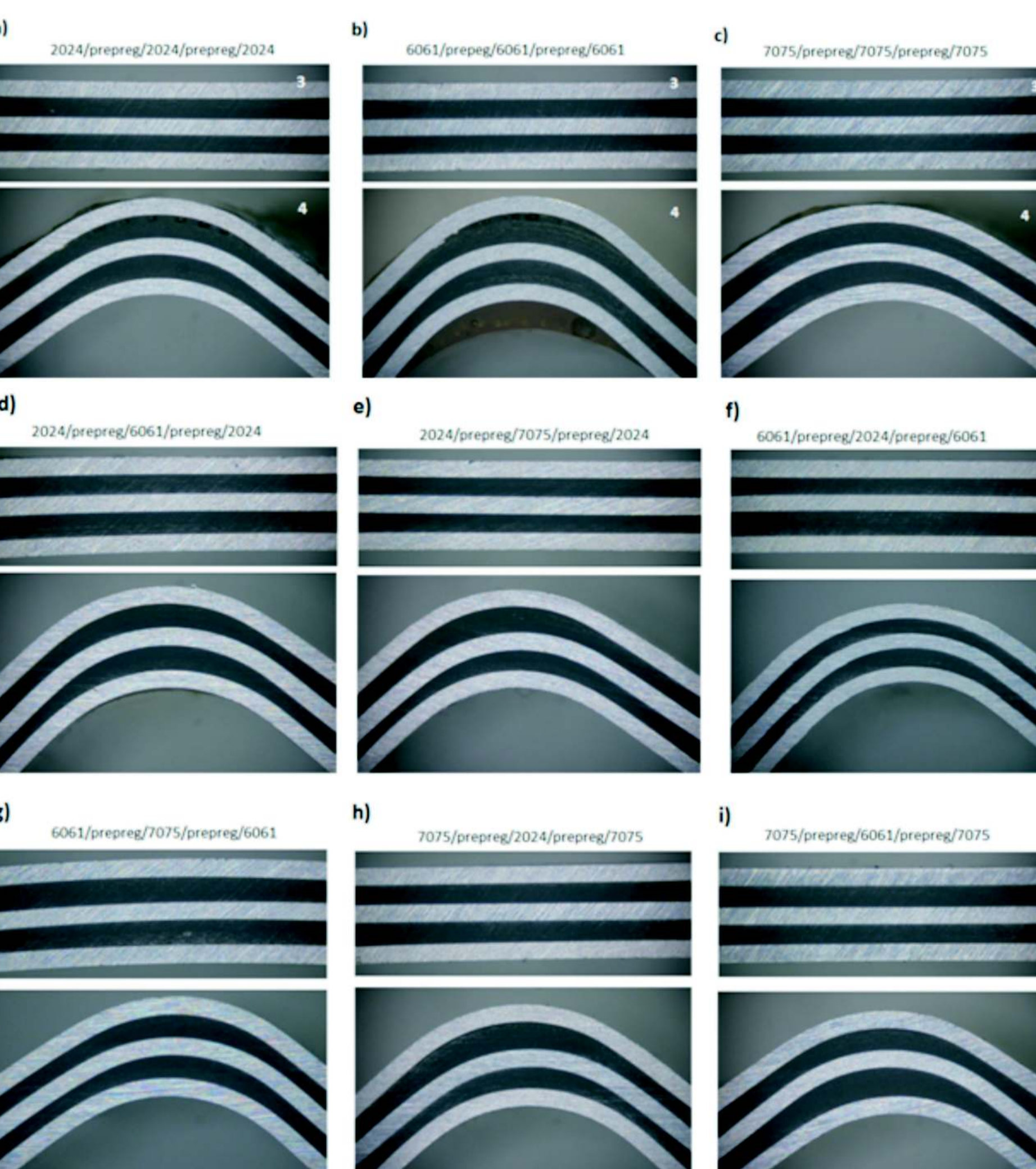
6. Evaluation of the quality of the finished composite profile



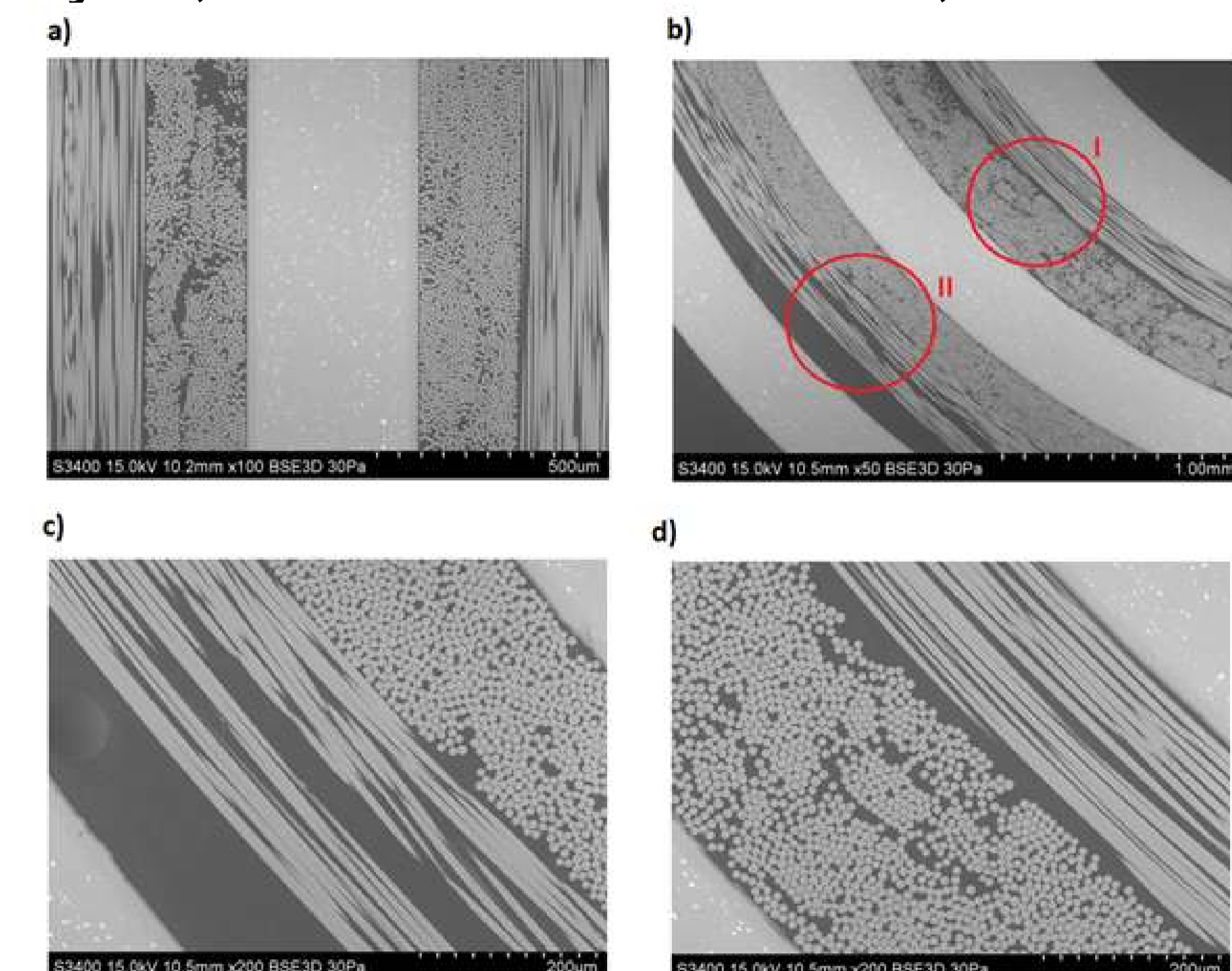
Rys.10. Profil kompozytowy po procesie utwardzania  
Fig.10. Profile composite after the curing process



Rys.11. Obszary pomiarów grubości kompozytu i oceny jakości połączenia warstw  
Fig.11. The areas of composite thickness measurements and assessing the quality of the connection of layers



Rys.12. Zdjęcia makrostruktury obszarów 3 i 4 profili  
Fig.12. Photos of profiles macrostructure of areas 3 and 4



Rys.13. Zdjęcia mikroskopowe próbki 2024/prepreg/2024/prepreg/2024: a) obszar 3, b) obszar 2, c) obszar 2-I, d) obszar 2-II  
Fig.13. Microscopic photos of sample 2024/prepreg/2024/prepreg/2024: a) the area 3, b) region 2, c) the area 2-I, d) region 2-II

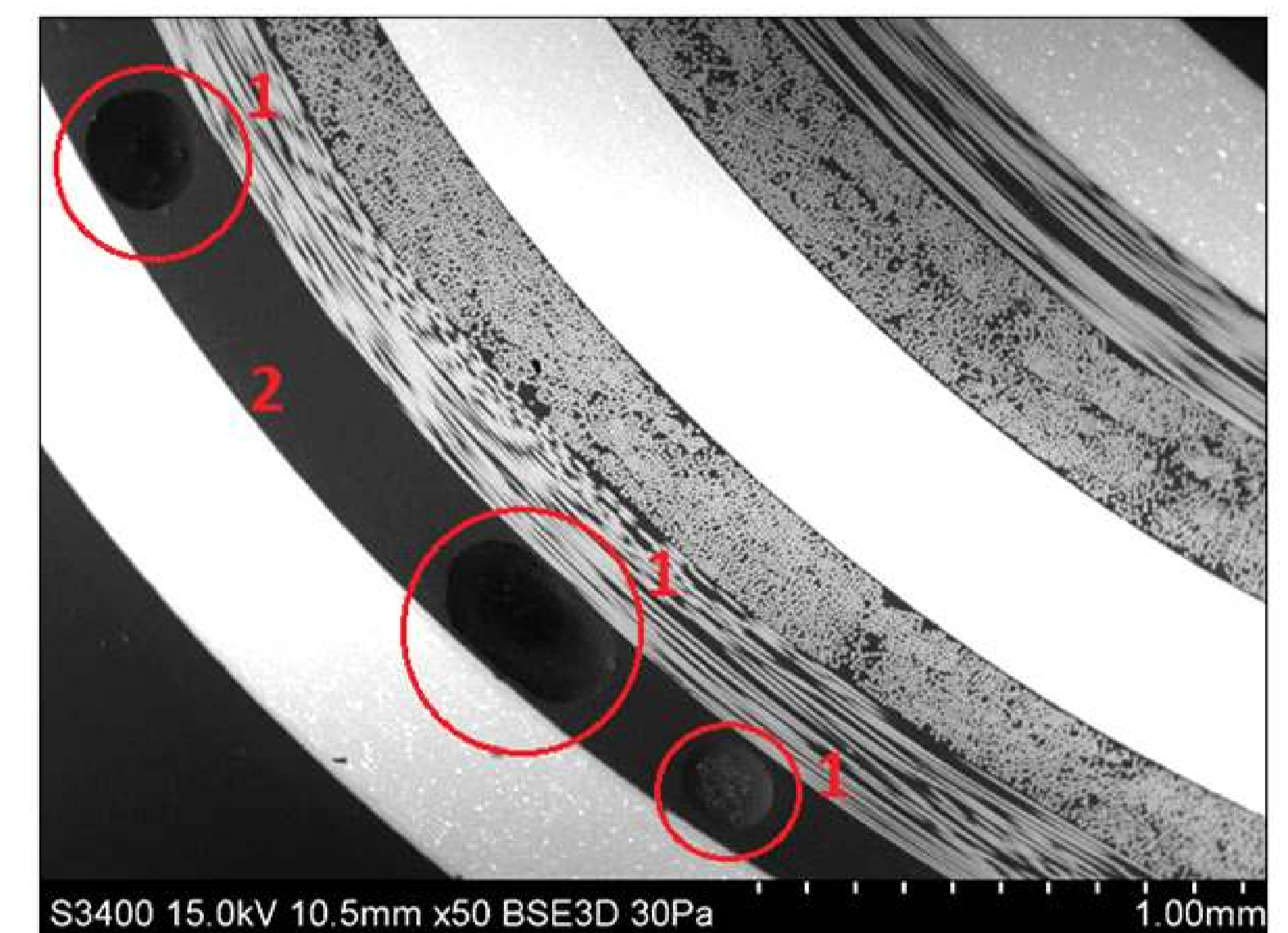
**Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego**  
Advantages and restrictions of innovative solution

**Zalety rozwiązania**  
Advantages of innovative solution

- Możliwość otrzymywania dobrej jakości kompozytowych profili kształtowych przeznaczonych na elementy konstrukcji lotniczych.
- Możliwość otrzymywania profili o różnej geometrii i wymiarach w zależności od przyszłego zastosowania.
- Możliwość wstępnego modelowania właściwości cyfrowego profilu kompozytowego poprzez zastosowanie wybranych materiałów składowych, ilości i grubości warstw.
- Brak problemów z formowaniem cienkich arkuszy blach metalu.
- Możliwość formowania w jednym cyklu kilku arkuszy blachy jednocześnie.
- The ability to receive high quality composite shaped profiles used for elements of aircraft structures.
- The ability to receive elements of different geometries and sizes, depending on the future use.
- Possibility of pre-modeling properties of the composite profile by using the selected materials of the components, the quantity and thickness of layers.
- No problems with the formation of thin sheets of metal sheets.
- The possibility of forming in a one cycle of several metal sheets simultaneously.

**Ograniczenia rozwiązania**  
Restrictions of innovative solution

- Rozmiar wytwarzanych profili jest limitowany wielkością autoklawu.
- Konieczność odpowiedniego zaprojektowania form do kształtowania profili aby zapobiec powstawaniu pustek (pęcherzy) w warstwie prepregu oraz obszarów bez wzmocnienia włóknami.
- The produced profiles size is limited by the size of the autoclave.
- The need to design a suitable form for forming metal profiles to prevent the formation of voids (bubbles) in the layer of the prepreg and areas without fiber reinforcement.

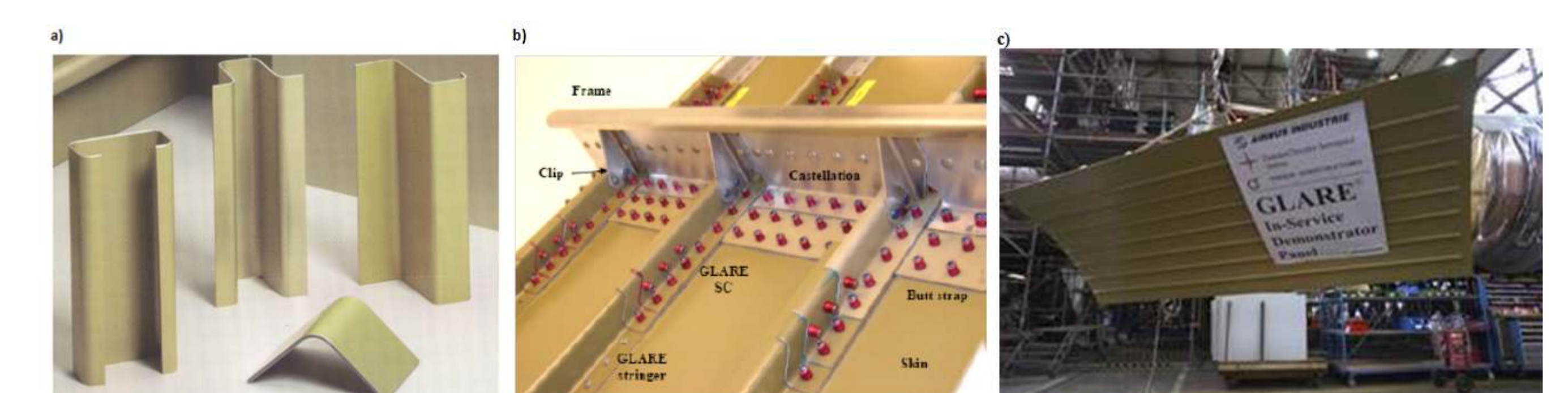


Rys.14. Wady w otrzymanym profilu kompozytowym: 1- pęcherze, 2- miejsca nie wzmocnione włóknami  
Fig.14. Defects in the received composite profile: 1- voids, 2- space is not fiber-reinforced

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

Opracowana metoda umożliwia otrzymywanie profili kształtowych o strukturze kompozytów typu GLARE o dużej wytrzymałości, sztywności, odporności na działanie środowiska korozyjnego, zmiennych obciążeniach temperaturowych oraz o niewielkiej gęstości, co determinuje możliwość zastosowania na odpowiedzialne elementy konstrukcji lotniczych. Możliwe jest zastosowanie opracowanej metody w różnych gałęziach przemysłu np. budownictwo.

- ✓ The developed method allows to obtain the shaped profiles of the GLARE type composite structure with high strength, stiffness, resistance to corrosive environments, variable temperature load and with a low density, which determines the possibility of applying for the reliable elements of aircraft structures.
- ✓ It is possible to apply the developed method in various industries, e.g. Construction.



Rys.15. Możliwe zastosowania profili kompozytowych w lotnictwie: a) geometrie profili (J. Sinke) kompozytowych, b) element wzmocniony profilami, c) panel poszycia samolotu A380 usztywniony podłogami  
Fig.15. Possible applications of composite profiles in aviation: a) geometries of composite profiles (J. Sinke), b) strengthened element, c) aircraft A380 skin panels stiffened with stringers (http://www.ncc-uk.co.uk)

**Oferta dla przemysłu**  
The offer for industry

- ✓ Technologia wytwarzania profili kompozytowych
- ✓ Technology to manufacture composite profiles