

# Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

## Modern material technologies in aerospace industry

### Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych w tym materiały typu Glare

### Metallic composite materials in aerospace applications including material type Glare

Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Politechnika Śląska, Instytut Lotnictwa w Warszawie  
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk

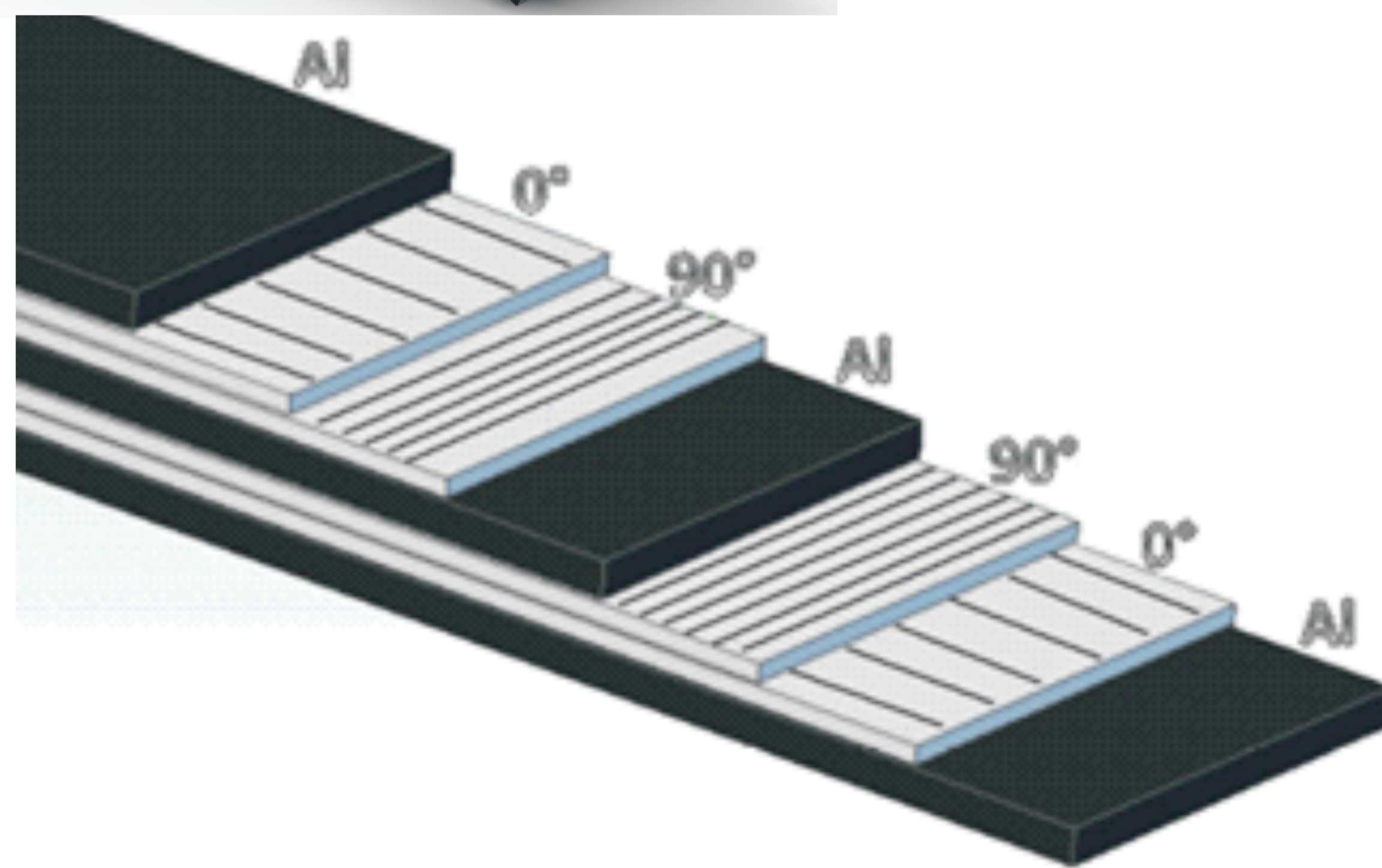
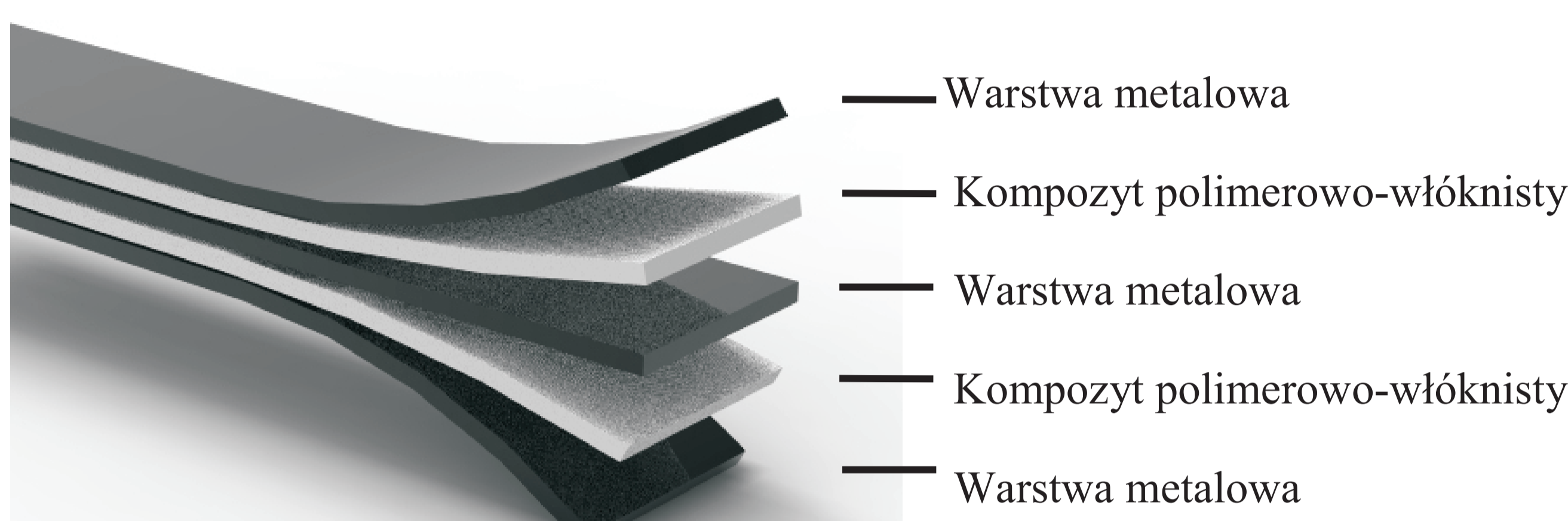
#### Wyniki badań Results

##### Opracowanie technologii wytwarzania struktur z kompozytów typu Glare – etap II, etap III

Development of technology for the manufacturing of Glare type composite structures - stage II, stage III

Laminaty metalowo-włókniste, składają się z cienkich warstw metalowych i kompozytu polimerowo-włóknistego. Laminaty łączą wysokie właściwości zarówno metalu i kompozytu polimerowego. Taka kombinacja daje w rezultacie nową generację materiałów hybrydowych o właściwościach hamowania i blokowania rozwoju pęknięć przy cyklicznym obciążeniu, bardzo dobrej charakterystyce obciążenia i udatności oraz niskiej gęstości.

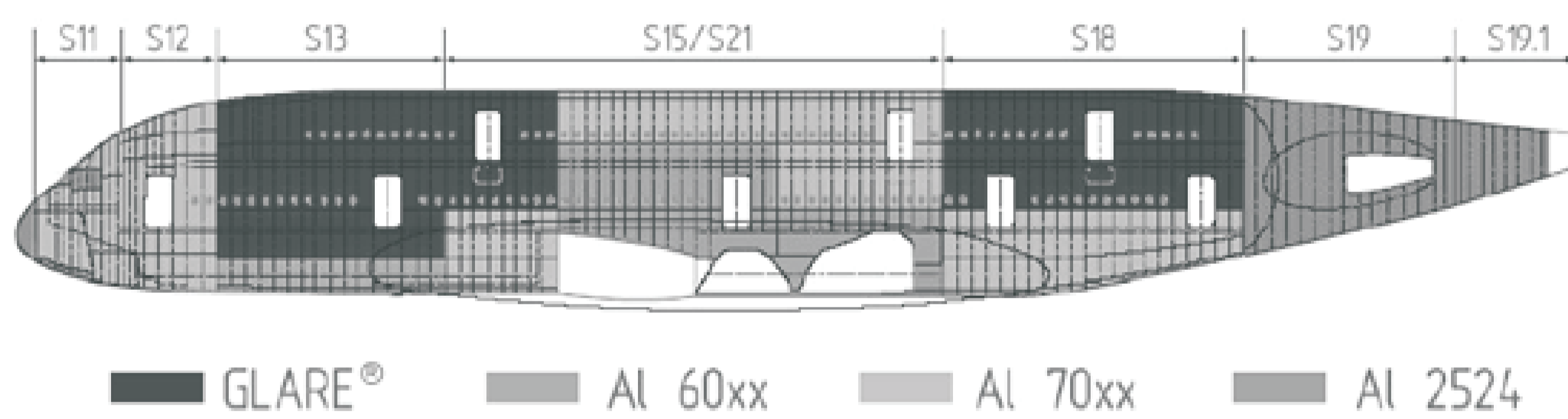
**Metal-fiber laminates** consist of thin metal layers and polymer-fiber composite. The laminates combine high properties of both metal and polymer composite. This combination results in a new generation of hybrid materials with low rate crack growth and crack locking under cyclic loading, a very good load bearing capacity characteristics, impact resistance and low density.



Rys. 1. Budowa laminatu FML  
Fig. 1. Structure of FML laminate

Laminaty FML znajdują zastosowanie na części poszycia samolotów, elementy usztywniające i konstrukcyjne. Są silnie narażone na bezpośredni kontakt z otoczeniem zewnętrznym.

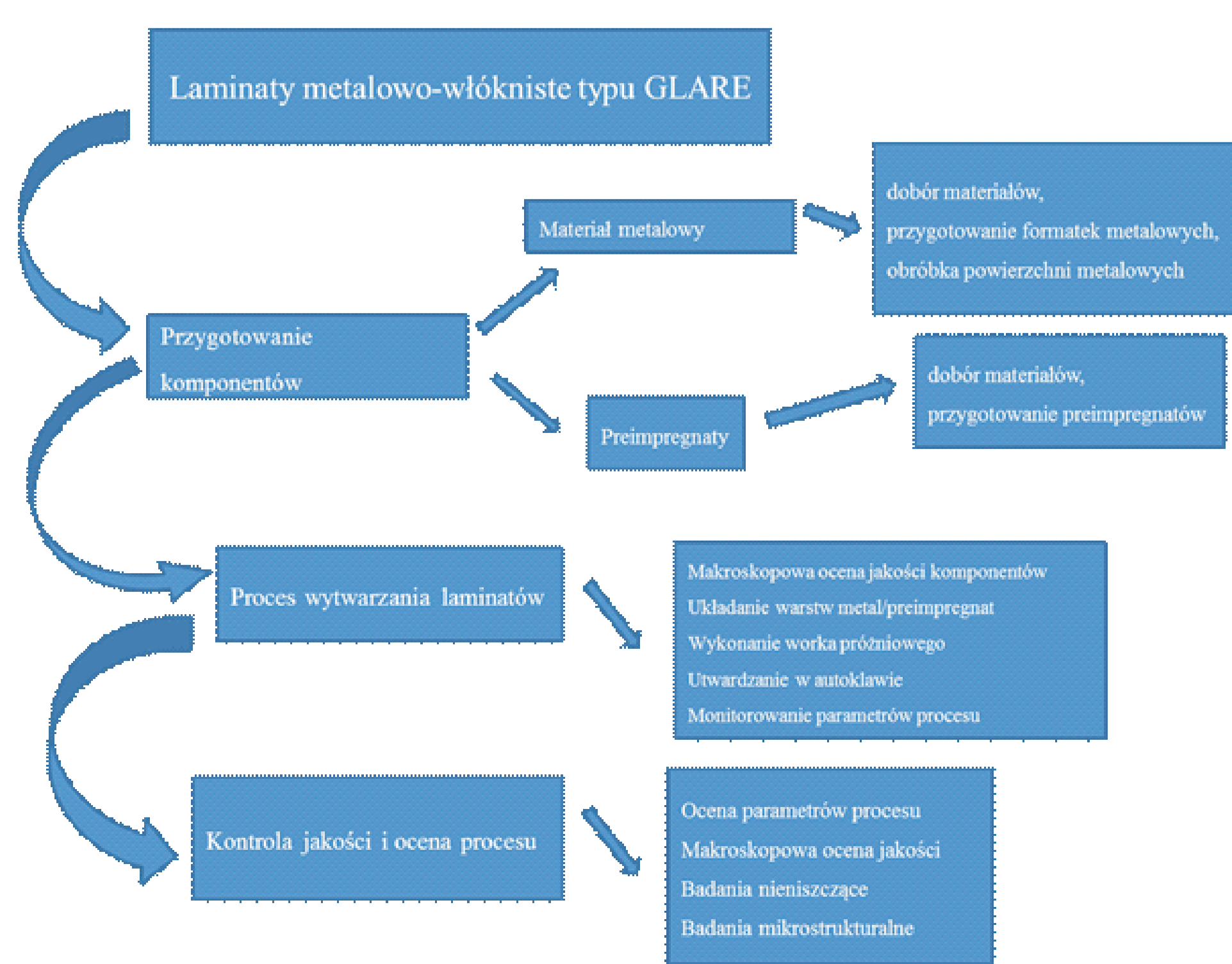
FML laminates are used for aircraft parts, elements of fuselage, stiffeners and construction. they can be exposed to direct contact with the external environment.



Rys. 2. Zastosowanie GLARE® w samolocie Airbus A380  
Fig. 2. Application of GLARE® in Airbus A380

Spośród wielu metod wytwarzania polimerowych struktur kompozytowych i FML najkorzystniejsze właściwości zapewnia metoda autoklawowa. Ogranicza poziom porowatości w strukturach do około 1%, zapewnia wysoką powtarzalność wyrobów i prawidłowy rozkład wzmocnienia w objętości osnowy.

Among the various methods of manufacture of polymer composite structures and FMLs, the best properties provides autoclave method. Restricts the level of porosity in the structures up to about 1%, provides high repeatability and proper distribution of the fibers in the matrix volume.



Rys. 3. Schemat kolejności wykonywania procedur przy wytwarzaniu laminatu typu FML  
Fig. 3. Diagram of procedures for the preparation of the FML laminate

#### Wyniki badań Results

##### Technologia wytwarzania przestrzennych profili z laminatów FML

Manufacturing technology of spatial profiles from FML laminates

Przedmiotem opracowanej technologii są profile/kształtowniki wykonane z laminatów metalowo-włóknistych na bazie stopu aluminium 2024-T3 i kompozytu włóknistego (włókna szklane lub węglowe) na osnowie żywicy epoksydowej.

Opracowano technologię wytwarzania kształtowników typu: Z, C, Ω

The object of this technology are the profiles / channel sections made of fiber-metal laminates based on aluminum alloy 2024-T3, and a polymer composite (glass or carbon fibers) reinforced with epoxy resin.

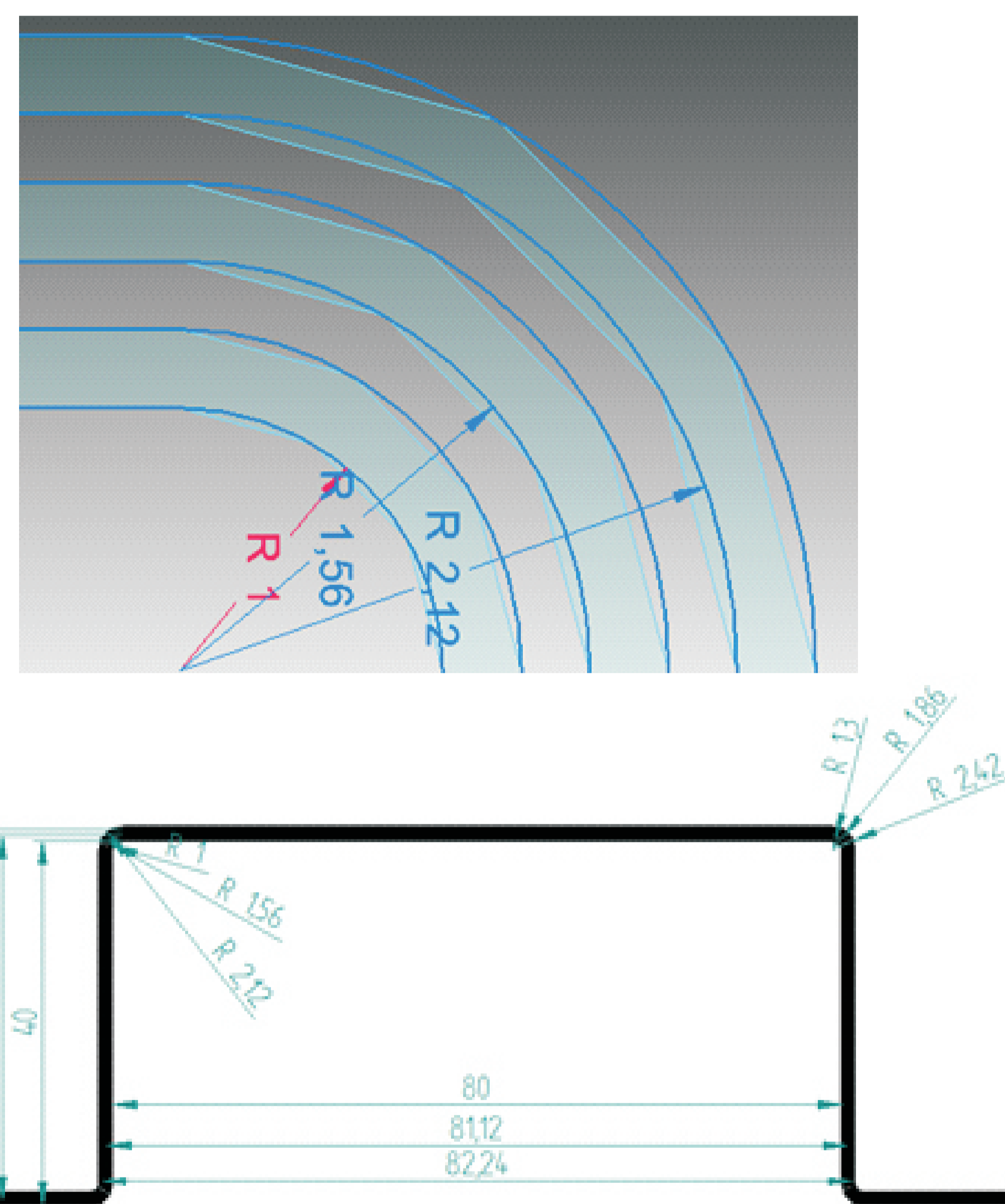
Technology was developed for the manufacturing of the profiles: Z, C, Ω



Rys. 4. Profile kształtowe wykonane z laminatu FML  
Fig. 4. Spatial profiles made from FML laminate

Jednym z kluczowych etapów jest przeprowadzenie procesu gięcia blach aluminiowych. Należy zoptymalizować promień gięcia poszczególnych warstw metalowych, w zależności od grubości wypełnienia kompozytowego.

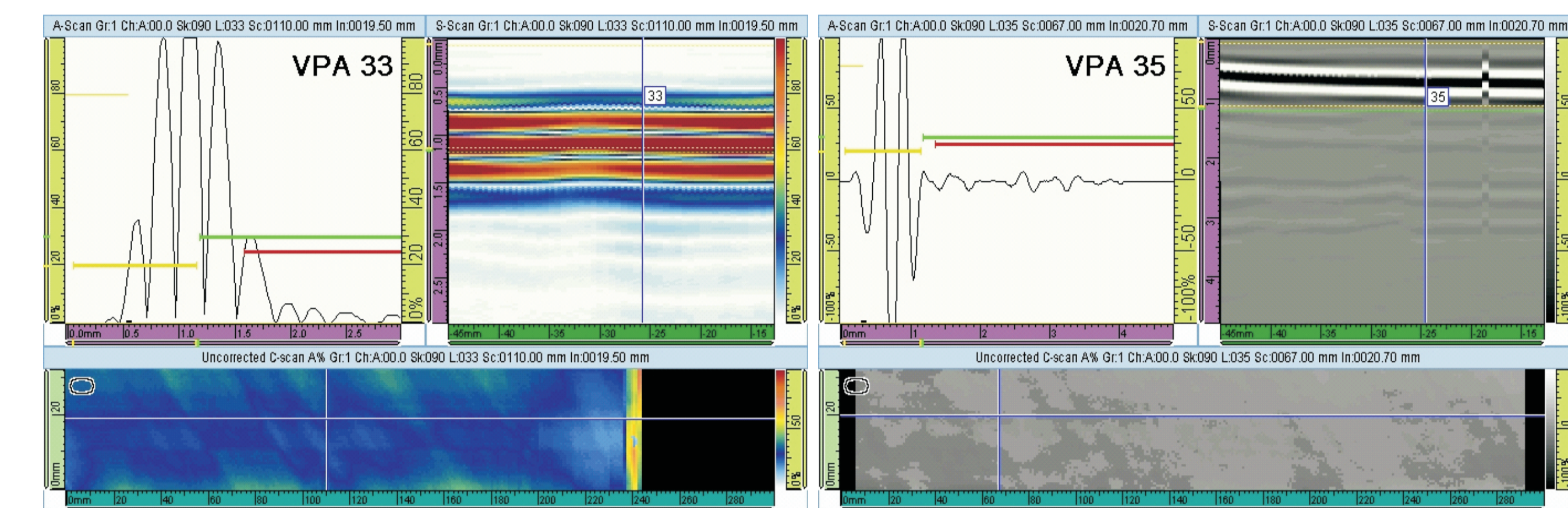
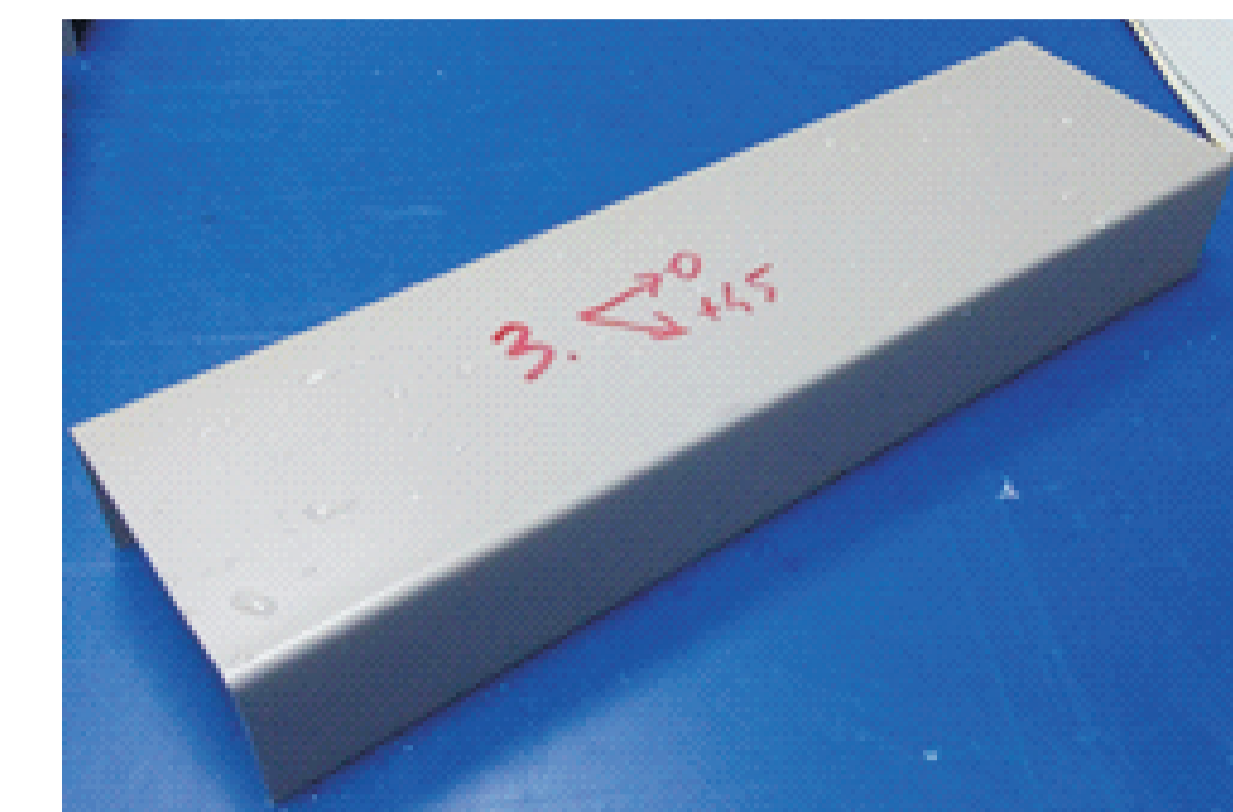
One of the key steps is to carry out the forming process of aluminum sheets. The bending radius should be optimized for each of the metal layers, depending on the thickness of the composite.



Rys. 5. Wymiary i promień gięcia dla profili „Ω”  
Fig. 5. Dimensions and bending radii for “Ω” profiles



Rys. 6. Mikrostruktura profili FML  
Fig. 6. microstructure of FML profiles



Rys. 7. Przykładowy obraz ultradźwiękowy profilu „C” FML.  
Fig. 7. Sample ultrasonic image of FML “C” type profile



Rys. 7. Laminaty FML w strukturach lotniczych (J. Sinke 2006)  
Fig. 7. FML laminates in aircraft structures (J. Sinke 2006)

#### Przykłady współpracy z przemysłem lotniczym Collaboration with aviation industry

- WSK PZL Świdnik S.A. - konsultacje metod oceny jakości w przemyśle lotniczym; anodowanie w warunkach przemysłowych; konsultacje naukowe dla pracowników zakładu
- PZL Mielec - nawiązanie współpracy w obszarze technologii kompozytowych
- WSK PZL Świdnik S.A. - consultation methods of quality assurance in aircraft industry, anodizing process; transfer of knowledge to factory employers
- PZL Mielec - establishing cooperation in the area of composites technology.

#### Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

##### Referaty

- Ostapiuk M., Bienias J., Surowska B., Jakubczak P., Majerski K. . **Analysis of aluminum surface layer in evaluating the strength properties of Fiber Metal Laminates** 9th AIRTEC 2014, International Congress, 28-30 October 2014, Frankfurt, Germany
- Majerski K., Surowska B., Bienias J.: **Mechanical response of hygrothermal conditioned fiber metal laminates** 9th AIRTEC 2014, International Congress, 28-30 October 2014 :
- Ostapiuk M., Bienias J., Surowska B., Majerski K.: **Połączenie metalu z polimerem w laminatach typu FML: XIV Konferencja Naukowo-Techniczna "Polimery i Kompozyty Konstrukcyjne"**, Kompozyty 2014, 7-10 października 2014, Gliwice – Istebna 2014

##### Publikacje

- Jakubczak P., Bienias J., Majerski K., Ostapiuk M., Surowska B.: **The impact behavior of aluminum hybrid laminates** Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 2014, vol.86, 4,
- Majerski K., Surowska B., Bienias J., Jakubczak P., Ostapiuk M., **Experimental investigation on the influence of fibers orientation on the failure of carbon hybrid laminates**, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 2014, vol.86, 4, pp. 307 – 311
- Bienias J., Surowska B., Jakubczak P., **The comparison of Low Velocity Impact Resistance of Aluminum/Carbon and Glass Fiber Metal Laminates**, DOI 10.1002/pc.23266, Polymer Composites, 2014
- Jakubczak P., Bienias J., Dadej K., Zawieski W.: **The issue of residual strength tests of thin fibre metal laminates**, COMPOSITES THEORY AND PRACTICE - 2014, nr 3, 134-138

##### Prace mgr, dr, hab.

##### Prace magisterskie

- Pajurek M.: **Analiza zniszczenia kompozytów w próbie zginania krótkiej belki**, opiekun prof. B. Surowska, planowana obrona czerwiec 2014
- Kłosoński G.: **Wpływ warunków środowiskowych na poziom wytrzymałości na ścinanie międzywarstwowe laminatów metalowo-włóknistych**, opiekun prof. B. Surowska, planowana obrona czerwiec 2014
- Laskowski P.: **Badania stanu warstwy wierzchniej tytanu do zastosowania w laminatach FML**, opiekun dr J. Bienias, planowana obrona czerwiec 2014
- Zagrabla D.: **Dobór komponentów do wytwarzania laminatów typu tytan/kompozyt**, opiekun dr J. Bienias, planowana obrona czerwiec 2014

##### Prace doktorskie

Tytuł: **Rola mikrostruktury warstwy wierzchniej aluminium w kształtowaniu właściwości laminatu aluminium-kompozyt epoksydowo-szklany**

Autor: Monika Ostapiuk

Promotor: prof. dr hab. Surowska Barbara

Status: *W recenzjach*

Tytuł: **Analiza zniszczenia laminatów metalowo-włóknistych w wyniku obciążenia dynamicznego z niską prędkością**

Autor: Patryk Jakubczak

Promotor: prof. dr hab. Surowska Barbara

Status: *W trakcie realizacji przygotowania do druku*

##### Prace habilitacyjne

Tytuł: **Kształtowanie struktury i właściwości laminatów metalowo włóknistych**

Autor: Jarosław Bienias

Status: *W trakcie realizacji przygotowania do druku*