

# 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 Śląska, Instytut Lotnictwa w Warszawie  
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk

#### Wyniki badań Results

**Analiza procesu kształtowania plastycznego elementów z kompozytów typu GLARE 3 2/1 wykonanych ze stopów 7075, 6061 i 2024 oraz ocena wpływu fazy metalicznej i wpływu procesu cyklicznych zmian temperatury na właściwości mechaniczne i fizyczne kompozytów.**

**Analysis of the process of shaping the plastic components of the composite type GLARE 3 2/1 made of alloys 7075, 6061 and 2024 and evaluation of the effect of the metallic phase and the effect of the cyclic changes of temperature on the mechanical and physical properties of the composites.**

W Zapotrzebowanie przemysłu lotniczego na lekkie elementy konstrukcji statku powietrznego o wysokiej jakości i trwałości doprowadziła do stosowania kompozytów, w tym hybrydowych kompozytów typu GLARE. Kompozyty typu GLARE poprzez kombinację warstw metalu i prepregu dają w efekcie materiał o dobrej odporności na zmęczenie, odporności na korozję oraz ograniczonej palności. Materiały kompozytowe przeznaczone do zastosowań na struktury lotnicze muszą zachowywać wysokie parametry wytrzymałościowe i odpornościowe w szerokim zakresie temperatury (min ±50°C).

Aerospace industry demand for a light aircraft structural components with high quality and durability has led to the use of composites, including hybrid GLARE type composites. GLARE type composites by a combination of metal layers and prepreg result in a material with good fatigue resistance, corrosion resistance, and limited flammability. Composite materials intended for use on aircraft structure must retain high strength and durability parameters in a wide temperature range (min ± 50 °C).

W celu otrzymania profili wzmacniających z kompozytów typu GLARE zastosowano proces formowania w matrycy wraz z wcześniejszą analizą własności plastycznych tego typu materiałów (Rys.1).

Na formowanie kompozytów wpływa rodzaj, grubość i ilość arkuszy metalu, rodzaj i ilość zbrojenia w prepregu, sekwencja ułożenia warstw oraz warunki procesu.

In order to obtain reinforcing profiles made of GLARE type composite molding process in the matrix was used, together with the earlier analysis of the plastic properties of such materials (Fig 1).

The plastic forming of composite is affected by the type, thickness and number of sheets of metal, the type and amount of reinforcement in prepreg, a sequence alignment layers, and the process conditions.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono znaczny wpływ rodzaju zastosowanego stopu aluminium na formowanie materiału kompozytowego. Wykazano wpływ zmiennego pola temperatur na własności kompozytów typu GLARE.

On the basis of the results of the studies found a significant effect of the type of aluminum alloy for forming a composite material.

The influence of variable temperature field on the properties of GLARE type composites.

W poniższej pracy skupiono się na formowaniu profili wzmacniających typu „Z” poprzez kształtowanie plastyczne arkuszy kompozytów typu GLARE 3 2/1 w specjalnie zaprojektowanej matrycy (Rys. 2).

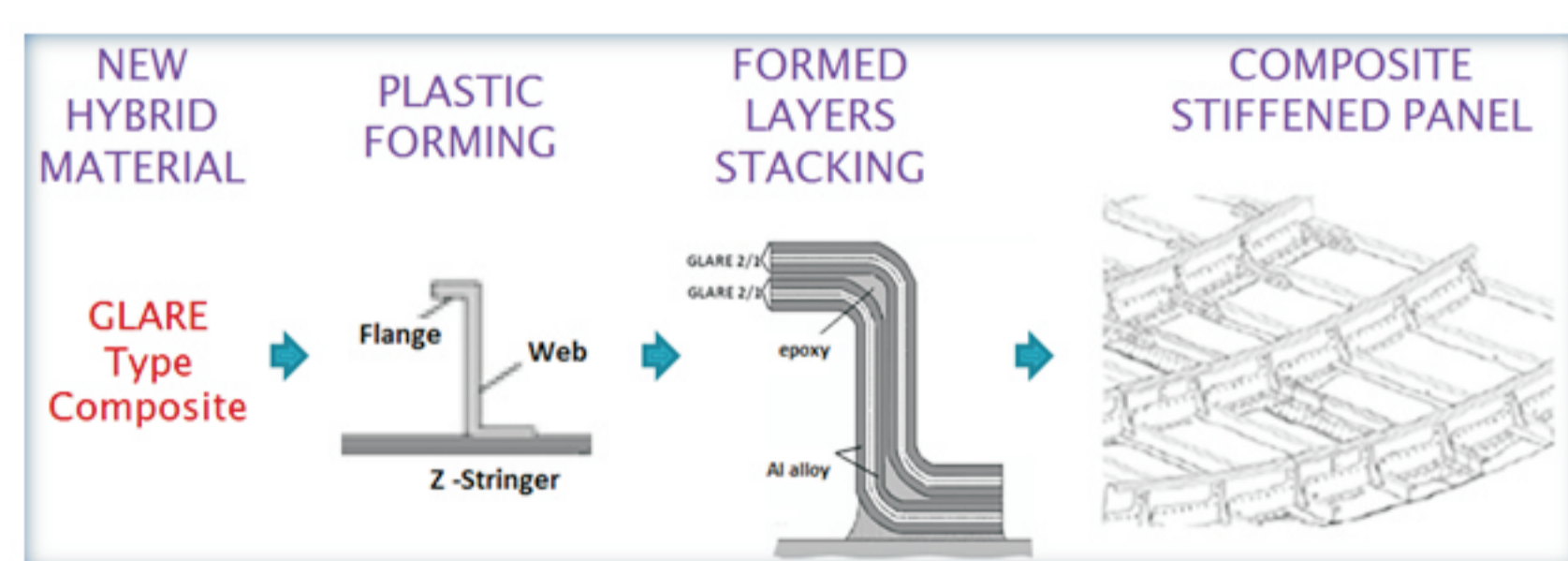
Kompozyty typu GLARE wykonano z różnych stopów aluminium (2024, 6061, 7075) (Rys. 3). W celu oceny materiału kompozytowego w aspekcie możliwych, przyszłych zastosowań na elementy struktur lotniczych przeprowadzono analizę wpływu zmiennego, cyklicznego wpływu temperatury na własności kompozytów.

Cykl obróbki cieplnej obejmował: chłodzenie w - 80 stopni Celsjusza w ciągu 6 godzin, ogrzewanie do temperatury pokojowej (+ 21stopni Celsjusza) w ciągu 18 godzin, ogrzewanie do + 50 stopni Celsjusza w ciągu 6 godzin, ochłodzenie do temperatury pokojowej (+ 21stopni Celsjusza) w czasie 18 h.

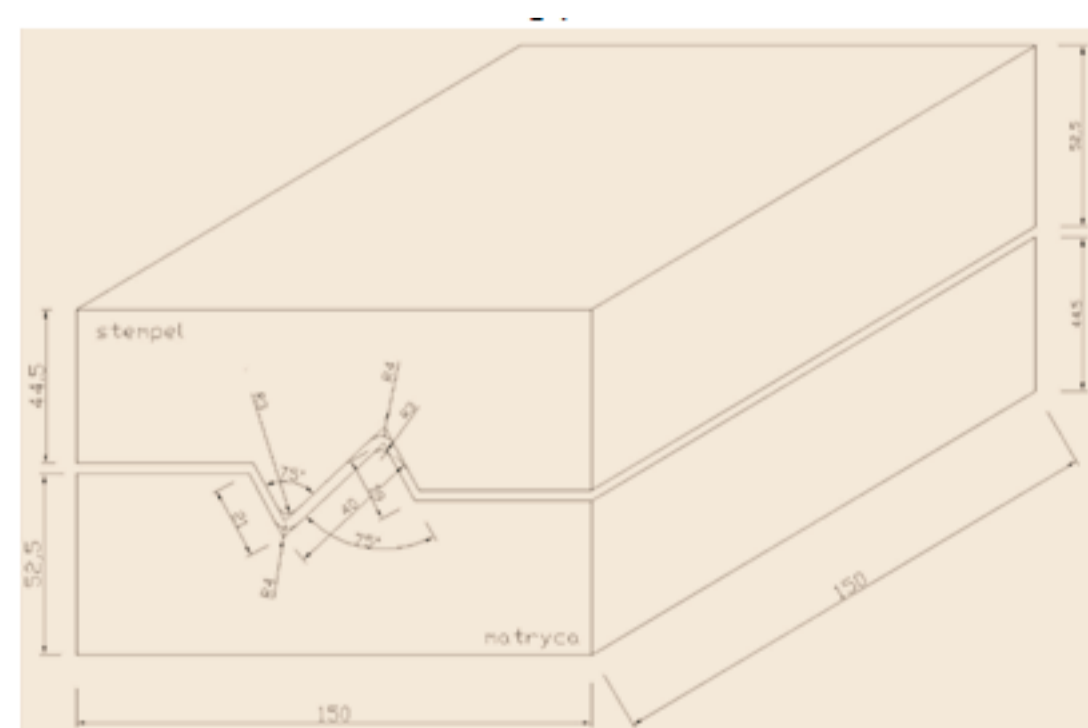
Po procesie materiał poddano próbie gięcia w kształcie V (Rys. 4).

In this paper focuses on the formation of "Z" type reinforcing profiles by plastic forming of GLARE 3 2/1 sheet composites in specially designed matrix (Fig. 2). GLARE type composites were made of different aluminum alloys (2024, 7075, 6061) (Fig. 3). In order to evaluate the composite material in terms of possible future applications to aircraft structures it was analyzed the influence of variable cyclic temperature effect on the properties of the composite.

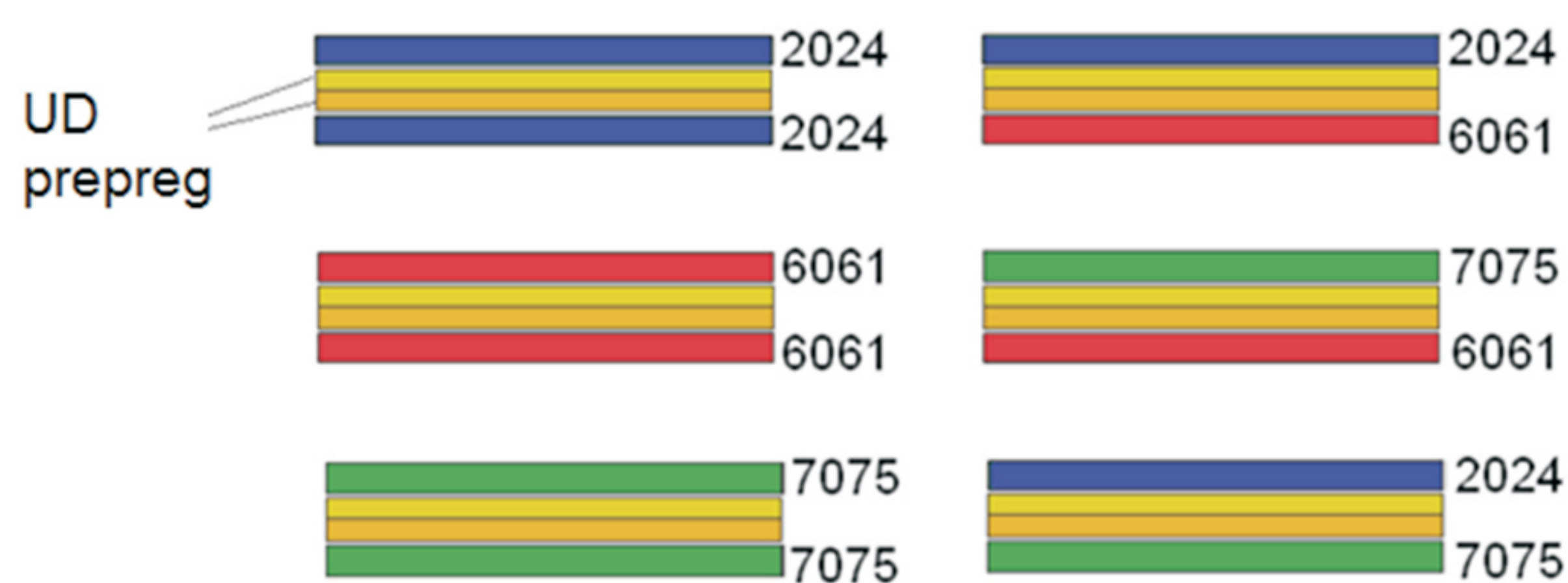
Heat treatment cycle involved: cooling in - 80 Celsius degrees during 6 h, heating to room temperature (+21Celsius degrees) during 18 h, heating to + 50 Celsius degrees during 6 h, cooling to room temperature (+21Celsius degrees) during 18 h. After the process of sample material was subjected to "V" bending test (Fig. 4).



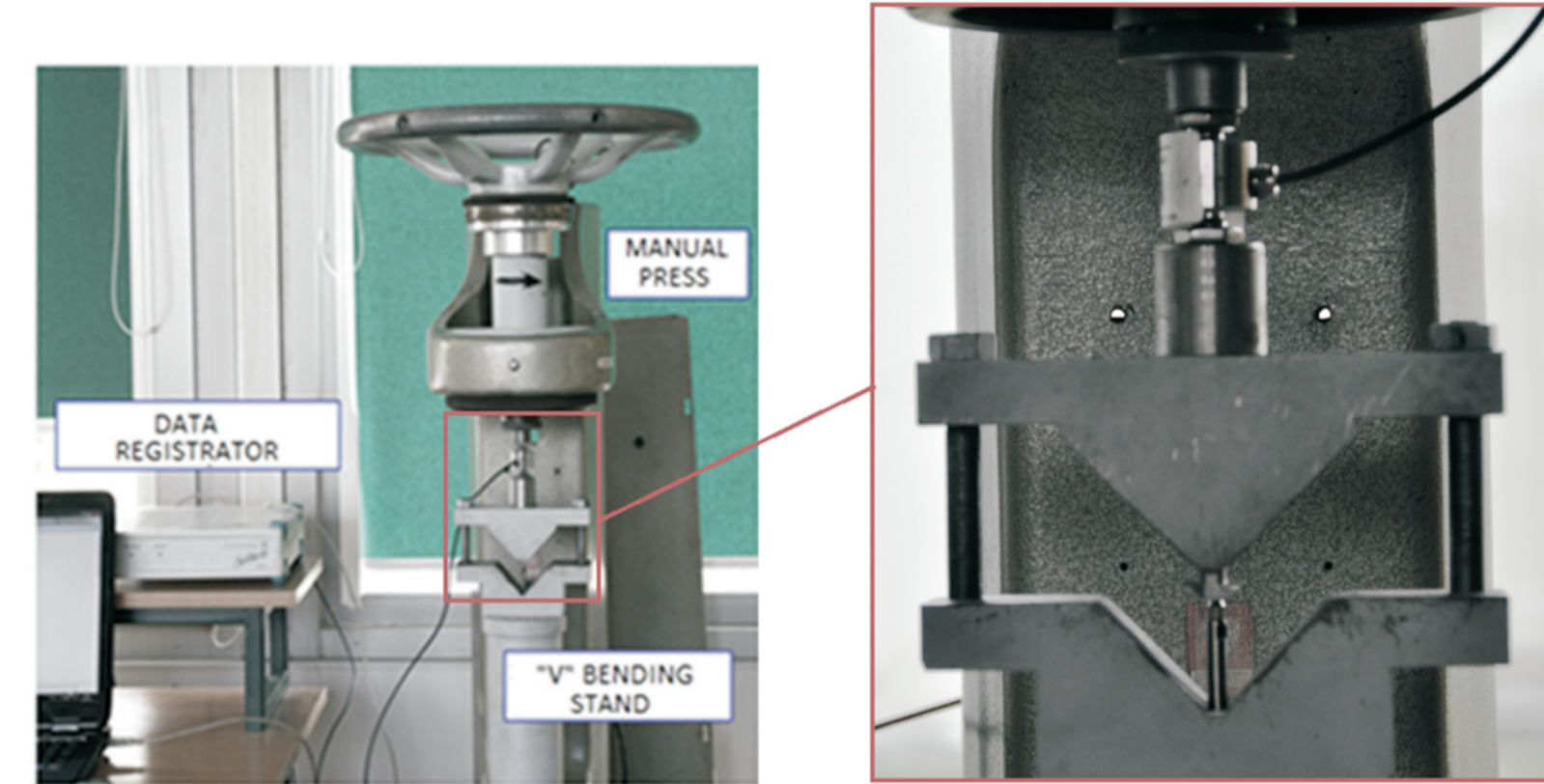
Rys. 1. Koncepcja wytwarzania kompozytowych profili wzmacniających w procesie formowania plastycznego  
Fig. 1. Concept for the production of composite reinforcing profiles by plastic forming process



Rys.2. Schemat matrycy do formowania profilu typu Z  
Fig. 2. Scheme of matrix for forming of „Z” type profiles



Rys.3. Schemat ułożenia warstw w kompozycje typu GLARE  
Fig.3. Composition of the layers of aluminum alloys in the GLARE composite



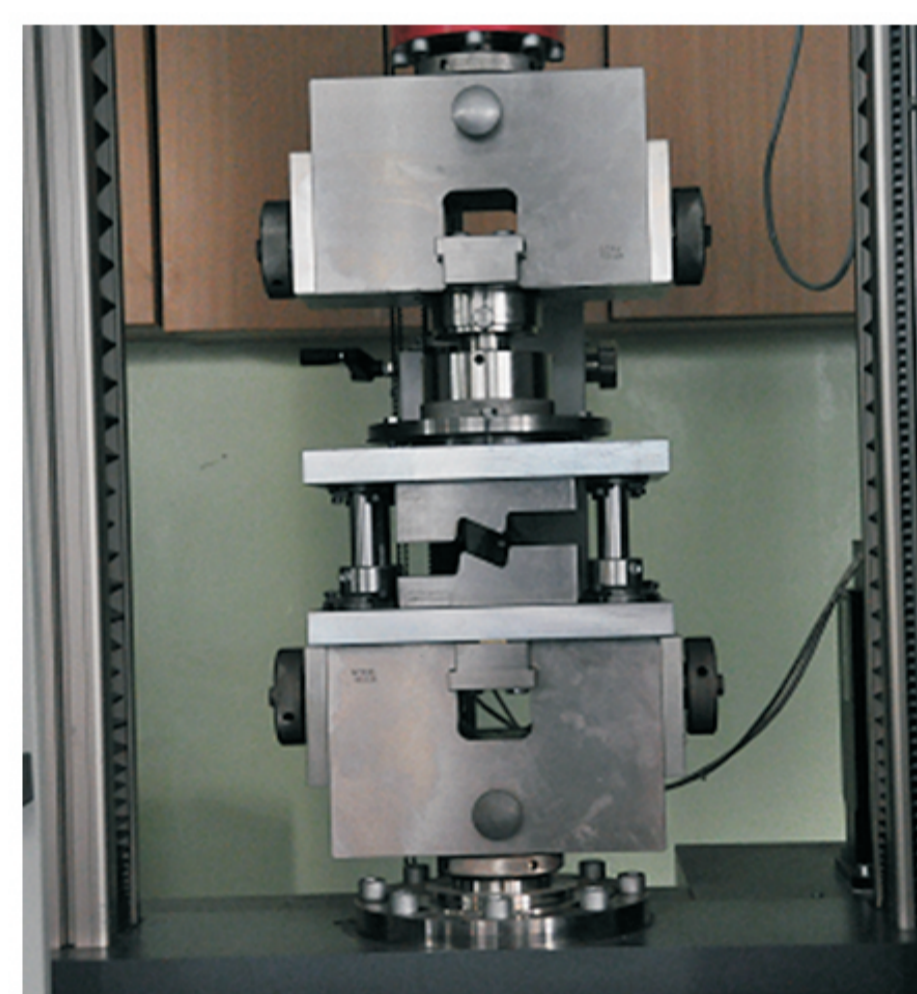
Rys.4. Stanowisko do procesu gięcia próbek po sezonowaniu  
Fig. 4. Stand for "V" bending test

Tabela 2. Właściwości mechaniczne i fizyczne badanych próbek  
Table 2. Mechanical and physical properties of the test material

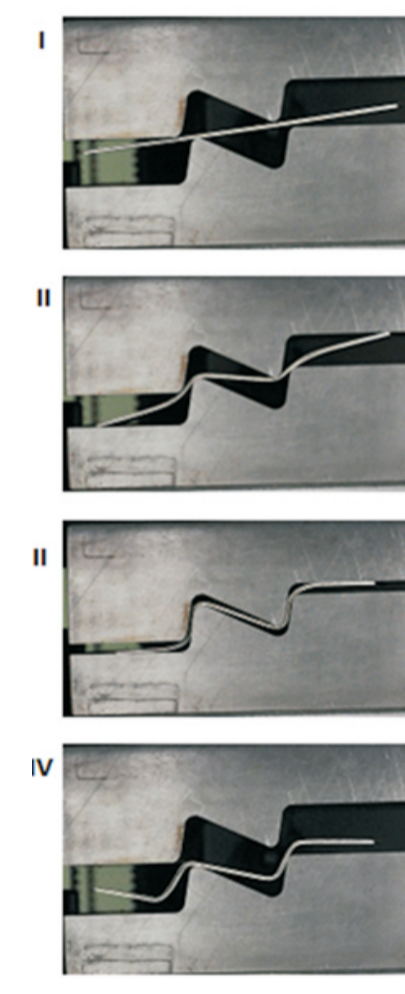
Aluminum alloy	Mechanical properties			Physical properties	
	R <sub>m</sub> [MPa]	R <sub>p0.2</sub> [MPa]	E [GPa]	ρ [g/cm <sup>3</sup> ]	T <sub>mpa</sub> [°C]
2024	456 - 459	304 - 308	72,8 - 73,3	2,79	500 - 640
6061	334 - 342	283 - 293	69 - 70	2,70	575 - 652
7075	515 - 520	445 - 450	71 - 72	2,81	505 - 635

Badania eksperymentalne przeprowadzono w temperaturze pokojowej na programowalnej, hydraulicznej, jednoosiowej maszynie wytrzymałościowej (Zwick Z100) z oprzyrządowaniem badawczym (rys. 5). Zastosowano prędkość przemieszczenia próbki 0.1mm/s (PN-EN 10002-1+AC1, 2004).

Experimental tests were carried out at room temperature on a programmable hydraulic uniaxial testing machine (Zwick Z100) with a test instrumentation (Fig. 5). Speed of the sample used 0.1mm / s (BS EN 10002-1 + AC1, 2004).



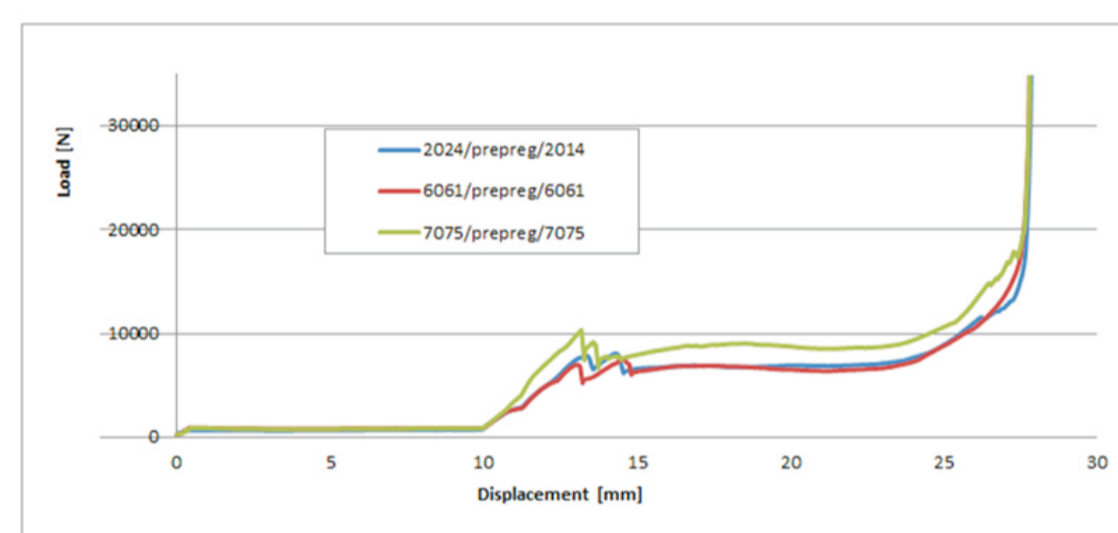
Rys. 5. Stanowisko z matrycą do formowania profilu typu Z  
Fig. 5. Stand with matrix for forming of „Z” type profiles



Rys. 6. Kolejne etapy formowania profilu Z  
Fig. 6. The next steps of forming into „Z” profile



Rys. 7. Zdjęcia kompozytów typu GLARE po procesie formowania w matrycy  
Fig. 7. Pictures of GLARE type composites after forming process in the matrix

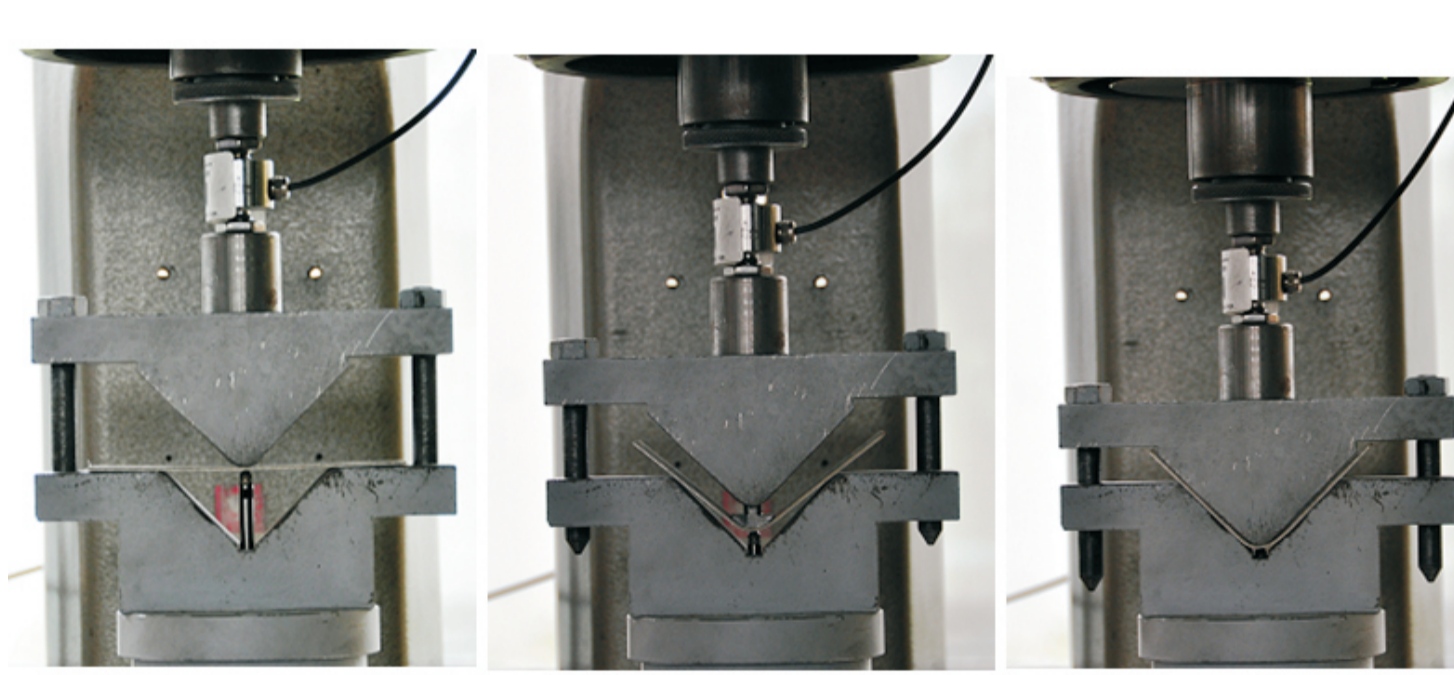


Rys. 8. Porównanie procesów formowania profilu z kompozytów typu GLARE wykonanych z różnych stopów aluminium  
Fig. 8. Comparison of the profile forming process GLARE composites made of different aluminum alloys

Kolejne etapy procesu gięcia materiałów kompozytowych po sezonowaniu przedstawiono na Rys.9

Na Rys. 10 przedstawiono zdjęcia próbek po gięciu. Wykazano że zmienny zakres temperatur wpływa na własności kompozytów typu GLARE.

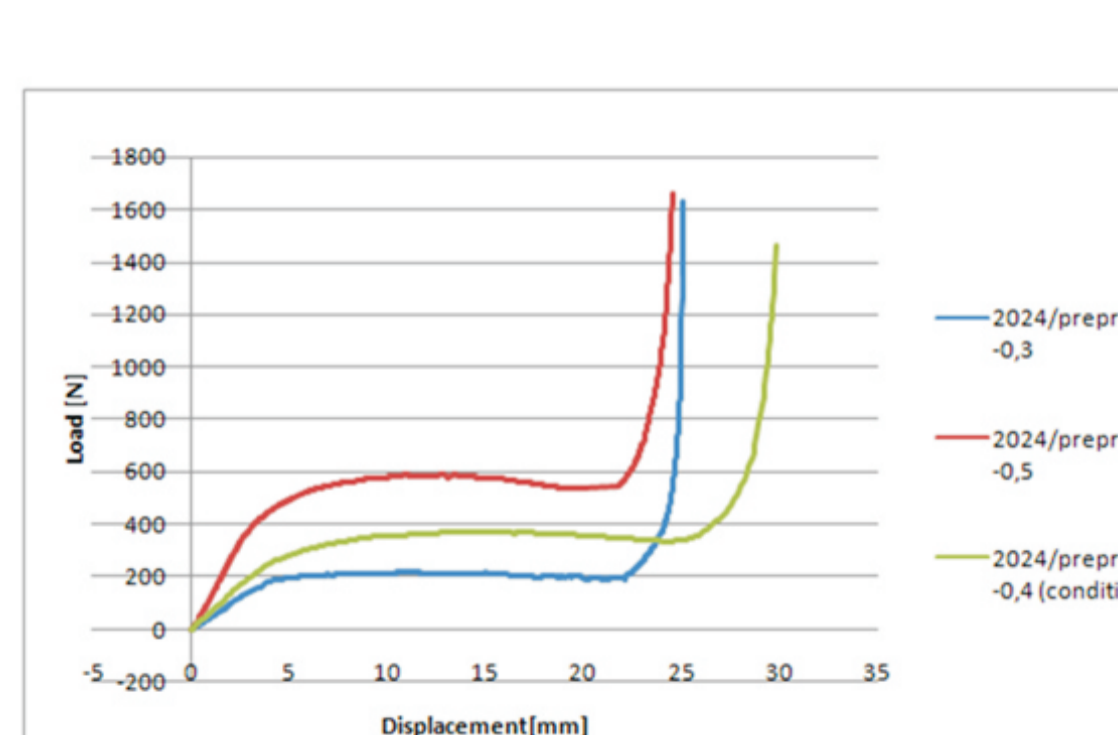
The next steps in the process of bending composite materials after aging are shown in Fig. 9. Fig. 10 shows a photograph of samples after bending. It has been shown that variable temperature range affects the properties of GLARE type composites.



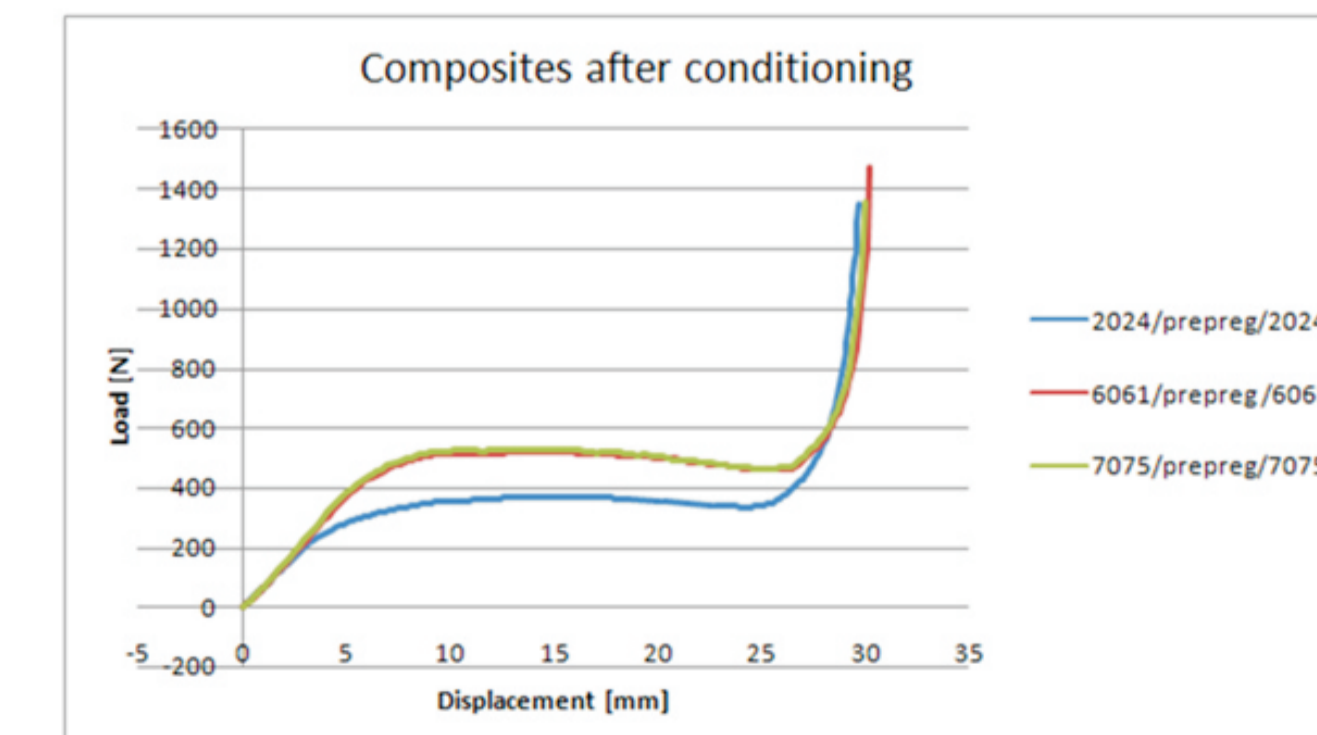
Rys. 9. Kolejne etapy gięcia kompozytów typu GLARE  
Fig. 9. Next steps of V bending of GLARE type composites



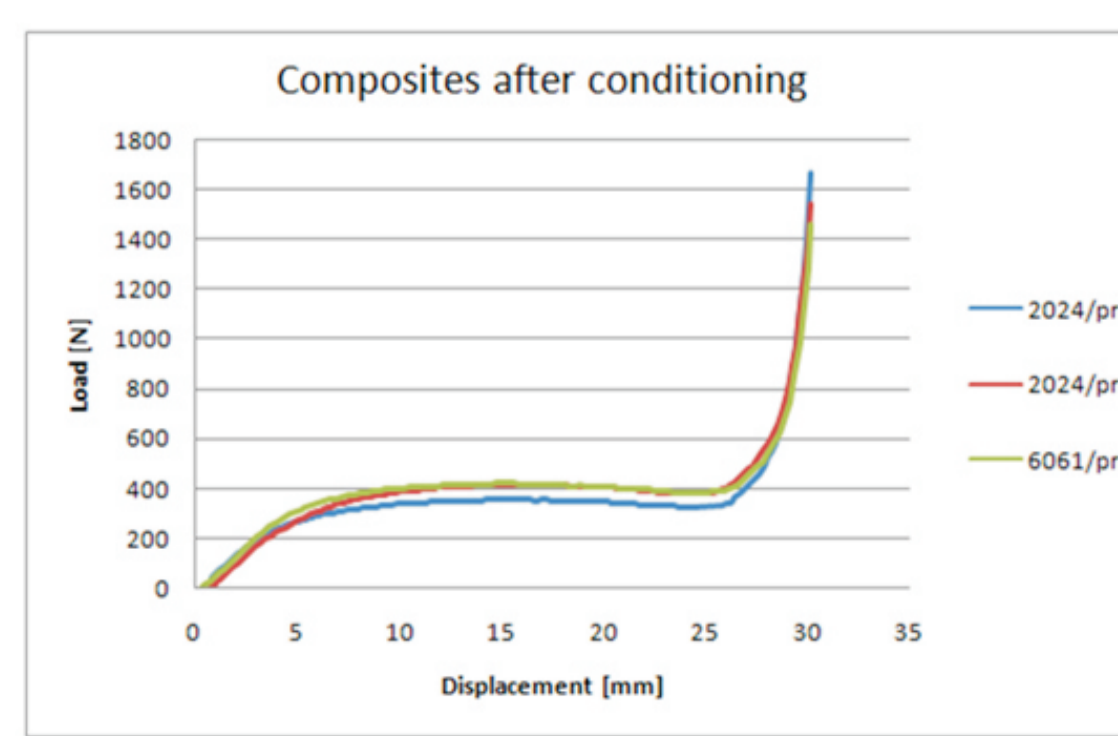
Rys. 10. Zdjęcia giętych kompozytów typu GLARE  
Fig. 10. Pictures of bent GLARE type composites



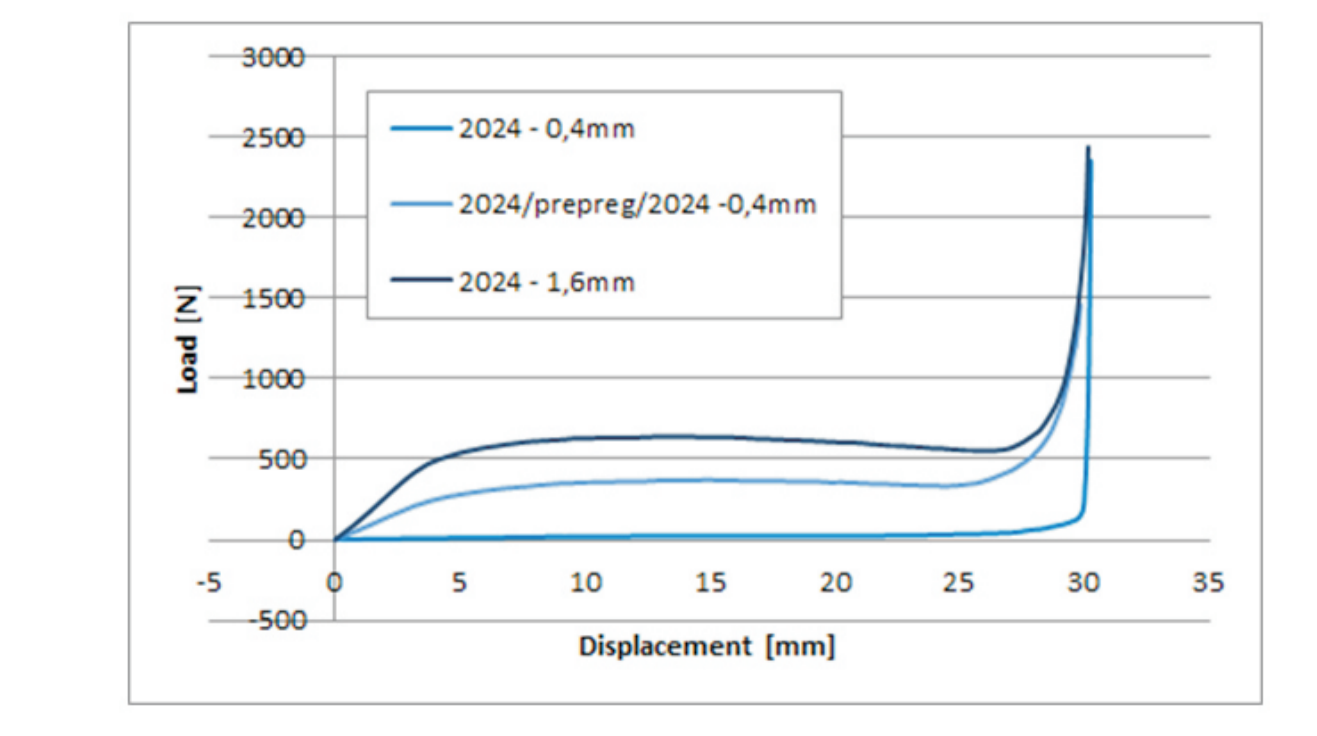
Rys. 11. Porównanie własności kompozytów typu GLARE 3 2/1 wykonanych ze stopu 2024 o grubości 0,4 i 0,5mm przed i po sezonowaniu  
Fig. 11. Comparison of properties of composites made of GLARE 3 2/1 alloy 2024 having a thickness of 0.4 and 0,5mm before and after thermal aging



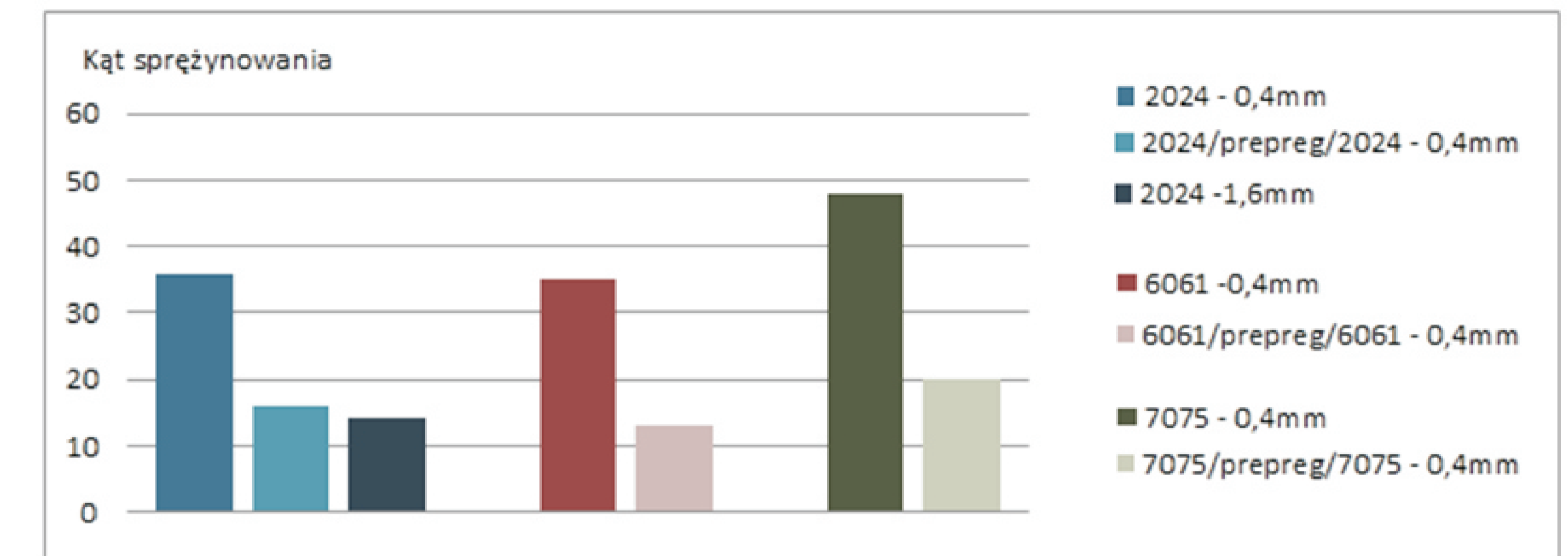
Rys. 12. Porównanie własności kompozytów typu GLARE 3 2/1 wykonanych ze stopów 2024, 6061 i 7075 o grubości 0,4 po sezonowaniu  
Fig. 12. Comparison of properties of GLARE type composites 3 2/1 made of alloys 2024, 6061 and 7075 with a thickness of 0.4 after thermal aging



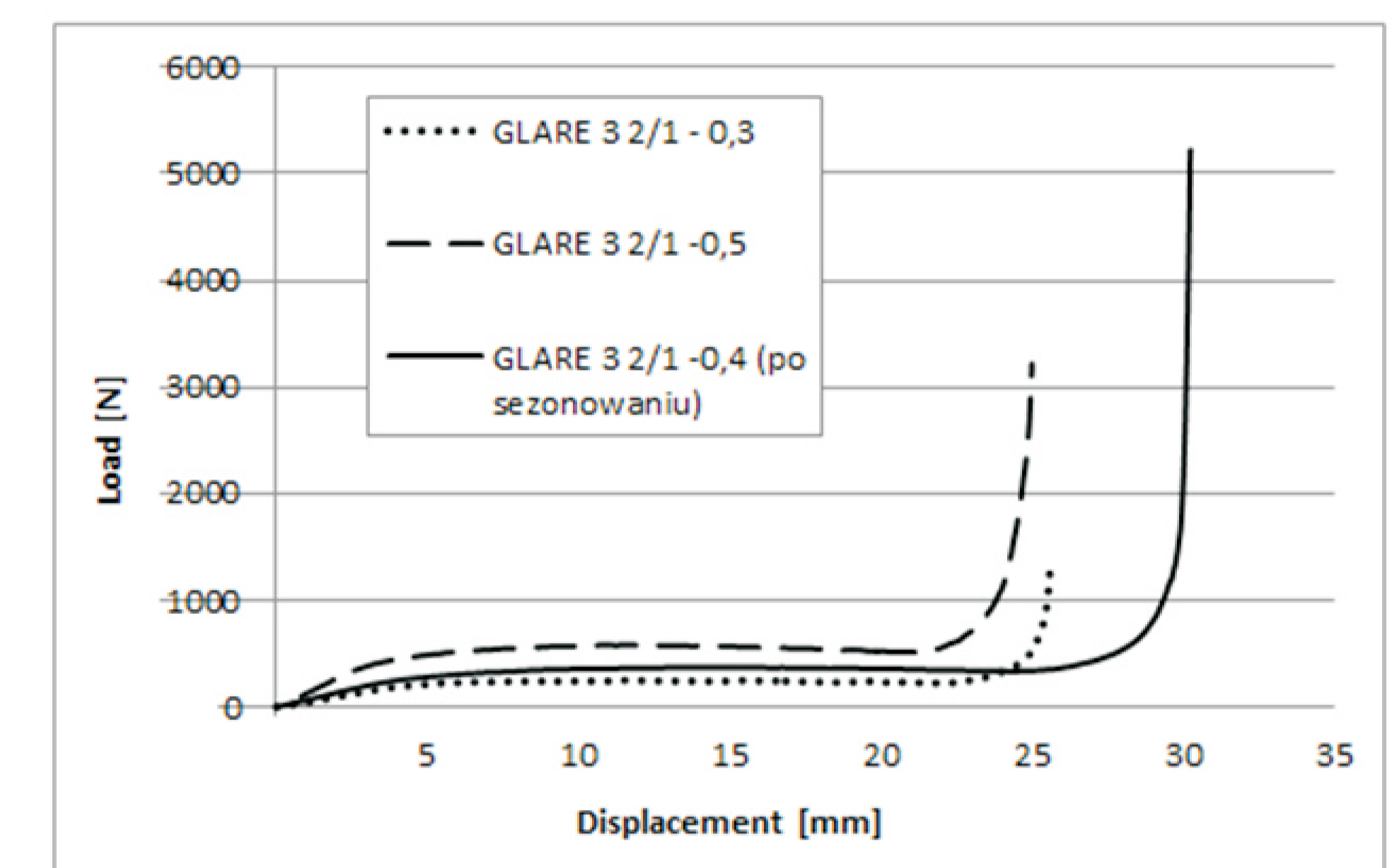
Rys. 13. Porównanie własności kompozytów typu GLARE 3 2/1 wykonanych z różnych stopów 2024, 6061 i 7075 o grubości 0,4 po sezonowaniu  
Fig. 13. Comparison of properties of composites GLARE 3 2/1 made of different alloys 2024, 6061 and 7075 with a thickness of 0.4 after aging



Rys. 14. Porównanie własności kompozytu typu GLARE 3 2/1 wykonanego ze stopu 2024 o grubości 0,4 po sezonowaniu z arkuszami 2024 o grubości 0,4 i 1,6mm  
Fig. 14. Comparison of properties of composite type GLARE 3 2/1 made from 2024 alloy with a thickness of 0.4 after seasoning with 2024 sheets with a thickness of 0.4 and 1,6mm



Rys. 15. Wartości kąta sprężynowania dla kompozytów typu GLARE po procesie sezonowania oraz dla arkuszy blach 2024, 6061 i 7075 o grubości 0,4mm  
Fig. 15. Spring-back angle values for GLARE type composites after aging process and sheet metal for 2024, 6061 and 7075 with a thickness of 0.4 mm



Rys. 16. Porównanie własności kompozytów typu GLARE wykonanych z arkuszy aluminium 2024 o grubości 0,3; 0,4 i 0,5mm  
Fig.16. Comparison of properties of GLARE type composites made of 2024 aluminum sheet having a thickness of 0.3; 0.4 and 0.5 mm

#### Wnioski Conclusions

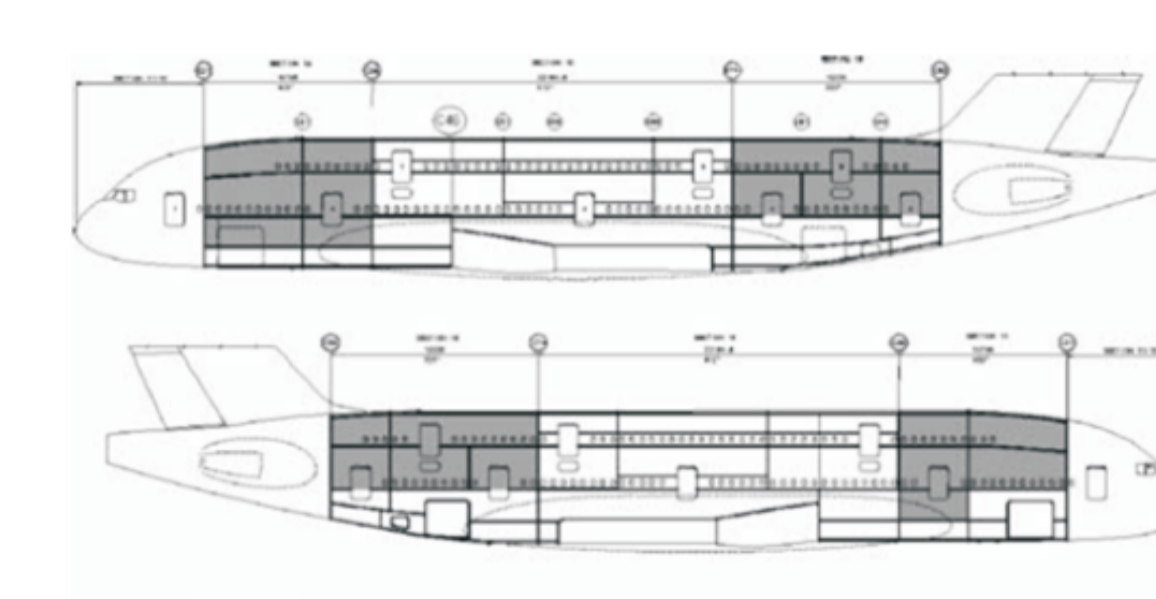
W pracy badawczej wykazano znaczący wpływ rodzaju stopów aluminium zastosowanego w strukturze kompozytu typu GLARE na proces formowania profili w matrycy. Ze względu na, pojawiające się w jednym z etapów procesu formowania naprężenia rozciągające, pojawiają się rozwarstwienia pomiędzy arkuszami aluminium i prepregu. Wskazane jest by proces formowania prowadzić w kilku krokach. Badania doświadczalne w tym zakresie będą prowadzone w kolejnych etapach prac. Na podstawie wyników badań widoczny jest niewielki wpływ oddziaływania zmiennego pola temperaturowego na obniżenie własności kompozytów typu GLARE.

The research demonstrated a significant effect of the type of aluminum alloys used in the structure GLARE type composite in forming process of profiles in the matrix. Because appearing in one of the stages of the of forming tensile stresses occur delamination between the aluminum sheets and the prepreg. It is recommended to carry out the process of forming in a few steps. Experimental studies in this area will be carried out in subsequent stages. On the basis of the results is shown small effect of the interaction of variable temperature field on the reduction of properties of GLARE type composites.

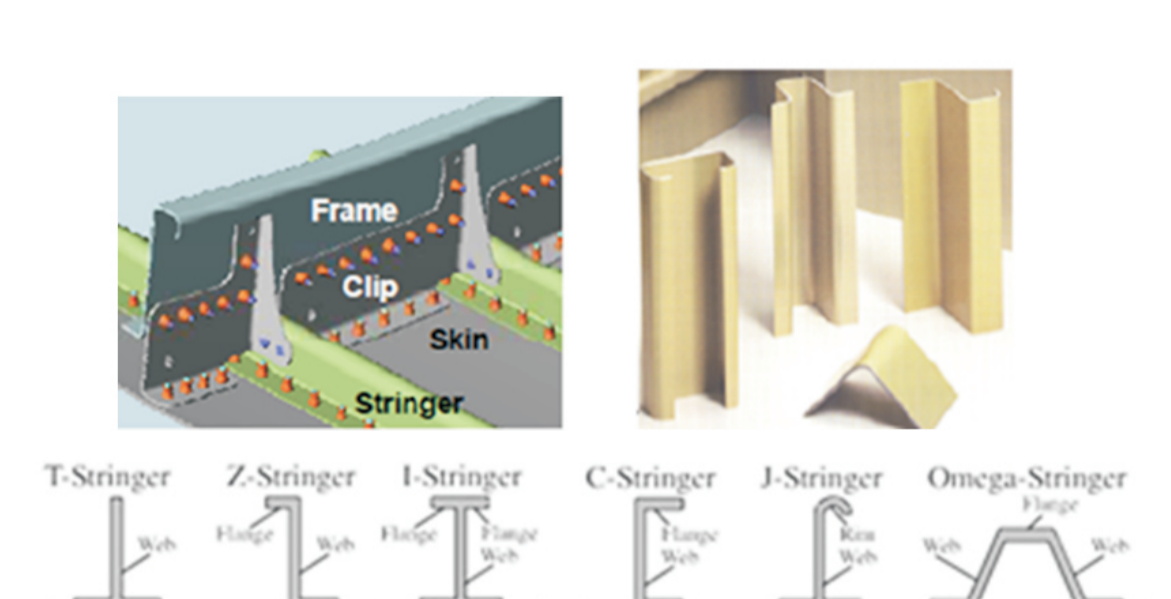
#### Przykłady zastosowania w lotnictwie Examples of application in aviation

Wyniki przeprowadzonych badań doświadczalnych są punktem wyjścia do opracowania procesu wytwarzania profili z kompozytów typu GLARE poprzez zastosowanie procesów formowania plastycznego. Wykazano że w warunkach symulujących rzeczywiste warunki eksploatacji struktur lotniczych kompozyty typu GLARE zachowują swoje własności i mogą być stosowane w lotnictwie (Rys.17, 18).

The results of experimental studies are the starting point for the development of the manufacturing process of GLARE type composite profiles by the use of plastic forming processes. It has been shown that under conditions simulating actual operating conditions of aircraft structures GLARE type composites retain their properties and can be used in aviation (Fig. 17, 18).



Rys. 17. Zastosowanie kompozytów GLARE w samolocie  
Fig. 17. The use of GLARE composites in aircraft



Rys. 18. Przykłady zastosowań i typy profili kompozytowych w lotnictwie  
Fig. 18. Examples of applications and types of composite profiles in aviation

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

#### Referaty:

- M.Wilk, R.E.Śliwa: „Plastic deformation of GLARE type composites”, The Twenty-second Annual International Conference on COMPOSITES/NANO ENGINEERING (ICCE-22), Malta, 13-19.VII.2014
- M.Wilk, R.E.Śliwa: „Preparation of aircraft structural components in the plastic process of shaping the GLARE composites”, 9th INTERNATIONAL AEROSPACE SUPPLY FAIR -AIRTEC, Frankfurt, 28-30.X.2014
- M.Wilk, R.E.Śliwa: Wpływ rodzaju i właściwości stopów Al na cechy finalne kompozytów typu GLARE, PLASTMET 2014, 25-29 XI 2014, Łańcut

#### Publikacje w przygotowaniu

- M.Wilk, R.E.Śliwa: „Influence of type and properties of used aluminum alloys 2024,6061,7075 on final characteristics of GLARE type composite ” Archives of Metallurgy
- M.Wilk, R.E.Śliwa: „Ocena własności kompozytów typu GLARE wykonanych z różnych stopów aluminium z uwzględnieniem zastosowania w lotnictwie”

#### Prace mgr, dr, hab.

#### Praca doktorska

Małgorzata Wilk, **Kształtowanie elementów konstrukcji lotniczych z kompozytów typu GLARE**, promotor; Prof. dr hab. inż. R.E.Śliwa