

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

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

Sposób wytwarzania kompozytu aluminiowo-ceramicznego zawierającego smary stałe.
Heterophase composite containing solid lubricants

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

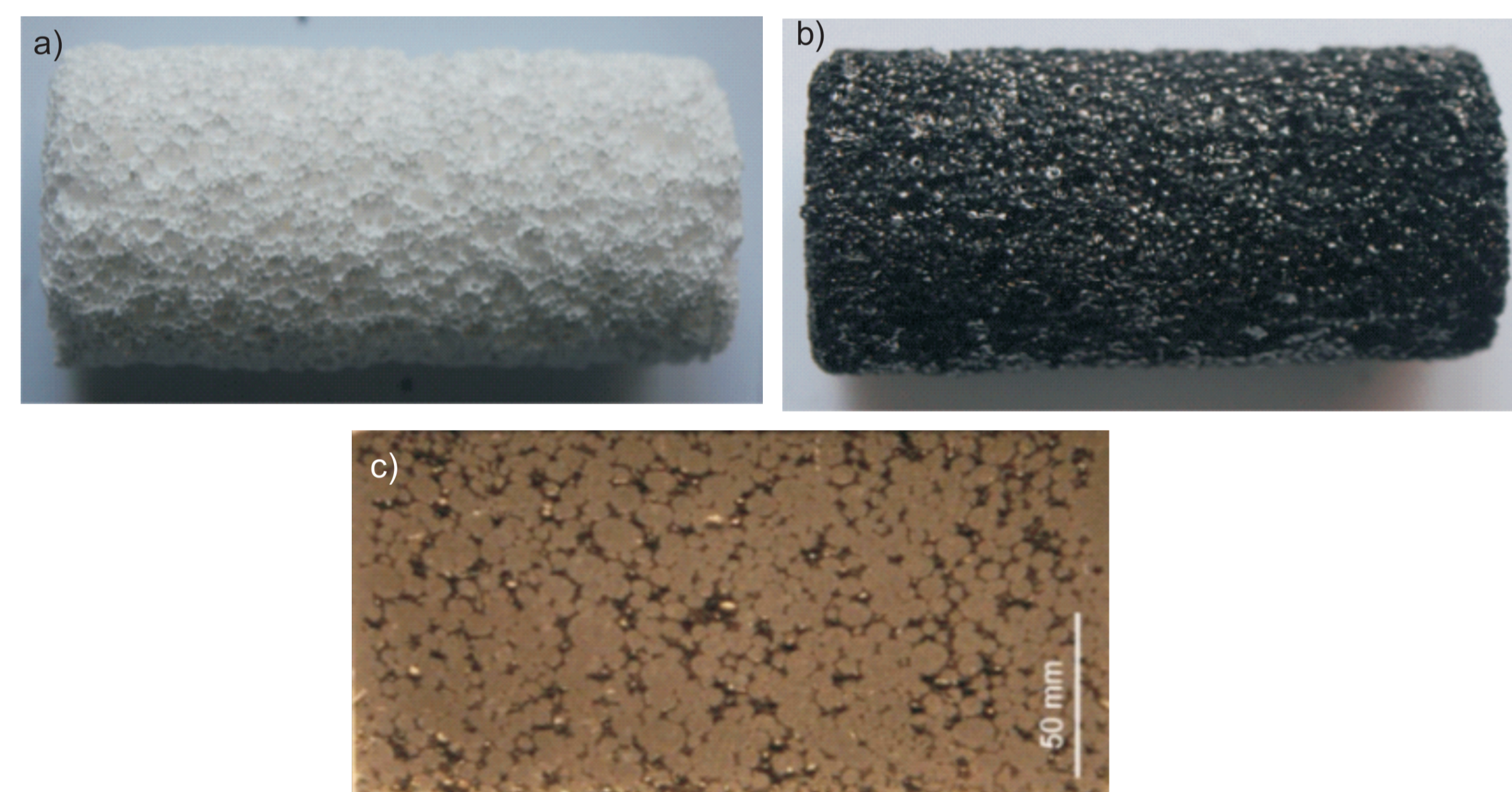
Przedstawiony nowy sposób wytwarzania kompozytu hybrydowego, polega na tym, że zawiera on dwa rodzaje fazy zbrojącej, tj. porowate sfery ceramiczne z tlenku glinu i warstewki węgla szklistego pokrywające ścianki wewnętrzne i zewnętrzne szkieletów ceramicznych. Porowata struktura ceramiczna zapewnia podwyższenie wytrzymałości i sztywności oraz powoduje zwiększenie odporności na zużycie, a warstewka węgla szklistego pokrywająca szkielet ceramiczny spełnia rolę środka smarnego. Uzyskany szkielet jest infiltrowany ciekłym metalem osnowy, którym mogą być stopy metali lekkich lub miedzi. Innowacją tej metody jest to, że bez mieszania uzyskuje się kompozyt o równomiernym rozłożeniu, w całej objętości materiału, warstwek węgla szklistego (smaru) zapewniającego zmniejszenie współczynnika tarcia i zużycie. Poprzez wstępne ukształtowanie porowatego szkieletu ceramicznego, możliwe jest uzyskanie wyrobu nie wymagającego obróbki wykończeniowej.

The presented new method of hybrid composite production is based on the fact that the composite consists of two kinds of reinforcing phase i.e., porous ceramic spheres of aluminum oxide and glassy carbon layers coating the internal and external walls of ceramic skeletons. The porous ceramic structure ensures increase of strength and stiffness as well as increased wear resistance. The glassy carbon layer coating the ceramic skeleton acts as a solid lubricant. The skeleton obtained is infiltrated with liquid matrix metal i.e., light metals or copper. Composite with a uniform distribution of glassy carbon layers (lubricant) which ensure reduction of wear and friction coefficient can be obtained without stirring. This proves the innovative quality of the method. Due to a pre-shaping of porous ceramic skeleton it is possible to have a product which does not need the finishing treatment

Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution

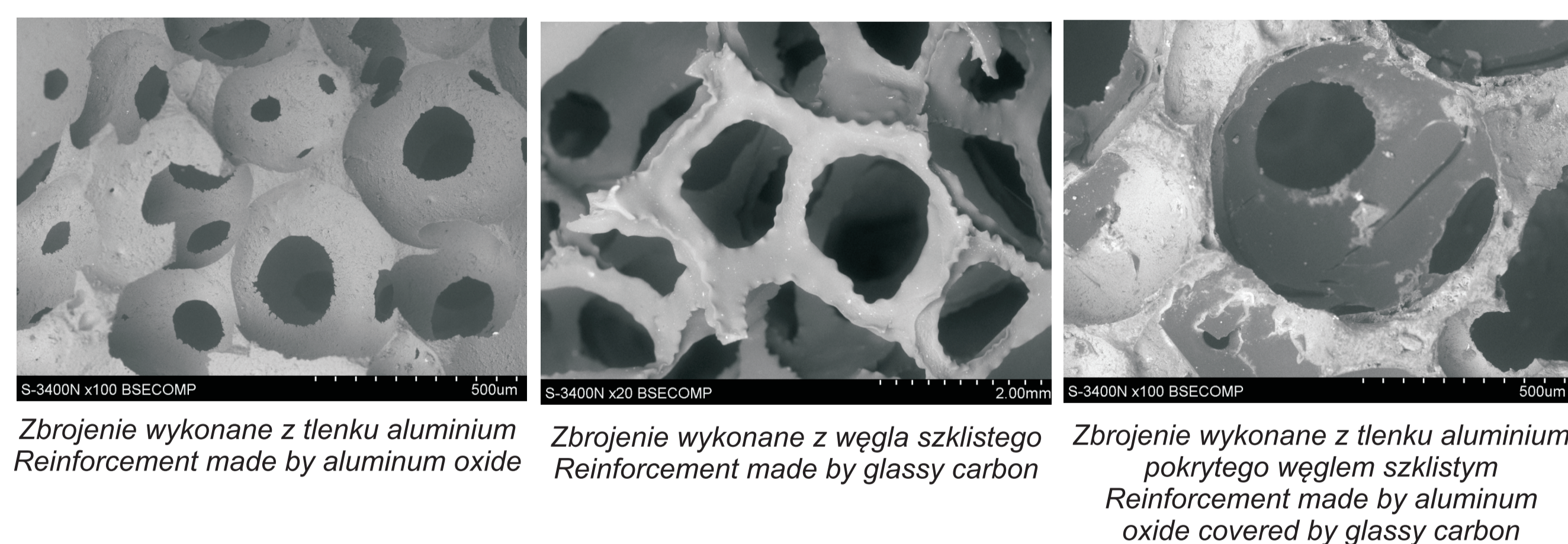
Przykładowe elementy wykonane w oparciu o przedstawioną technologię – kompozytów heterofazowych o zbrojeniu szkieletowym wykonane na bazie stopów metali lekkich: a-pianka ceramiczna, b-pianka ceramiczna pokryta węglem szklistym, c- kompozyt

Samples made with the application of the presented technology - heterophase composite with skeleton reinforcement produced on the basis of light metal alloys matrix: a - ceramic foam, b- ceramic foam coated with glassy carbon, c - composite

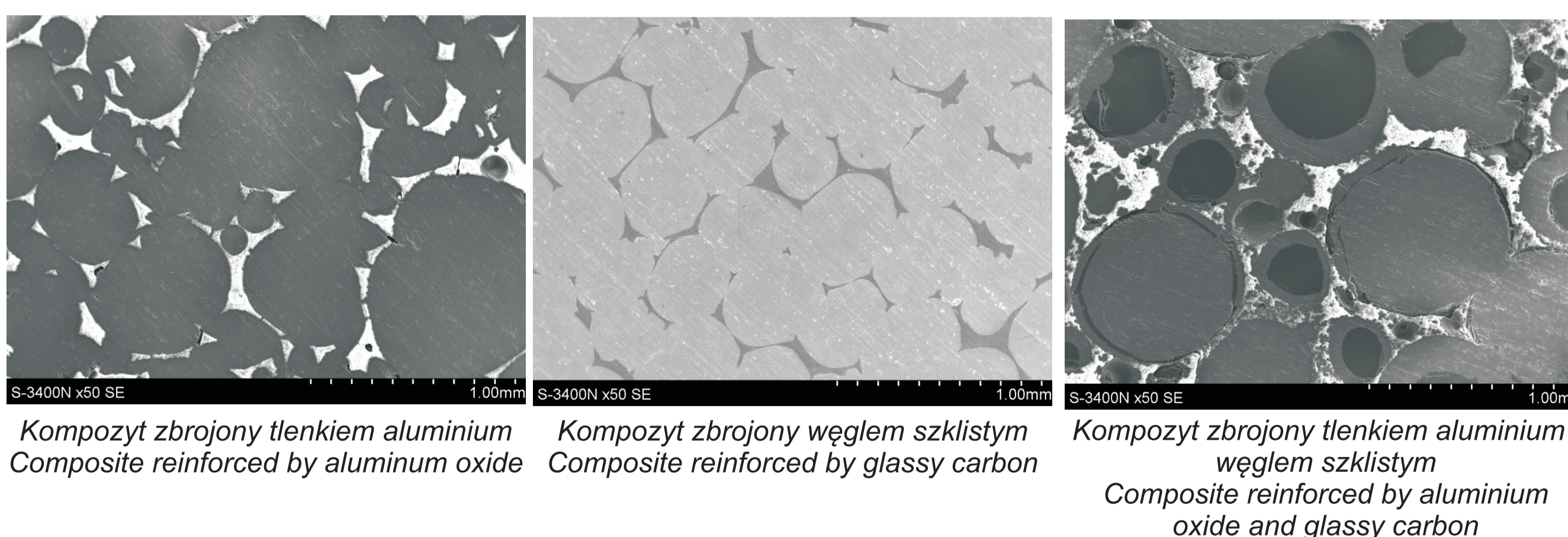


Prezentowana technologia wytwarzania obejmowała następujące etapy technologiczne:
The presented technology of material manufacturing consisted of the following stages:

1. Wytworzenie przestrzennych struktur zbrojenia
The manufacturing of spatial form of reinforcement



2. Infiltrację zbrojenia ciekłym metalem osnowy – stop AlMg5
The infiltration of reinforcement by liquid metal – AlMg5 alloy



Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

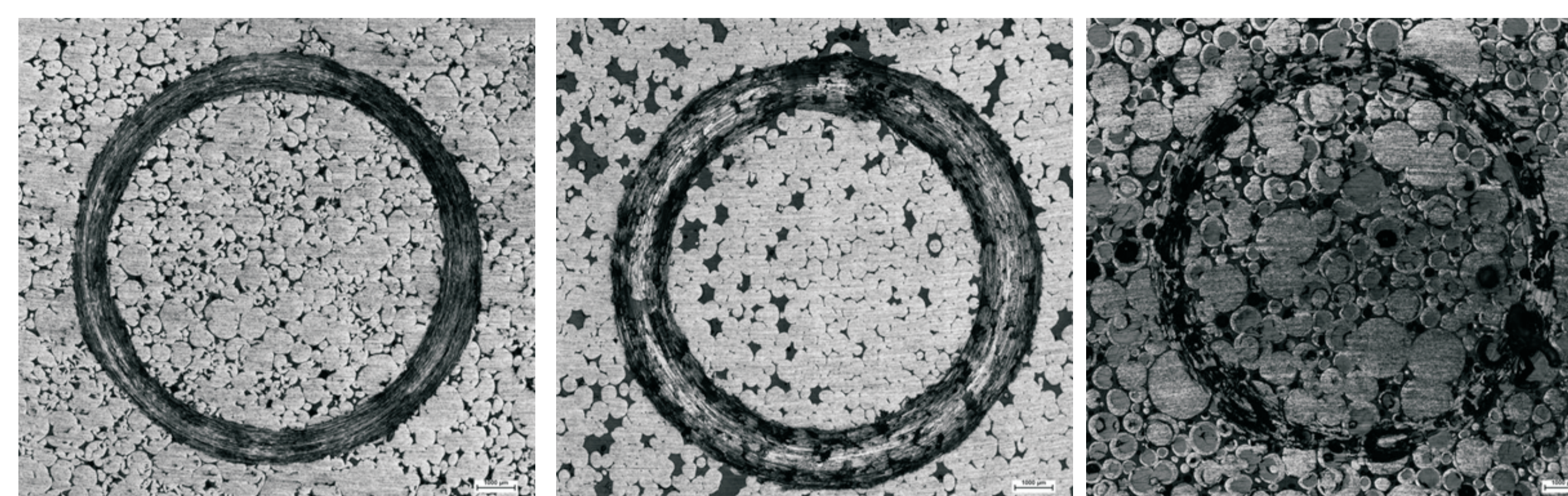
Zmniejszenie masy elementów, podwyższenie właściwości wytrzymałościowych i zwiększenie dopuszczalnych obciążeń i temperatury w węzle tarcia, możliwość sterowania (projektowania) zużycia i współczynnika tarcia materiałów współpracujących w skojarzeniu ślizgowym, zwiększenie efektywności odprowadzania ciepła, eliminacja procesów smarowania, eliminacja oczyszczania zabrudzeń części maszyn wynikających ze stosowania smarów.

Reduction of elements weight, increased strength properties, increased permissible loads and temperatures in the contact, possibility of wear steering as well as designing the friction coefficient in material contacts, increased heat transfer effectiveness, elimination of lubrication processes, elimination of cleaning the machine parts caused by the use of lubricant agents

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

Konstrukcyjne elementy pracujące w warunkach tarcia, nie wymagające wykorzystania smarów ciekłych lub plastycznych, charakteryzujące się małym zużyciem i małą wartością współczynnika tarcia, elementy węzłów tarcia o podwyższonej sztywności i odporności termicznej, elementy węzłów tarcia układów przeznaczonych dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego wymagające dużej czystości, elementy silników tłokowych i sprężarek bezolejowych stosowanych w lotnictwie, elementy styczników, styków elektrycznych o dużej odporności na zużycie, wsporniki w ładowniach

Machine parts working under friction which do not necessitate the usage of liquid lubricants or greases and show low friction and wear coefficients, contact elements with increased stiffness and thermal resistance, machine parts for food and pharmaceutical industry which require high cleanliness, parts for piston engines and oil less compressors used in aviation, parts for contactors and electric contacts with high wear resistance, pylons in cargo rooms.



Obszar śladu wytarcia kompozytu zbrojonego przestrzenną strukturą z tlenku aluminium, po teście trybologicznym
Obszar śladu wytarcia kompozytu zbrojonego przestrzenną strukturą z węgla szklistego, po teście trybologicznym
Obszar śladu wytarcia kompozytu zbrojonego przestrzenną strukturą z tlenku aluminium i węgla szklistego, po teście trybologicznym

The wear track for composite reinforced by aluminum oxide spatial structure after tribological test
The wear track for composite reinforced by glassy carbon spatial structure after tribological test
The wear track for composite reinforced by aluminum oxide and glassy carbon spatial structure after tribological test

Oferta dla przemysłu
The offer for industry

Materiały ślizgowe mogące pracować w warunkach ograniczonego smarowania lub bez olejów/smarów plastycznych.

Sliding materials which can be used in contacts in limited lubrication conditions or in the absence of liquid lubrication agents and greases.

Tytuł rozwiązania Innowacyjnego
Title of the innovative solution

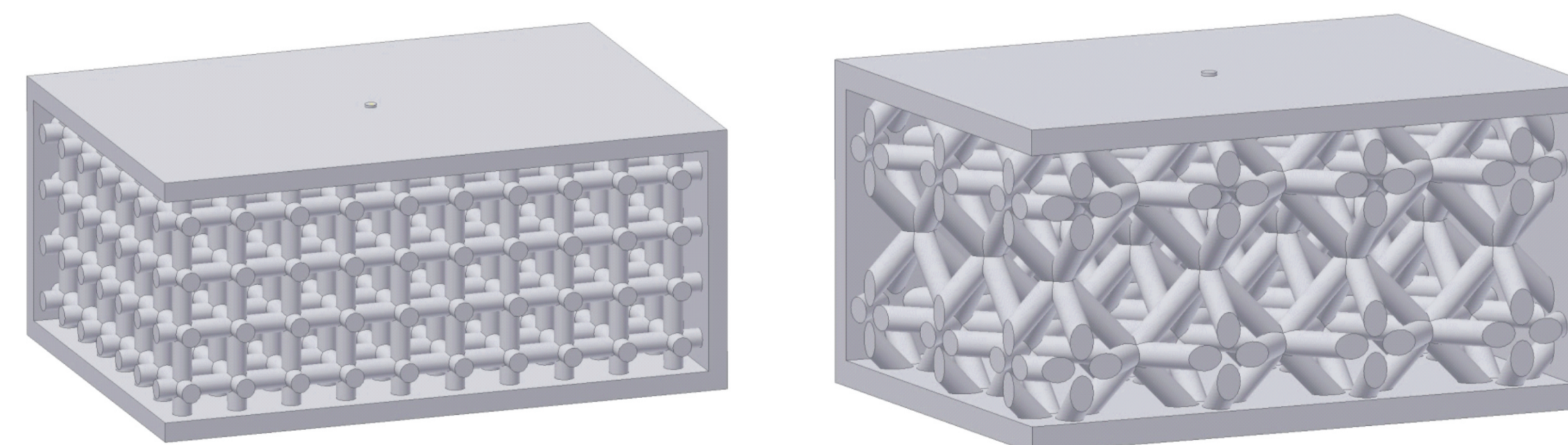
Projektowalna odlewana struktura szkieletowa
Designable cast skeleton structure

Krótki opis rozwiązania
Brief description of the solution

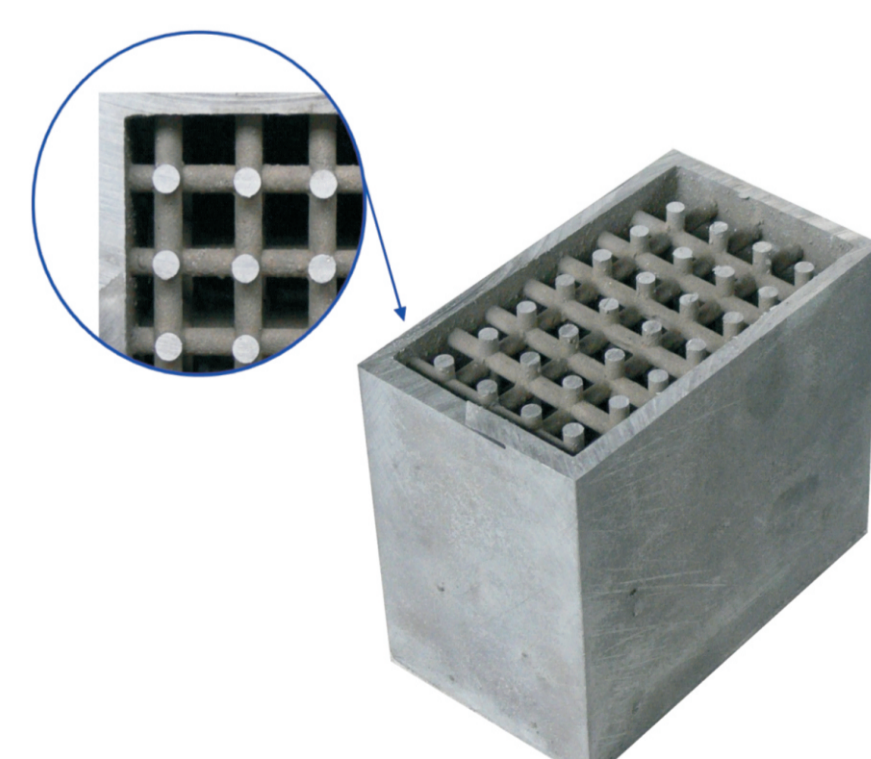
Odlewy szkieletowe charakteryzują się 3 osiową symetrią i powtarzalnością cech geometrycznych elementarnych komórek (rys. 1-10). Odlewy takie można wykonywać w postaci otwartej i zamkniętej z dowolnego stopu lub kompozytu o osnowie metalowej, zależnie od potrzeb (Rys. 11, 12). Struktury uzyskiwane w ten sposób można porównać do materiałów porowatych o porach otwartych, lecz istnieje technologiczna możliwość wytwarzania szkieletów o komórkach zamkniętych. Odlewane struktury szkieletowe, przy wymiarach komórek elementarnych w zakresie 5–20 mm i średnicy łączników 3–5 mm charakteryzują się wysoką sztywnością przy obniżonej w stosunku do monolitów gęstością masy, a co za tym idzie obniżoną masą elementu oraz możliwością kształtowania współczynnika sztywności w wytypowanych kierunkach obciążeń, zwiększoną w stosunku do monolitycznego odlewu wytrzymałością zmęczeniową oraz zdolnością do przenoszenia obciążeń dynamicznych i odpornością na uderzenia, zdolnością do tłumienia drgań, którą potencjalnie można zwiększać poprzez stosowanie wyspecjalizowanych wypełnień przestrzeni komórkowych, zdolnością do pochłaniania energii oraz kształtowania sposobu jej pochłaniania i mechanizmu niszczenia elementów szkieletowych poprzez zastosowanie obróbki cieplnej i/lub kompozytów do wytwarzania szkieletów – od kruchej pęknięcia do plastycznego deformowania (Rys. 13 – 15).

Skeleton castings are characterized by 3 dimensional symmetry and repeatability of elementary cells (Figs. 1 – 10). Such castings can be prepared in opened and closed form with use of any casting alloy or metal matrix composite, depending of needs (Figs. 11, 12). These structures can be compared to porous materials with opened cells, but there is also a possibility of manufacturing skeleton castings with closed cells. Cast skeleton structures with elementary cells in range 5-20 mm and connectors diameter of 3-5 mm, are characterized with high stiffness with decreased density, when compared to monolith castings. This enables the possibilities of stiffness control along all axes, depending of applied load direction. Skeleton castings show better fatigue and impact resistance, with possibilities of further increase by using special filling materials (Figs. 13 – 15). Using this technology it is possible to design the mechanism of energy absorption and the way of its dissipation by introducing heat treatment operations and MMC.

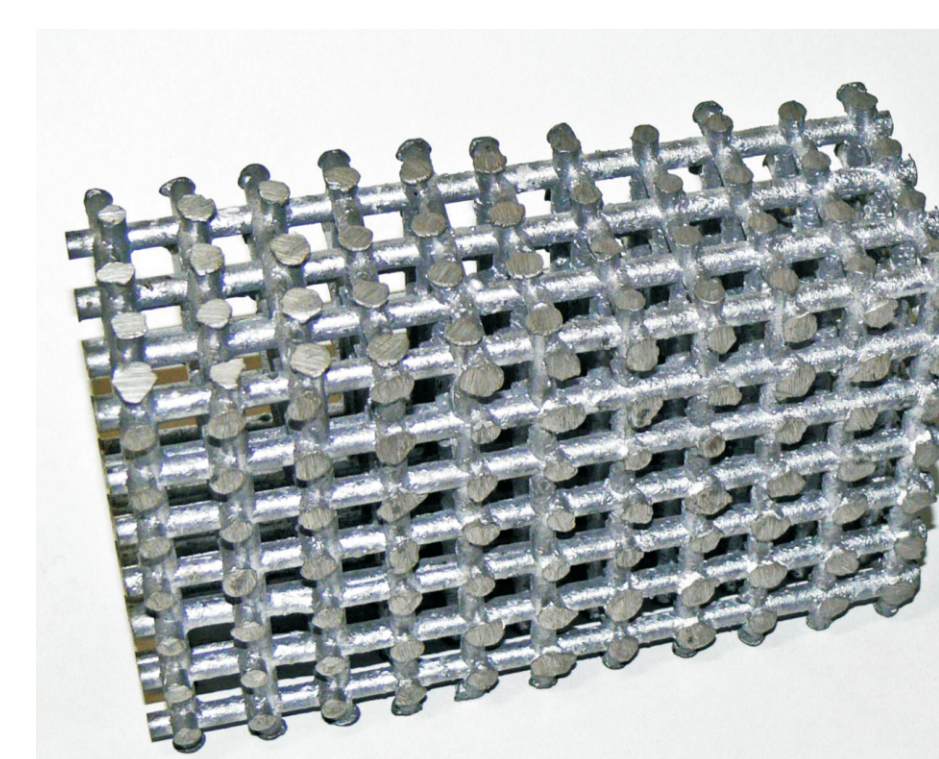
Graficzna prezentacja rozwiązania innowacyjnego
Visualization of the innovative solution



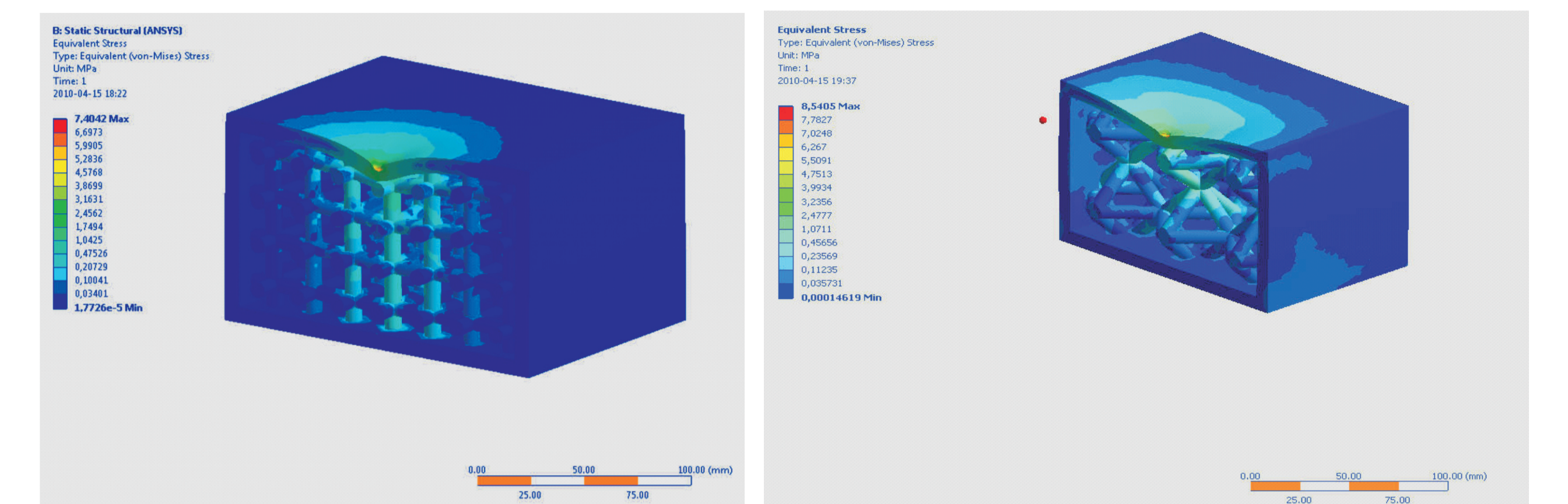
Rys. 1. Odlew szkieletowy zamknięty o komórce prostej
Fig. 1. Closed skeleton casting with simple cell
Rys. 2. Odlew szkieletowy zamknięty ze zmodyfikowanym ułożeniem łączników
Fig. 2. Closed skeleton casting with modified connectors



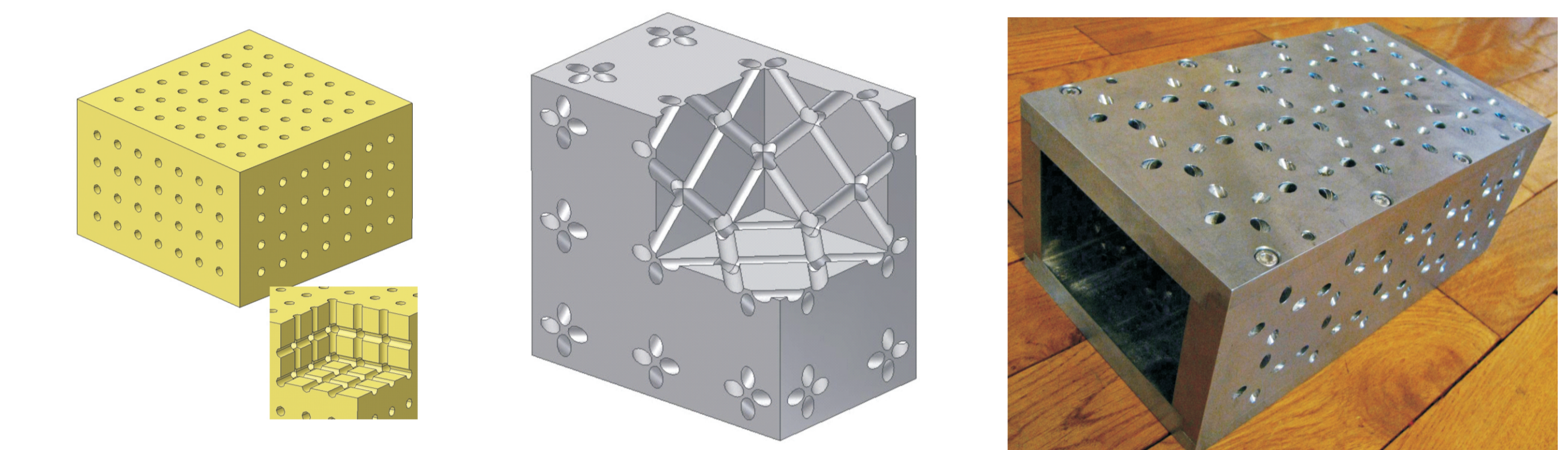
Rys. 3. Odlew szkieletowy zamknięty
Fig. 3. Closed skeleton casting



Rys. 4. Odlew szkieletowy otwarty
Fig. 4. Open skeleton casting



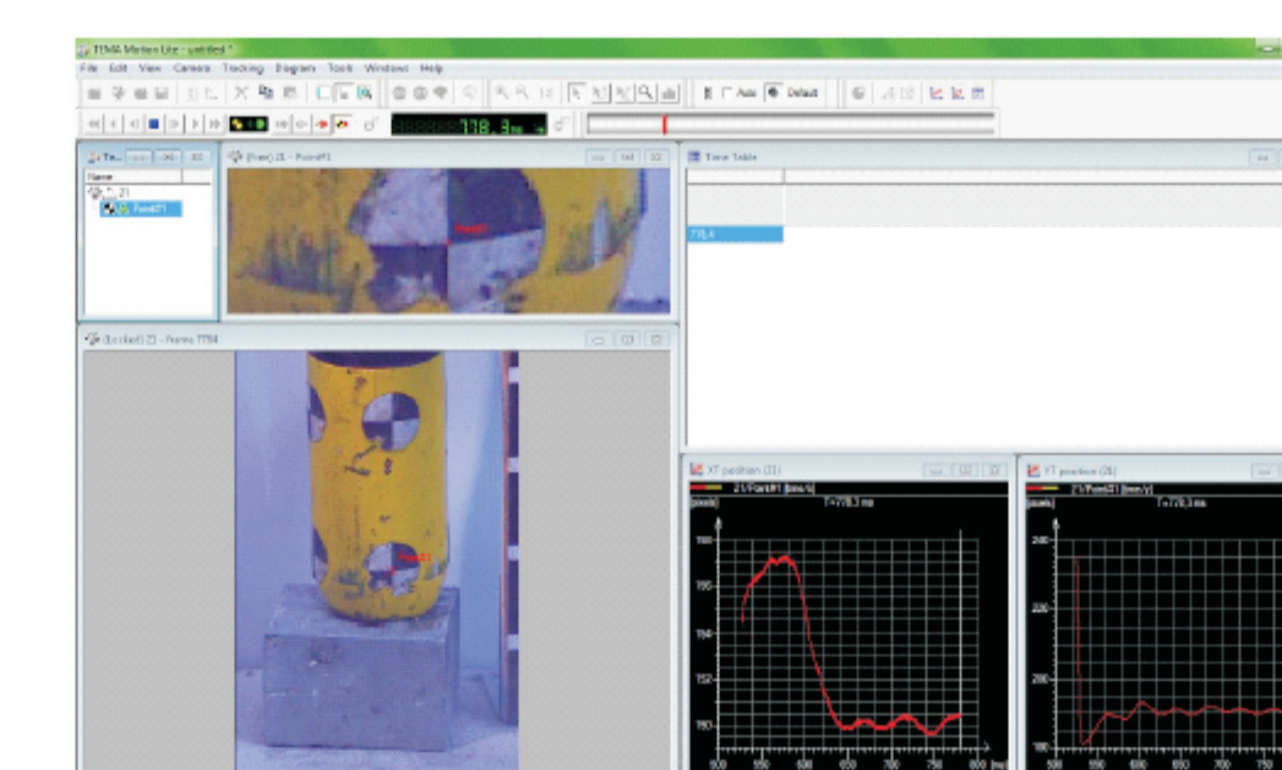
Rys. 5. Wyniki modelowania MES dla odlewu z rys. 1
Fig. 5. Results of FEM modeling for casting in Fig. 1
Rys. 6. Wyniki modelowania MES dla odlewu z rys. 2
Fig. 6. Results of FEM modeling for casting in Fig. 2



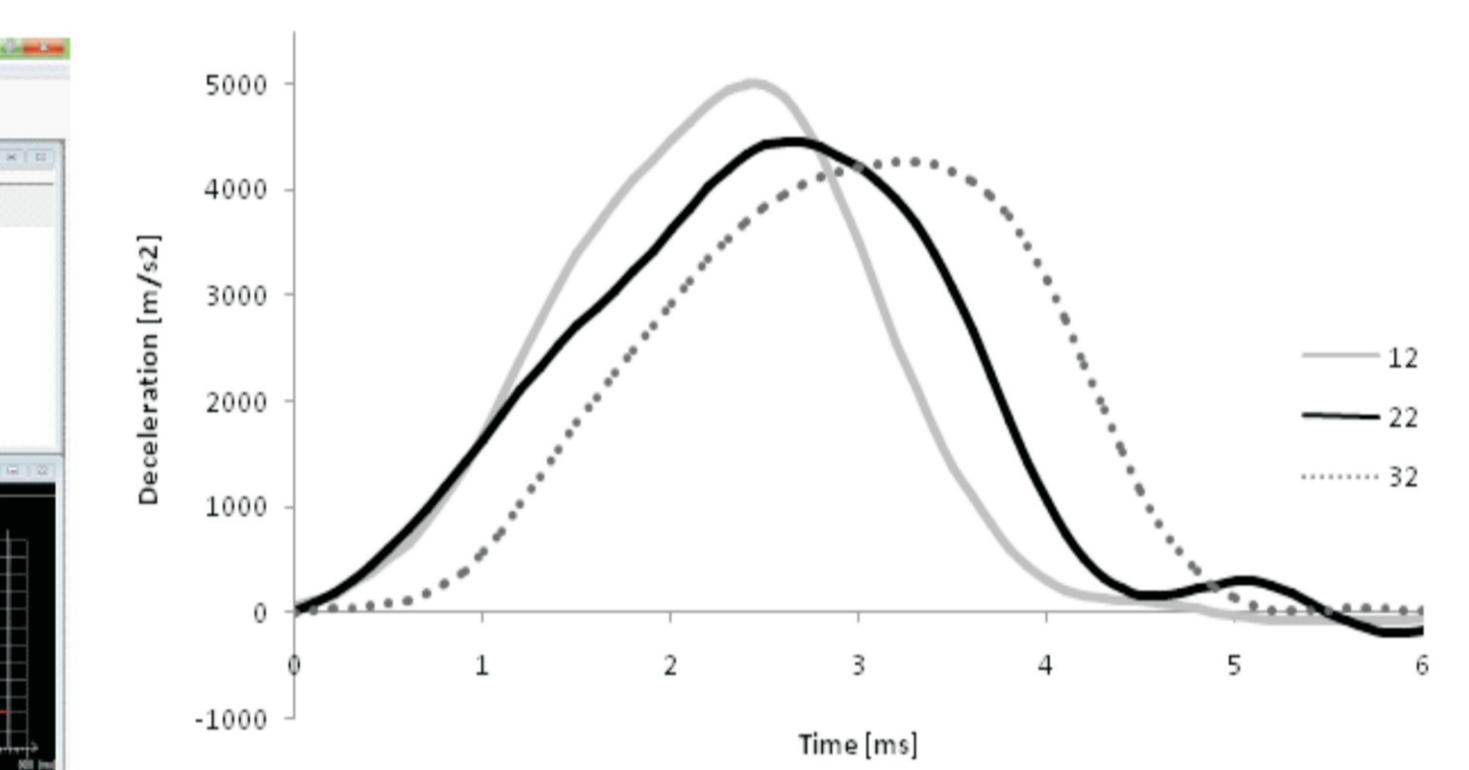
Rys. 7. Rdzeń o łącznikach prostych
Fig. 7. Core with simple connectors
Rys. 8. Rdzeń o łącznikach skośnych
Fig. 8. Core with inclined connectors
Rys. 10. Rdzennica dla łączników skośnych
Fig. 10. Core-box for inclined connectors



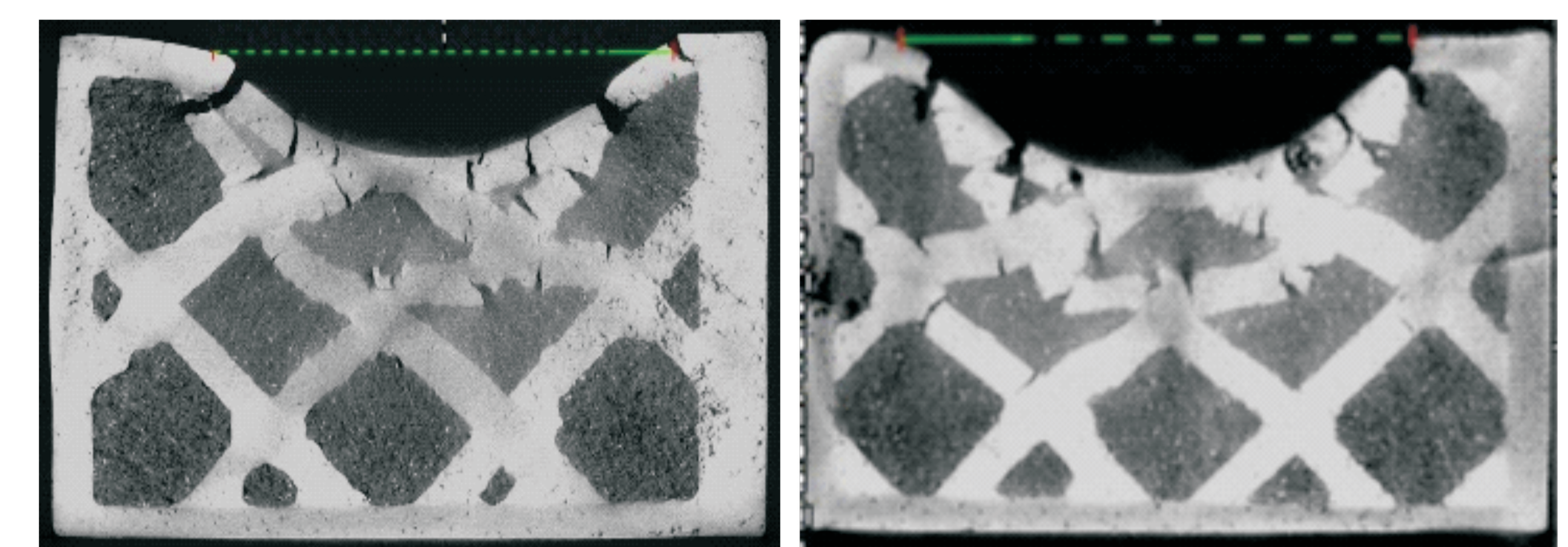
Rys. 10. Rdzennica dla łączników prostych i prasa do wytwarzania rdzeni
Figs. 10. Core-box for simple connectors and press for core preparation
Rys. 11. Mikrostruktura odlewu szkieletowego – stop AISI11
Fig. 11. Skeleton casting microstructure – AISI11 alloy
Rys. 12. Mikrostruktura odlewu szkieletowego – kompozyt AISI11 + węgiel
Fig. 12. Skeleton casting microstructure – AISI11 + carbides composite



Rys. 13. Testy dynamiczne z użyciem kamery do szybkich zdjęć
Fig. 13. Impact test with use of high-speed camera



Rys. 14. Wykres zmiany ujemnego przyspieszenia w trakcie uderzenia
Fig. 14. Diagram of deceleration during the impact



Rys. 15. Odlewy szkieletowe z wypełnieniem po testach zderzeniowych o wysokiej energii
Fig. 15. Skeleton castings after high-energy impact tests

Zalety i ograniczenia rozwiązania innowacyjnego
Advantages and restrictions of innovative solution

Obniżenie masy elementów, możliwość sterowania sztywnością/podatnością elementów w wybranych kierunkach działania obciążenia, wprowadzenie stref kontrolowanego zgniotu, zwiększenie efektywności odprowadzania ciepła.

Decrease in weight of the elements, possibilities in stiffness control in all directions of load application, introduction of controlled deformation zones, increase of heat give-up efficiency

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

Konstrukcyjne elementy nośne, osłony balistyczne z wypełnieniami cermetalowymi i wypełnieniem ceramiką porowatą lub polimerami, usztywnienie elementów izolacji termicznej i ogniowej, jak również izolacji dźwiękowej, radiatory i wymienniki ciepła, strefy kontrolowanego zgniotu lub absorpcji energii, usztywnienie zbiorników ciśnieniowych, jako szkielety nośne łożysk kompozytowych.

Load-bearing structural elements, ballistic shields and armour with cer-metallic, ceramic or polymer filling materials, stiffening elements of thermal or fire shields, elements of sound isolation, radiators and heat exchangers, zones of controlled deformation and energy absorption, skeletons in composite bearings, stiffening elements of pressure containers.