

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

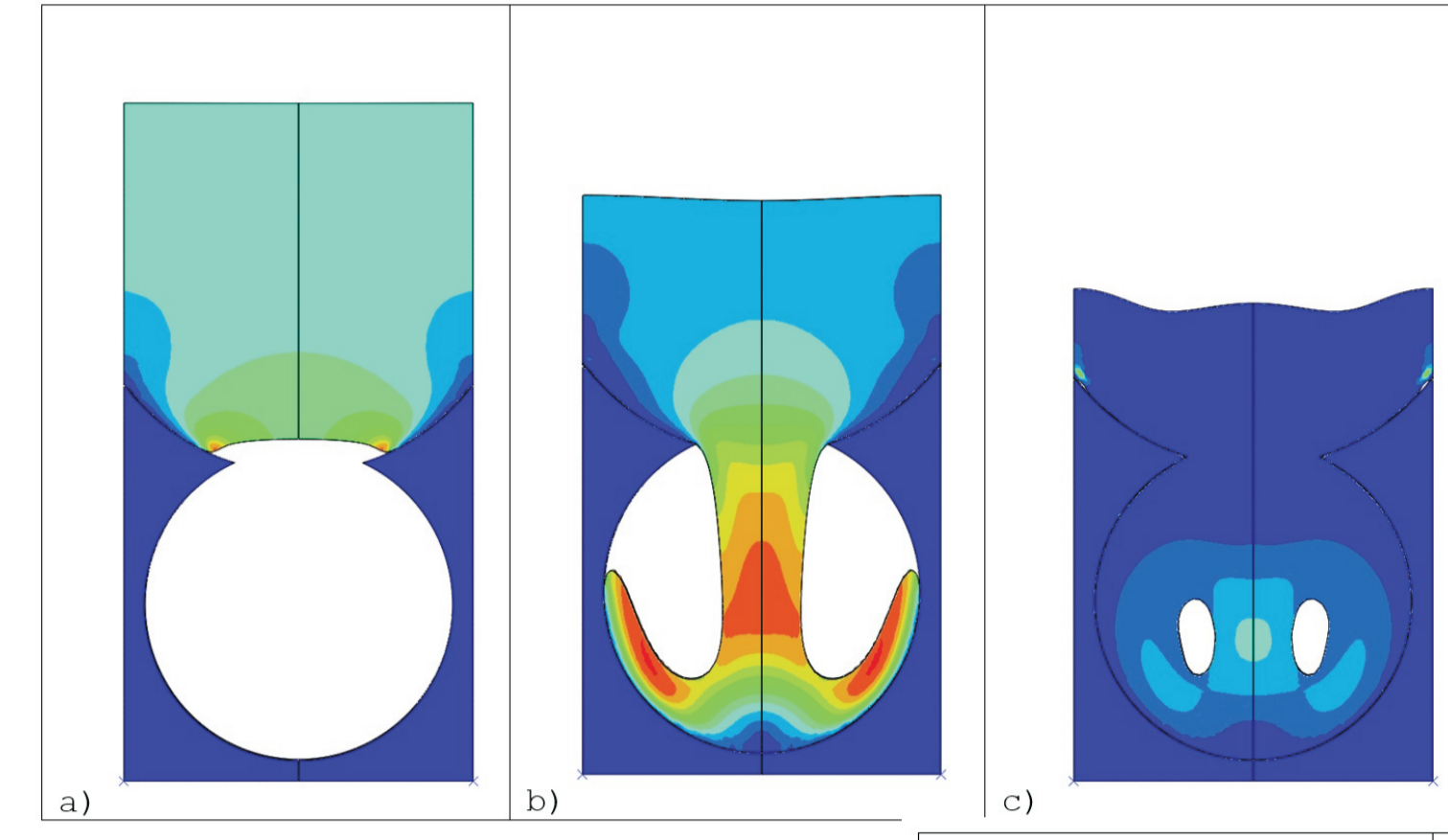
Metaliczne materiały kompozytowe w aplikacjach lotniczych (w tym materiały typu Glare)

Composite metallic materials in aviation applications (including Glare-type materials)

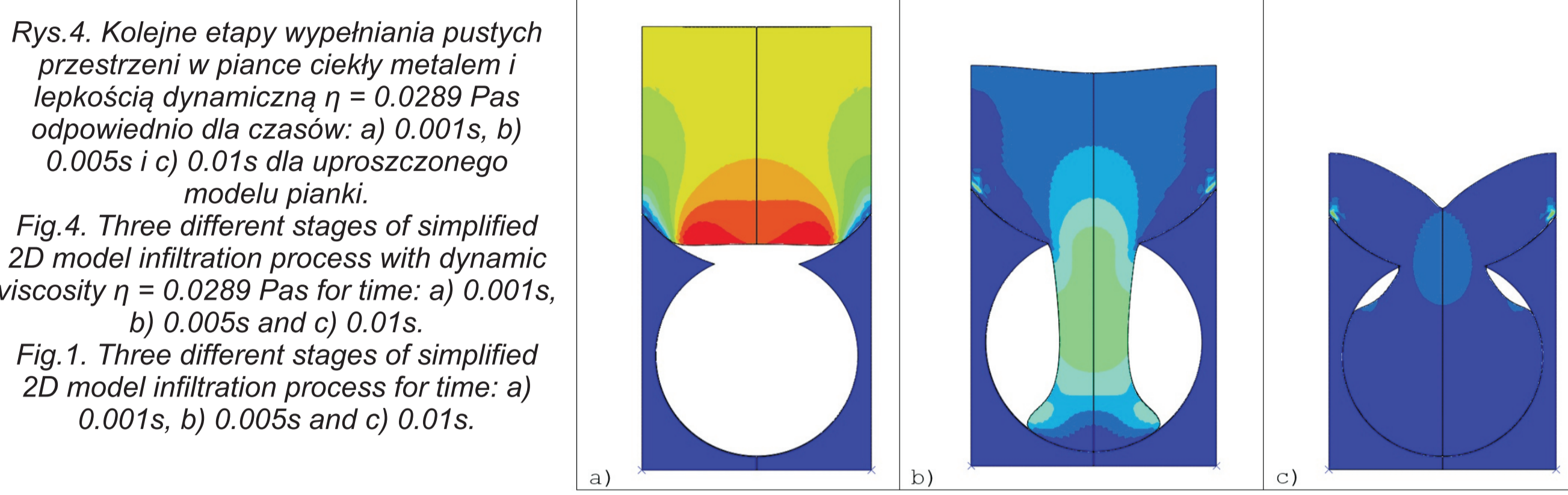
Politechnika Lubelska, Politechnika Rzeszowska, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Politechnika Śląska, Instytut Lotnictwa w Warszawie
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk

Wyniki badań Results

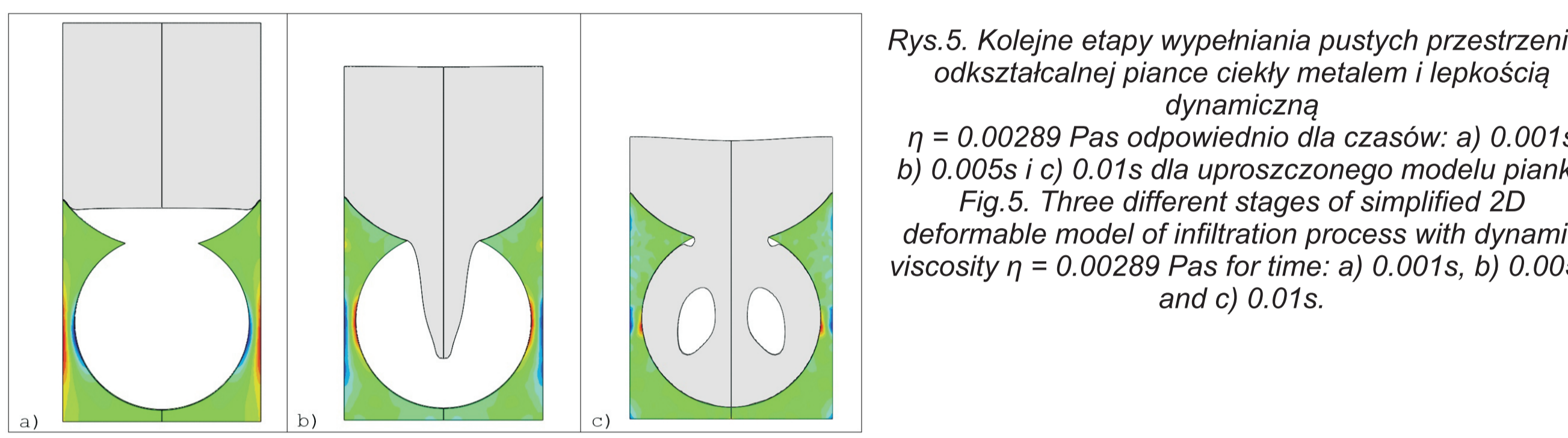
W badaniach właściwości mechanicznych kompozytów metaliczno-ceramicznych o osnowie w postaci pianki ceramicznej otrzymanej metodą żelowania spienionej zawiesiny infiltrowanej metalem, powstaje potrzeba odtworzenia struktury ceramicznego szkieletu kompozytu (preformy). Struktura pianki otrzymana tą metodą charakteryzuje się siecią pustek połączonych ze sobą za pomocą okienek co ułatwia infiltrację tej struktury ciekłym metalem. Istnieje szereg geometrycznych modeli takich struktur. Prawidłowe określenie stanu naprężenia w materiale preformy jak i odpowiednich wartości ciśnienia w procesie infiltracji stanowi istotny problem w produkcji kompozytów metaliczno-ceramicznych. W literaturze nie ma wystarczających danych dotyczących tego zagadnienia. Istnieje wiele prac o charakterze doświadczalnym, w których główna uwaga skupia się na sposobie wytwarzania takich kompozytów oraz ich właściwości mechanicznych. Niestety pianka modelowana jest, jako sztywne ciało, a główny nacisk w tej pracy został położony na badanie właściwości przepływu cieczy przez taką strukturę. W obecnej pracy zostały przedstawione wstępne wyniki badań nad procesem infiltracji pianki korundowej ciekłym metalem zarówno dla pianki modelowanej, jako ciało sztywne jak i okształcalne.



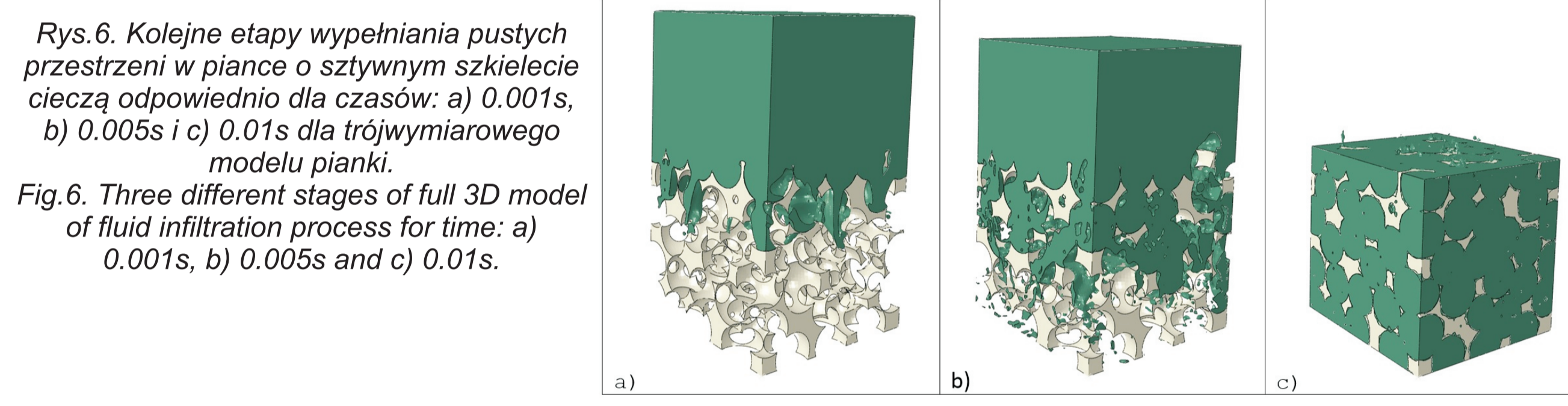
Rys. 3. Kolejne etapy wypełniania pustych przestrzeni w piance ciekłym metalem i lepkością dynamiczną $\eta = 0.00289$ Pas odpowiednio dla czasów: a) 0.001s, b) 0.005s i c) 0.01s dla uproszczonego modelu pianki.
Fig. 3. Three different stages of simplified 2D model infiltration process with dynamic viscosity $\eta = 0.00289$ Pas for time: a) 0.001s, b) 0.005s and c) 0.01s.



Rys. 4. Kolejne etapy wypełniania pustych przestrzeni w piance ciekłym metalem i lepkością dynamiczną $\eta = 0.0289$ Pas odpowiednio dla czasów: a) 0.001s, b) 0.005s i c) 0.01s dla uproszczonego modelu pianki.
Fig. 4. Three different stages of simplified 2D model infiltration process with dynamic viscosity $\eta = 0.0289$ Pas for time: a) 0.001s, b) 0.005s and c) 0.01s.



Rys. 5. Kolejne etapy wypełniania pustych przestrzeni w okształcalnej piance ciekłym metalem i lepkością dynamiczną $\eta = 0.00289$ Pas odpowiednio dla czasów: a) 0.001s, b) 0.005s i c) 0.01s dla uproszczonego modelu pianki.
Fig. 5. Three different stages of simplified 2D deformable model of infiltration process with dynamic viscosity $\eta = 0.00289$ Pas for time: a) 0.001s, b) 0.005s and c) 0.01s.



Rys. 6. Kolejne etapy wypełniania pustych przestrzeni w piance o sztywnym szkielecie cieczą odpowiednio dla czasów: a) 0.001s, b) 0.005s i c) 0.01s dla trójwymiarowego modelu pianki.
Fig. 6. Three different stages of full 3D model of fluid infiltration process for time: a) 0.001s, b) 0.005s and c) 0.01s.

Rys. 2. Odlewy szkieletowe z komórką elementarną w kształcie ośmiościanu. Rdzeń ceramiczny, korundowy porowaty. Odlewy szkieletowe z komórką elementarną w kształcie ośmiościanu. Rdzeń ceramiczny, korundowy porowaty. Porowatość typu otwartego. Powietrze w porach zastąpione olejem hydraulicznym.

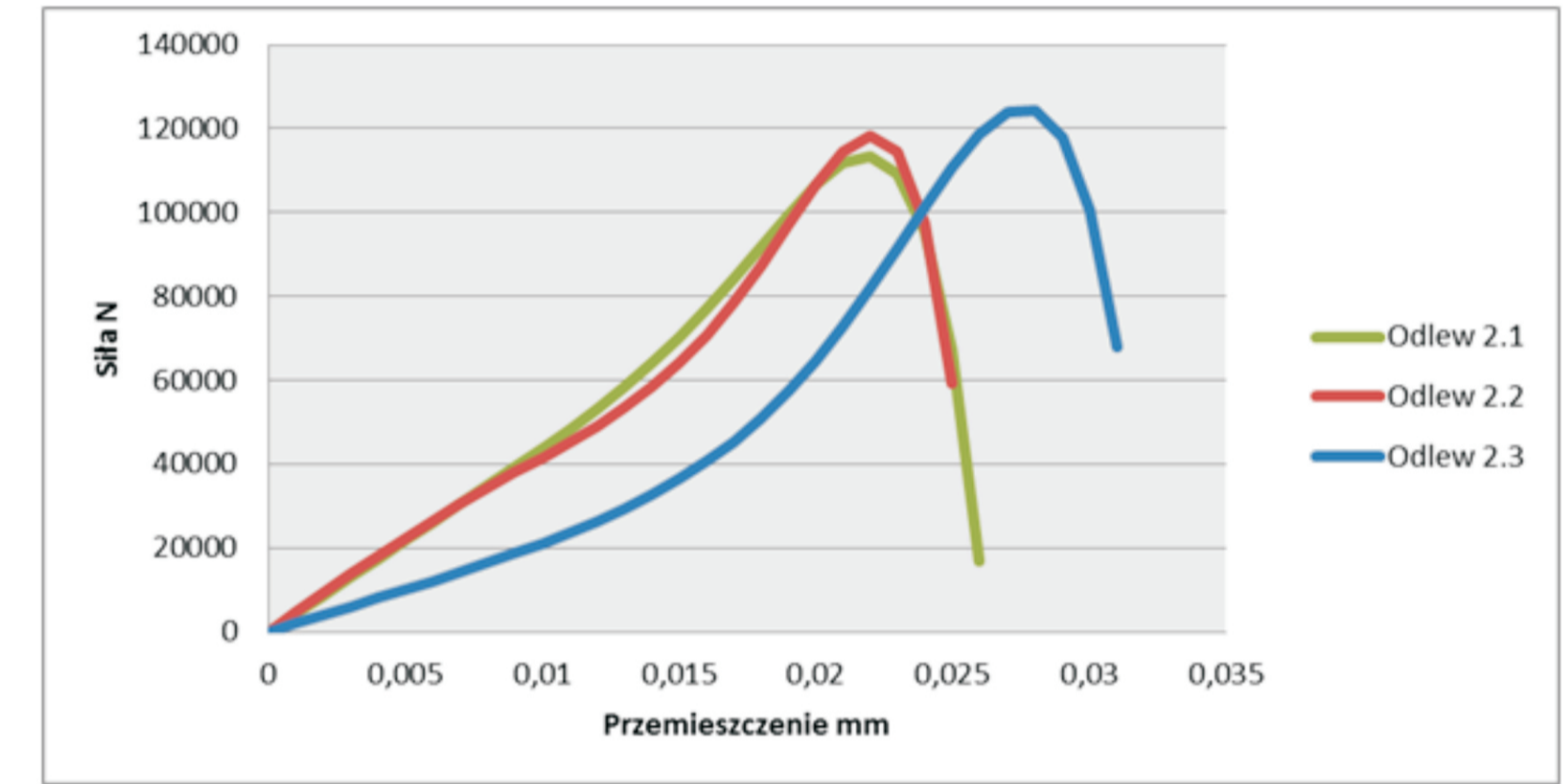
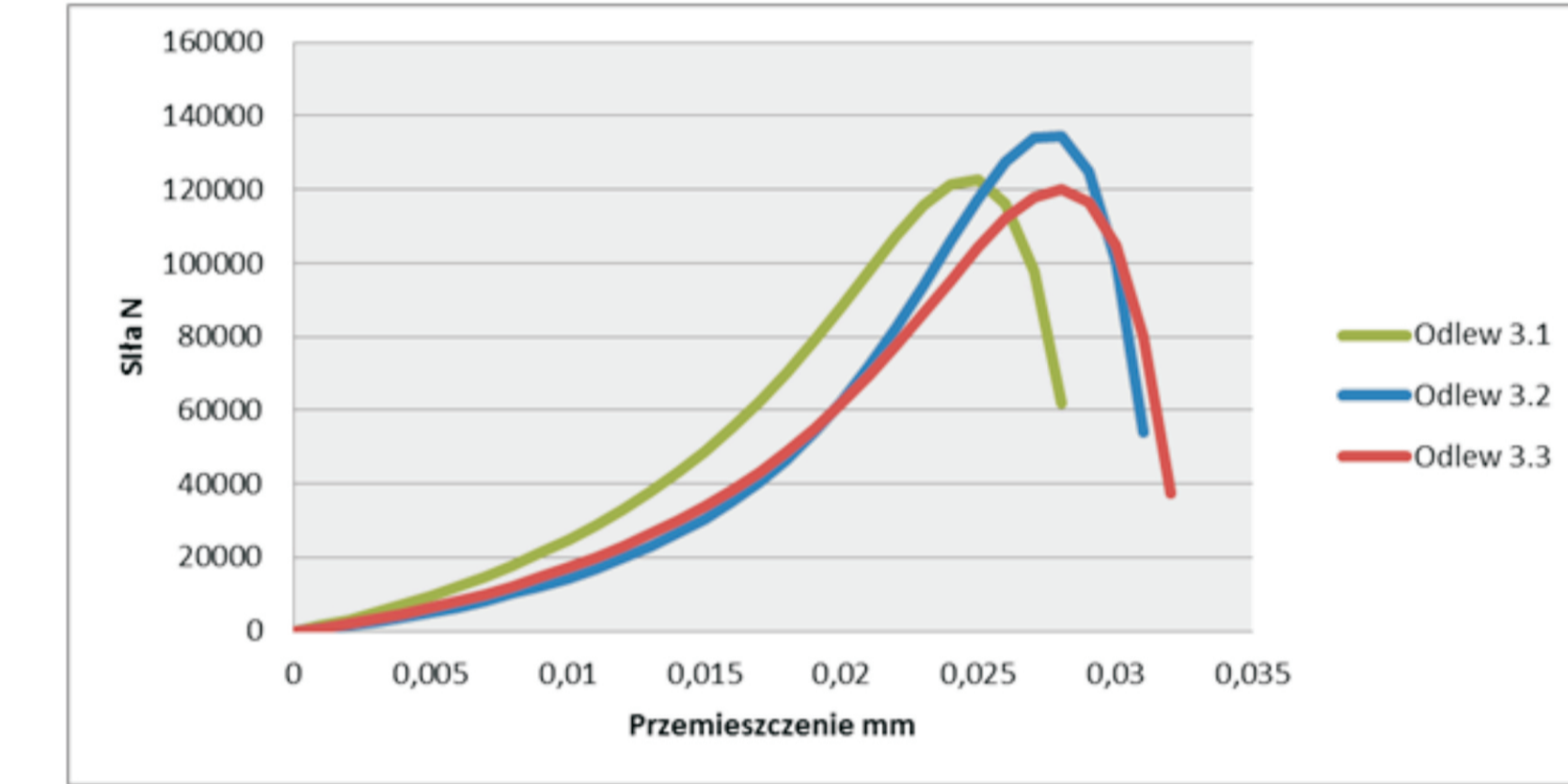


Fig. 2. Skeleton castings with octahedron cell. Ceramic core – porous alumina with open cells. The air in the cells was replaced with hydraulic oil.



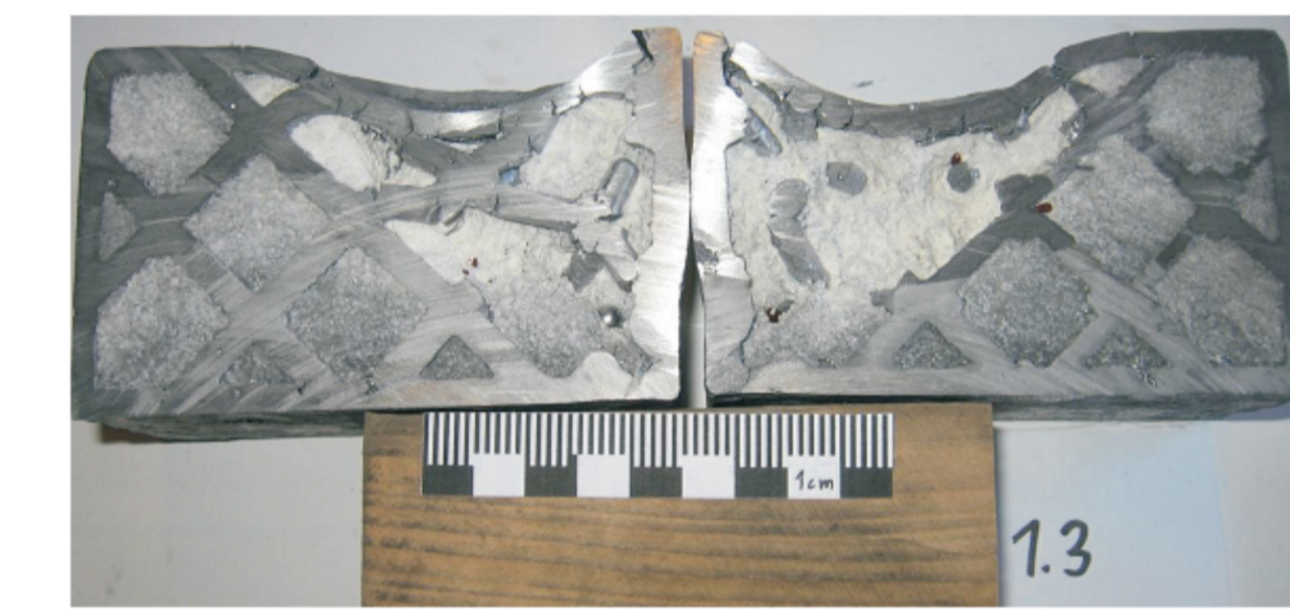
Rys. 3. Odlewy szkieletowe z komórką elementarną w kształcie ośmiościanu. Rdzeń ceramiczny, korundowy porowaty. Porowatość typu otwartego. Powietrze w porach zastąpione nieściśliwą cieczą polimerową.
Fig. 3. Skeleton castings with octahedron cell. Ceramic core – porous alumina with open cells. The air in the cells was replaced with non-compressive polymer liquid.

Kluczowym czynnikiem wpływającym na wartość maksymalnej rejestrowanej siły jest miejsce uderzenia, a więc pośrednio sztywność konstrukcji. Im miejsce uderzenia znajdowało się bliżej geometrycznego środka ściany tym wartości siły były mniejsze. Jeżeli natomiast uderzenie następowało bliżej krawędzi odlewu, wartości siły rosły. W tego typu próbach dynamicznych bardzo istotna jest powtarzalność przeprowadzonych prób. Jednak ze względu na ich charakter, dużą ilość zmiennych i dynamikę całego układu, uzyskanie powtarzalności bliżej 100% wymaga adekwatnego udoskonalania metod badawczych. Obecnie określono poziom wymaganych dokładności.

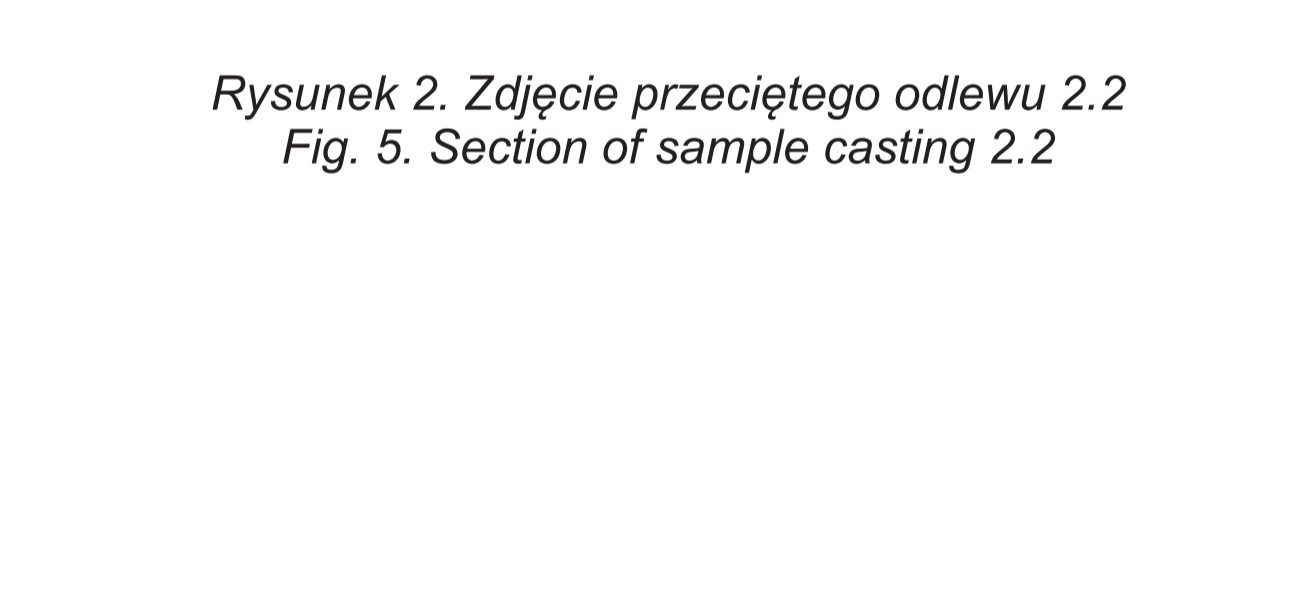
Nr	Współczynnik korelacji	En. Kinetyczna
11	0,88	1326,92
12	0,89	1422,62
13	0,98	1471,45
21	0,92	1530,11
22	0,87	1494,50
23	0,91	1579,58
31	0,90	1557,59
32	0,93	1543,11
33	0,95	1559,30

Zaobserwowano korzystny wpływ ciepła – stałego wypełnienia na sposób dyssypacji energii uderzenia. Ciepłe wypełnienie wpływa na sposób pochłaniania energii i mechanizm odkształcenia. Potwierdzono możliwość sterowania mechanizmem odkształcenia odlewów szkieletowych poprzez dobór parametrów wypełnienia.

Na rysunkach 1-3 pokazano zdjęcia przeciętych odlewów, ciętych wzdłuż płaszczyzny przechodzącej przez odcisk powstałego po uderzeniu. Można na nich zaobserwować zachowanie łączników oraz ścian. Widać również, że wypełnienie zostało w miejscach największego odkształcenia sprasowane, ceramika popękala, jednakże nie w całej objętości. Rysunki pokazują pracę łączników oraz potwierdzają fakt, iż pękają krucho podczas przyłożenia dynamicznej siły. Rysunek 2 i 3 pokazują, wpływ wypełnienia. Pomimo zastosowania tego



Rysunek 1. Zdjęcie przeciętego odlewu 1.3
Fig. 4. Section of sample casting 1.3



Rysunek 2. Zdjęcie przeciętego odlewu 2.2
Fig. 5. Section of sample casting 2.2



Rysunek 3. Zdjęcie przeciętego odlewu 3.2
Fig. 6. Section of sample casting 3.2



Wnioski Conclusions

Opracowane zostały modele numeryczne procesu infiltracji pianki korundowej ciekłym metalem. Przeprowadzono wstępne symulacje numeryczne procesu infiltracji z wykorzystaniem uproszczonego i pełnego modelu. Z uwagi na bardzo długi czas obliczeń dla modelu pełnego istnieje potrzeba rozwijania prostszych modeli numerycznych, które w dobry sposób odwzorowują realny proces infiltracji. Koniecznym jest opracowanie lepszego modelu materiału wypełniającego uwzględniającego zjawiska takie jak napięcie powierzchniowe, zwilżalność, kapilarność.

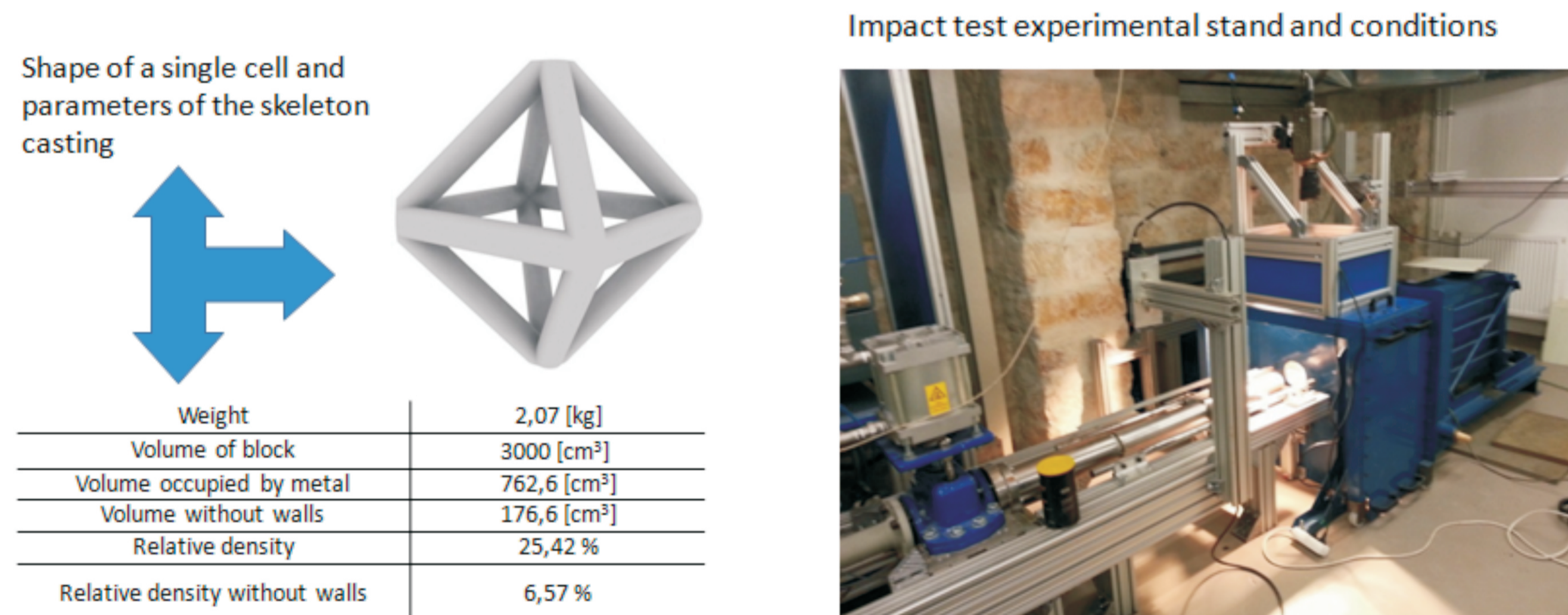
The models of infiltration process of ceramic foam by liquid metal have been developed. Several numerical simulations of infiltration processes have been performed for simplified and full model. Due to time-consuming of calculations of full model, the simplified model is needed which represents real infiltration process properties. It is necessary to develop material model which include such phenomena as: surface tension, wettability and capillarity.

Wyniki badań Results

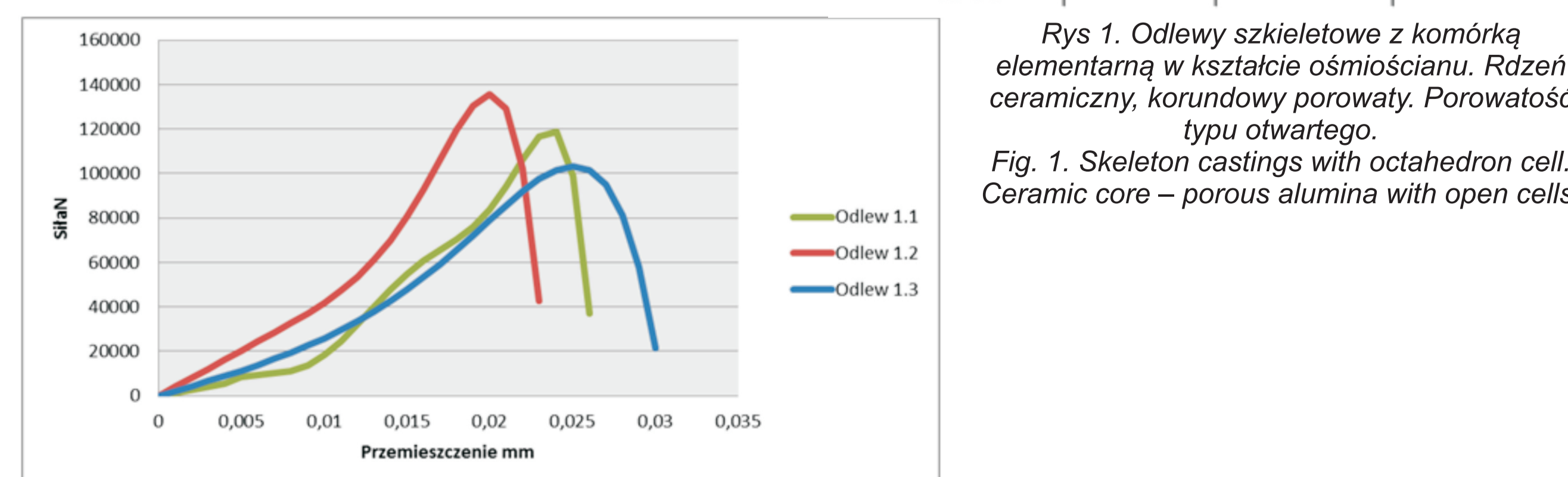
Odlewy szkieletowe
Badania mechanizmów zniszczenia dynamicznego odlewów szkieletowych Krzywe aproksymujące przebieg siły względem przemieszczenia dla poszczególnych serii odlewów szkieletowych różniących się wypełnieniem.

Impact Test of Composite Skeleton Castings
The main aim was to observe how the skeleton castings with different filling material react on impact and how they deform under dynamic load. The range of studies included impact tests for composite skeleton castings which composition is given in Table 1.
Table 1. Composition of skeleton castings

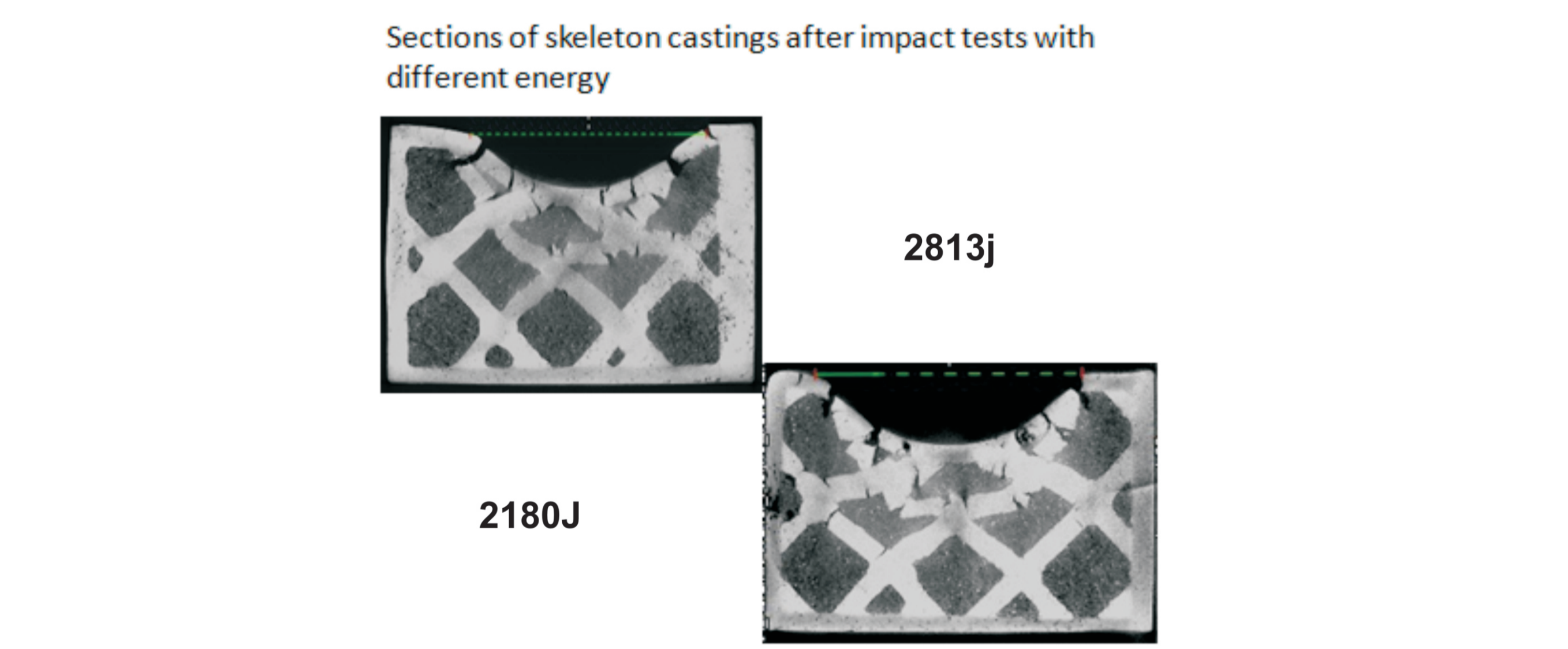
Udział objętościowy komponentów [%]	Numer próby		
	1	2	3
Stop AlSi11	41,4	41,4	41,4
Ceramika	58,6 wraz z powietrzem	16,4	16,4
Ciecz	0	42,2	42,2



	1	2	3
Velocity [m/s]	7,23	15,12	17,17
Pressure [bar]	1,94	7,79	9,52
Energy [J]	499	2181	2813



Rys. 1. Odlewy szkieletowe z komórką elementarną w kształcie ośmiościanu. Rdzeń ceramiczny, korundowy porowaty. Porowatość typu otwartego.
Fig. 1. Skeleton castings with octahedron cell. Ceramic core – porous alumina with open cells.



Wnioski Conclusions

The conducted studies showed the positive effect of liquid filling of ceramic core. Such solutions can be developed to obtain the ideal parameters of energy dissipation together with low density end element weight. Use of specially selected liquids gives possibility of deformation process control and the rate of energy dissipation.

