

IX Seminarium Naukowe

ZINTEGROWANE STUDIA PODSTAW DEFORMACJI PLASTYCZNEJ METALI

PLASTMET' 2014



MATERIAŁY KONFERENCYJNE

25 - 28 listopada 2014

Łańcut - Zamek

Własności mechaniczne pianek ceramicznych o komórkach otwartych i różnej porowatości

Zdzisław Nowak¹⁾, Marcin Nowak¹⁾, Ryszard B. Pęcherski¹⁾,
Marek Potoczek²⁾, Romana E. Śliwa²⁾

¹⁾ Instytut Podstawowych Problemów Techniki, PAN, Warszawa

²⁾ Politechnika Rzeszowska, Rzeszów

W pracy określono własności mechaniczne i przedstawiono model numeryczny ceramicznej pianki korundowej ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$), otrzymanej metodą żelowania spienionej zawiesiny (gelcasting). Metoda ta pozwala na tworzenia pianek zawierających różnej wielkości komórki a w konsekwencji na otrzymywanie pianek o różnej porowatości.

Wielkości charakteryzujące geometrię rzeczywistych pianek ustalono z wykorzystaniem tomograficznych obrazów 3D oraz obrazów z mikroskopu skaningowego. Informacje te wykorzystano przy opracowywaniu modelu numerycznego takiej pianki. Uzyskano model numeryczny o dużej wiarygodności mikrostruktury z wynikami otrzymanymi z mikrotomografu. Symulacje numeryczne procesu deformacji przeprowadzono z przy użyciu programu elementów skończonych ABAQUS. Siatkę elementów skończonych badanych próbek otrzymano również z obrazów z tomografii komputerowej z wykorzystaniem własnych procedur numerycznych zamiany elementarnej objętości (woksel) na elementy skończone przedstawionych w pracy [1]. Wielkość elementu skończonego odpowiada wymiarowi pojedynczego wokselu i jest równy $16\mu\text{m}$. Wszystkie symulacje przeprowadzono na prostopadłościennych próbkach o wymiarach $400\times 400\times 400$ wokseli. To określa reprezentatywny element objętości o wymiarach $4\times 4\times 4$ mm. W obliczeniach przyjęto, że materiał szkieletu porowatej pianki jest izotropowy i liniowo sprężysty. Dolna powierzchnia próbek zastała utwierdzona natomiast górna powierzchnia przesuwiała się równolegle w kierunku osi z. Z symulacji numerycznych otrzymano zmianę wielkości siły w funkcji przemieszczenia górnej powierzchni. Określono również zmianę modułu Younga oraz wytrzymałości na ściskanie pianek korundowych w funkcji porowatości. Dokonano porównania wyników dla modułów Younga ceramicznych pianek Al_2O_3 o różnych porowatościach z symulacji numerycznych i danych doświadczalnych [3] z przewidywaniami analitycznymi [2]. Oszacowania analityczne wykazują dobrą zgodność z rezultatami z doświadczeń i symulacji numerycznych w zakresie porowatości (84%-90%).

Podziękowanie

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Literatura

- [1] M. Nowak, Z. Nowak, R.B. Pęcherski, M. Potoczek, R.E. Śliwa. On the reconstruction method of ceramic foam structures and the methodology of Young modulus determination. *Archives of Metallurgy and Materials.*, Vol. 58, 1219–1222, 2013.
- [2] L.J. Gibson and M.F. Ashby. *Cellular Solids, Structure and Properties*, 2nd edition, Cambridge, 1999.
- [3] M. Potoczek. *Design of the Microstructure of Alumina Foams* (in Polish), Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2012.

Mechanical properties of the ceramic open-cell foams of variable cell sizes

Zdzisław Nowak¹⁾, Marcin Nowak¹⁾, Ryszard B. Pęcherski¹⁾,
Marek Potoczek²⁾, Romana E. Śliwa²⁾

¹⁾ Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences Warsaw

²⁾ Rzeszów University of Technology, Rzeszów

The mechanical properties and numerical model of real ceramic foam, which is produced by the chemical method of gelcasting with different cell sizes (porosities) are presented. Geometric characteristics of real foam samples were estimated from tomographic and scanning electron microscopy images. Using this information, numerical foam model was proposed. A good agreement between numerical model and the results elaborated from microtomography was obtained. To simulate the deformation processes the finite element program ABAQUS was used. Finite element discretization was derived from real foam specimen by computer tomography images using the procedures described in [1]. Dimension of a finite element corresponds to the dimension of a single voxel and is equal to $16\mu\text{m}$. In all numerical calculations the cube-shaped sample of the foam with dimensions of $400\times 400\times 400$ voxels was considered. This assumption gives a representative volume element (RVE) of size $4\times 4\times 4$ mm. The material of skeleton of the ceramic foam was assumed to be isotropic and linearly elastic. The bottom surface of the sample was full constrained and the top surface of this sample was moved parallel to the z-axis. The force was resulted from the final step of displacement in simulation. As a result of numerical simulation of compression test of alumina foam for different values of porosity, the Young modulus and the strength of such foams were estimated.

The comparison of experimental data [3] with numerical and analytical predictions [2] of Young modulus for Al_2O_3 ceramic foams of different porosity will be presented. The analytical estimation shows a good correlation with the results of experiment and simulation for the range of porosity (84%-90%).

Acknowledgements

Financial support of Structural Funds in the Operational Program Innovative Economy (IE OP) financed from the European Regional Development Fund Project "Modern material technologies in aerospace industry", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 is gratefully acknowledged.

References

- [1] M. Nowak, Z. Nowak, R.B. Pęcherski, M. Potoczek, R.E. Śliwa. On the reconstruction method of ceramic foam structures and the methodology of young modulus determination. *Archives of Metallurgy and Materials.*, Vol. 58, 1219–1222, 2013.
- [2] L.J. Gibson and M.F. Ashby. *Cellular Solids, Structure and Properties*, 2nd edition, Cambridge, 1999.
- [3] M. Potoczek. *Design of the Microstructure of Alumina Foams* (in Polish), Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2012.