

2. Decydujący wpływ, na krytyczny, powodujący pękanie, rozkład naprężeń we wkładce, w rzeczywistych warunkach eksploatacji endoprotezy, może mieć nierównomierny stopień wytarcia jednej ze stron wkładki.

## Podziękowania

*Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2004-2007 jako projekt badawczy nr 3 T08C 029 27.*

## Conclusions

Based on the simulations done in this work, the following general conclusions have been drawn:

1. The stress distribution in the tibial insert of small thickness can cause damage and cracking of it. Obtained results from simulations it is not possible to determine the critical thickness when in the insert to begin of cracking process.

2. The decisive influence on the critical value of the stress distribution to cause a cracking during exploitation of endoprosthesis, can have uneven a wear process of the surface one of the side of insert.

## Acknowledgements

*This work was supported by State Committee of Scientific Research (grant No. 3 T08C 029 27 in years 2004-2007).*

## Piśmiennictwo

- [1] Górecki A.: Alloplastyka stawu kolanowego, Chir. Narz. Ruchu Ortop. Pol., LXIII supl 1, (1998), 84-90  
 [2] Górecki A.: Problemy leczenia zmian zwyrodnieniowych stawu biodrowego i kolanowego. Dekada kości i stawów 2000-2010, Kraków 2000, 22-32

## References

- [3] Tejszerska Dagmara, Jurkojc Jacek, Michnik Robert: Modelling Of Human Knee During Gait, Machine Dynamics Problem, Warszawa vol. 28, No 4, (2004), s. 153-158.

## WSTĘPNE BADANIA KALCYTOWEJ CERAMIKI POROWATEJ METODĄ MIKROTOMOGRFII KOMPUTEROWEJ

ZBIGNIEW JAEGERMANN<sup>1</sup>, KAROLINA TURZAŃSKA<sup>2</sup>,  
SŁAWOMIR MICHAŁOWSKI<sup>1</sup>, MIROSLAW JABŁOŃSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INSTYTUT SZKŁA I CERAMIKI,

UL. POSTĘPU 9, 02-676 WARSZAWA

<sup>2</sup> KLINIKA ORTOPEDII I REHABILITACJI AKADEMII MEDYCZNEJ

W LUBLINIE, UL. JACZEWSKIEGO 8, 20-954 LUBLIN

E-MAIL: BIOCERAMIKA@NEOSTRADA.PL

*[Inżynieria Biomateriałów, 65-66, (2007), 45-47]*

### Wstęp

Metoda mikrotomografii komputerowej (mikro-CT) została opracowana w ostatnich latach na bazie, dobrze znanej radiologom, osiowej tomografii komputerowej (CT). Chociaż zasada działania obu tych metod jest identyczna, to jednak czułość metody mikro-CT jest znacznie wyższa i osiąga wartości nawet poniżej mikrometra. Umożliwia ona nieniszczące badanie takich obiektów, jak: materiały porowate, tkanki czy małe zwierzęta doświadczalne, przy dużej rozdzielczości obrazów przestrzennych. Skanery mikrotomograficzne są już stosowane w wielu różnych dziedzinach poczynając od przemysłu spożywczego, poprzez inżynierię materiałów, inżynierię biomedyczną, nauki o ziemi, a na ocenie jakości mikroelementów elektronicznych kończąc.

Celem prezentowanej pracy jest wstępna analiza przydatności mikrotomografii komputerowej do badania przestrzennych struktur porowatych.

## MICROCOMPUTED TOMOGRAPHY FOR EVALUATION OF 3D CALCITE POROUS CERAMICS - PRELIMINARY REPORT

ZBIGNIEW JAEGERMANN<sup>1</sup>, KAROLINA TURZAŃSKA<sup>2</sup>,  
SŁAWOMIR MICHAŁOWSKI<sup>1</sup>, MIROSLAW JABŁOŃSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INSTITUTE OF GLASS AND CERAMICS,

9 POSTĘPU STREET, 02-676 WARSAW

<sup>2</sup> CLINIC OF ORTHOPEDICS AND REHABILITATION,

MEDICAL UNIVERSITY OF LUBLIN,

8 JACZEWSKIEGO STREET, 20-954 LUBLIN

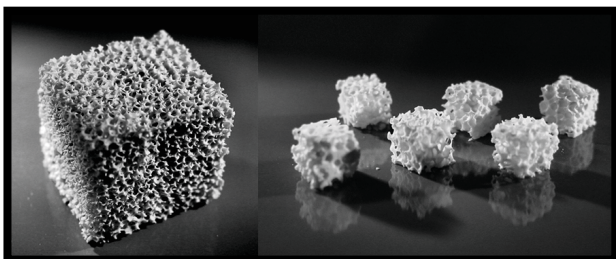
E-MAIL: BIOCERAMIKA@NEOSTRADA.PL

*[Engineering of Biomaterials, 65-66, (2007), 45-47]*

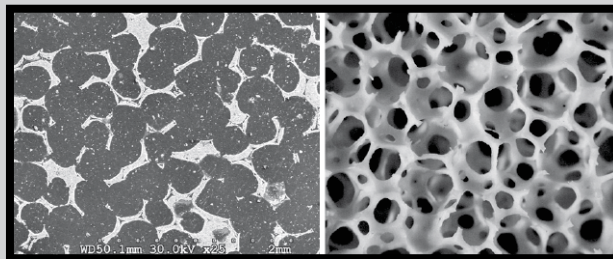
### Introduction

Microcomputed tomography systems (micro-CT) have been developed in recent years following the well known computed axial tomography used by radiologists. Micro-CT systems are based on the same principle of detection. However, the spatial resolution is remarkably higher and goes down to few microns. This method offers the possibility of a non-invasive assessment with high resolution 3D imaging of porous materials, tissue and even of small lab animals. Micro-CT equipment is used in a broad variety of fields ranging from food industry, material science and biomedical applications to the inspection of small electronic components and in earth science.

The objective of this paper is to present preliminary analysis of micro-CT technique applied for evaluation and 3D description of calcite porous structures.



**RYS.1. Pianki kalcytowe**  
(z lewej: blok, z prawej: wycięte próbki).  
**FIG.1. Calcite foams**  
(left: porous block, right: cut out samples).



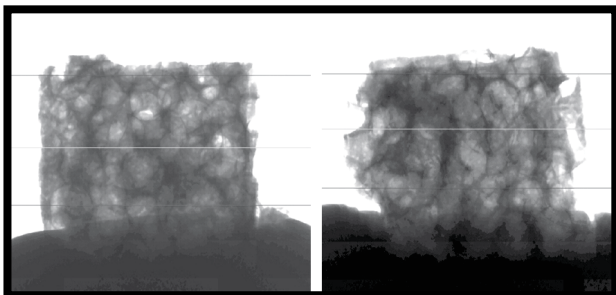
**RYS.2. Obrazy mikroskopowe pianek kalcytowych**  
(z lewej: zgląd - mikroskop skaningowy, z prawej: powierzchnia - mikroskop stereoskopowy).  
**FIG.2. Microscopic images of calcite foams**  
(left: scanning microscopy, right: stereomicroscopy).

Parameter / Właściwość	Values of parameters - Wartości parametrów				
	Sample 1 Próbka 1	Sample 2 Próbka 2	Sample 3 Próbka 3	Sample 4 Próbka 4	Sample 5 Próbka 5
Sample volume / Objętość próbki [mm <sup>3</sup> ]	104	108	100	107	105
Apparent density / Gęstość pozorna [g/cm <sup>3</sup> ]	0,84	1,07	0,72	0,55	0,62
Relative density / Gęstość względna [%]	33,9	42,0	28,2	21,6	24,3
Total porosity / Porowatość całkowita [%]	67,1	58,0	71,8	78,4	75,7
Macropores size / Rozmiar makropodów [μm]	300+350				
Compressive strength / Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	0,95	1,12	0,68	0,61	0,77

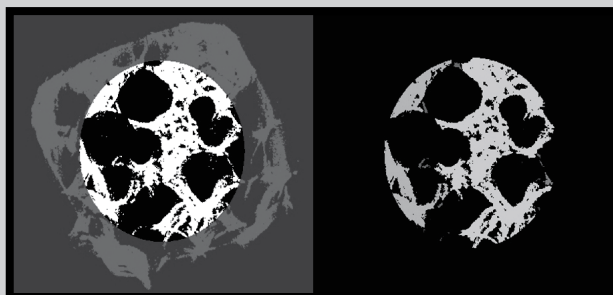
**TABELA 1. Właściwości fizyczne pianek kalcytowych.**  
**TABLE 1. Physical properties of calcite foams.**

Parameter / Właściwość	Values of parameters - Wartości parametrów				
	Sample 1 Próbka 1	Sample 2 Próbka 2	Sample 3 Próbka 3	Sample 4 Próbka 4	Sample 5 Próbka 5
Number of layers / Ilość przekrojów	311	318	262	324	333
Pixel size / Rozmiar pixeli [μm]	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42
Sample heights / Wysokość próbki [mm]	2,61	2,67	2,20	2,72	2,80
Sample diameter / Średnica próbki [mm]	4,09	3,67	4,14	4,04	4,02
Sample volume / Objętość próbki [mm <sup>3</sup> ]	34,0	28,2	29,6	34,9	35,5
Material volume / Objętość materiału [mm <sup>3</sup> ]	12,8	13,1	8,9	8,4	10,5
Relative density / Gęstość względna [%]	37,5	46,3	30,1	24,0	29,4
Porosity / Porowatość [%]	62,5	53,7	69,9	76,0	70,6
Material surface / Powierzchnia materiału [mm <sup>2</sup> ]	381	391	366	351	296
Mean strut width / Średnia grubość ścian [mm]	0,136	0,138	0,112	0,101	0,113
Mean pore width / Średnia wielkość porów [mm]	0,298	0,234	0,243	0,439	0,499
Strut number / Ilość ścian [1/mm]	2,75	3,36	2,67	2,38	2,21
Number of objects / Ilość obiektów	29 943	35 303	30 878	13 670	10 477

**TABELA 2. Wyniki analizy mikrotomograficznej 3D pianek kalcytowych.**  
**TABLE 2. 3D micro-CT analysis of calcite foams.**



**RYS.3. Obrazy RTG przykładowych pianek kalcytowych**  
(metoda mikrotomograficzna).  
**FIG.3. Examples of X-ray images of calcite foams**  
(micro-CT method).



**RYS.4. Przykładowy obraz mikro-CT przekroju 2D**  
z wybranym obszarem do obliczeń ilościowych.  
**FIG.4. Micro-CT exemplary 2D-images with selected area for quantitative analysis.**

## Materiały i metody

Analizie mikro-CT poddano 5 szt. pianek kalcytowych przygotowanych metodą odwzorowania struktury porowatej gąbki poliuretanowej o gęstości 45 ppi. Pianki o wymiarach ok. 5x5x5mm wycięto przed wypaleniem z kalcytowego bloczka porowatego (RYS.1). Metodą geometryczną oznaczono podstawowe właściwości fizyczne: gęstość pozorną i gęstość względną oraz porowatość całkowitą. Wielkość porów oszacowano na podstawie obrazów mikroskopowych próbek (RYS.2).

Do badań użyto mikrotomografu komputerowego Skyscan 1072 firmy Skyscan (Belgia). Aparat składa się ze lampy rentgenowskiej 20-80kV/100 $\mu$ A, wytwarzającej promień RTG o wielkości 8  $\mu$ m oraz precyzyjnego manipulatora próbek umożliwiającego ruch obrotowy i ruch posuwisty w dwóch kierunkach. Do rejestracji służy cyfrowa 12-bitowa kamera CCD wyposażona w technikę światłowodową. Obrazy z kamery są przekazywane do programu komputerowego (CT-Analyser v. 1.03.2, Skyscan), który przetwarza dane ze skanera i wylicza parametry ilościowe 2D i 3D.

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że możliwe jest otrzymanie dobrej jakości zarówno obrazów RTG (RYS.3), jak i przekrojów 2D, z których wybierano obszary do analizy ilościowej (RYS.4). Wyniki analizy mikrotomograficznej 3D zawiera TABELA 2, a właściwości fizyczne pianek kalcytowych, które posłużyły jako wartości odniesienia, zebrano w TABELI 1.

Analiza otrzymanych wyników wykazała, że gęstości względne i porowatości całkowite pianek kalcytowych, obliczone metodą mikrotomograficzną dobrze zgadzają się z wartościami uzyskanymi metodą geometryczną. Analiza mikrotomograficzna umożliwia uzyskanie dodatkowych informacji ilościowych, takich jak: objętość i powierzchnia materiału, grubość i ilość ścian, a także inne parametry opisujące strukturę porowatości i umożliwiające porównanie różnych struktur porowatych pomiędzy sobą.

Podstawowe trudności w interpretacji wyników analizy mikro-CT wiążą się z ustaleniem warunków binaryzacji i ustawień innych parametrów obrazu do analizy. Istotny jest także wybór warunków skanowania i obszarów do analizy. Niemniej jednak wydaje się - co potwierdzają również coraz bogatsze doniesienia literaturowe na ten temat, że mikrotomografia komputerowa staje się wygodnym, nieniszczącym narzędziem, pomocnym w opisie wielu różnych materiałów porowatych i kompozytowych.

## Materials and methods

Micro-CT analysis was performed on calcite foams (5 pieces) formed by structure transformation of 45 ppi polymeric sponge. Test samples (5x5x5mm) were cut out from the porous block (FIG.1). Apparent density and relative density as well as total porosity were determined by the geometrical method. Sizes of pores were estimated on the basis of microscopic images of foams structure (FIG.2).

The microtomography was performed with Skyscan 1072 X-ray microtomograph (Skyscan, Antwerp, Belgium). The system consisted of sealed X-ray tube, 20-80kV/100 $\mu$ A, a 8 $\mu$ m spot size, a precision object manipulator with two translations and one rotation direction. The system included a 12-bit digital cooled CCD camera with fibre optics. The tomographic images were imported to a computer program (CT-Analyser v. 1.03.2, Skyscan) to calculate quantitative parameters.

## Summary

Results of our studies show that the microtomographic technique tested provided good quality tomographical images of the specimens (FIG.3) as well as 2D images from which regions for quantitative analysis were selected (FIG.4). TABLE 2 contains results of 3D microtomographic analysis and TABLE 3 - physical properties of calcite foams served as referenced values.

The analysis of results demonstrated that relative density and total porosity obtained by microtomographic method correspond with the values measured by geometrical method. Micro-CT analysis enables to calculate supplementary information, such as: volume and surface of the material, width and number of struts, and other parameters describing architecture of porous materials and makes possible comparison of different structures.

The major difficulties in understanding of micro-CT analysis results are connected with setting of binary mode conditions and parameters of image analysis set-up. Selection of scanning parameters and regions of interest seems to be very important too. Nevertheless it's certain - what also establish wide range of the topic bibliography - that microtomography becomes a comfortable, non-destructive method very helpful in description of many kinds of porous and composite materials.