

BADANIA MIKROTOMOGRAFICZNE w Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego W Bydgoszczy

Mikrotomograf komputerowy SkyScan 1272 Możliwości pomiarowe, rekonstrukcyjne i analityczne



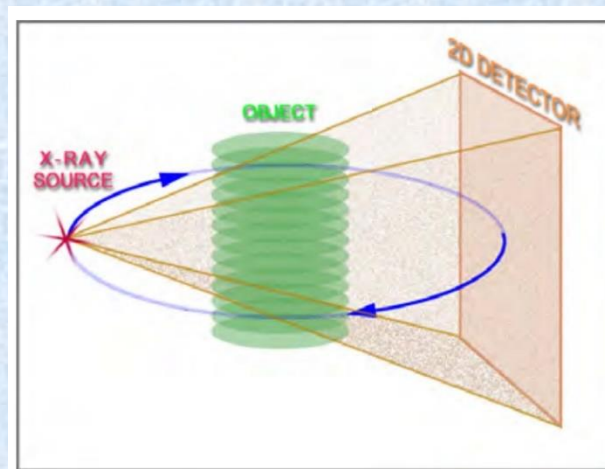
Spis treści

- 1. Charakterystyka metody (s.2).**
- 2. Charakterystyka mikrotomografu SkyScan 1272 (s.5).**
- 3. Charakterystyka oprogramowania mikrotomografu (s.8).**
- 4. Przykłady możliwości wizualizacji i wyznaczania parametrów morfometrycznych badanych obiektów (s.9).**
- 5. Oferta cenowa badań i kontakt (s.15).**

1. Charakterystyka metody

Mikrotomografia komputerowa

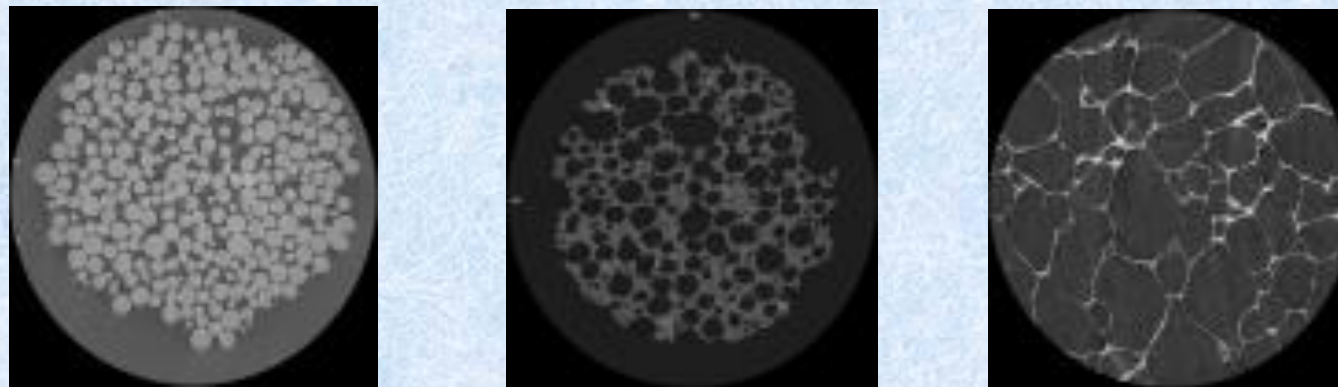
jest nowoczesną metodą identyfikacji przestrzennej budowy mikroskopowej niejednorodnych materiałów oraz przestrzennego rozmieszczenia składników w materiałach złożonych. Dotyczy to próbek materiałów różnego pochodzenia: biologicznych, geologicznych, budowlanych, a także wytwarzanych w różnych gałęziach przemysłu.



Rys.1

W metodzie tej, podobnie jak w tomografii komputerowej stosowanej w diagnostyce medycznej, do identyfikacji budowy wewnętrznej obiektów wykorzystuje się promienie Roentgena, uzyskując rozdzielczość tomogramów rzędu jednego mikrometra. Powszechnie przyjmuje się, że metoda ta spełnia kryteria najwyższych standardów (**gold standard**) badań budowy wewnętrznej materiałów i obiektów.

O własnościach fizycznych materiałów: wytrzymałości, przepuszczalności, izolacyjności cieplnej czy akustycznej, a także o przebiegu różnych procesów w materiałach decyduje ich mikroskopowa budowa wewnętrzna. Szczegółowa znajomość tej budowy stanowi podstawę inżynierii materiałowej. Umożliwia bowiem jej parametryczną charakterystykę oraz określenie związku tych parametrów z makroskopowymi własnościami fizycznymi materiałów i zachodzących w nich procesów.



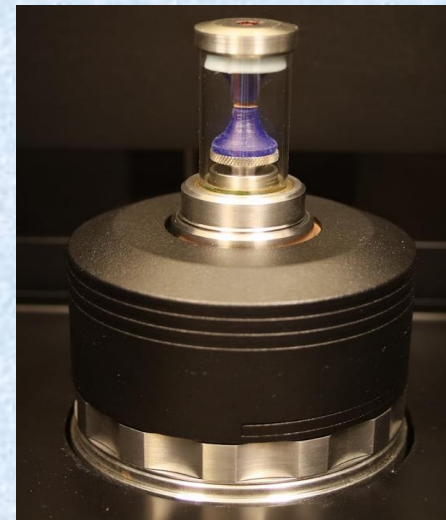
Rys.2

Podstawową zaletą mikrotomografii komputerowej jest to, że dostarcza ona informację o budowie wewnętrznej niejednorodnych materiałów na bardzo wysokim poziomie szczegółowości, umożliwiającym prowadzenie badań w trybie eksperymentu numerycznego, tj. odtwarzanie mikroskopowych procesów zachodzących w rzeczywistych materiałach. Zapewnia to:

- dostęp do informacji o przebiegu procesów, nieosiągalny w badaniach eksperymentalnych;
- wielokrotne wykorzystanie reprezentacji tych samych próbek materiałów do symulacji procesów pod różnym kątem, co w badaniach eksperymentalnych jest często niemożliwe;
- kontrolowaną zmianę parametrów układu i badanie ich wpływu na makroskopowy przebieg procesów.

Biorąc pod uwagę, że współczesne mikrotomografy mogą być dodatkowo wyposażone w systemy umożliwiające schładzanie, podgrzewanie oraz kontrolowaną deformację mechaniczną badanych próbek w komorze pomiarowej mikrotomografu, technika identyfikacji przestrzennego obrazu materiału w trakcie przebiegu tego typu procesów stwarza nieosiągalne dotychczas możliwości śledzenia na poziomie mikroskopowym przebiegu takich procesów jak: krzepnięcie, parowanie czy deformacje materiału powodowane różnymi procesami. Informacja taka jest bezcenna z punktu widzenia inżynierii materiałów niejednorodnych, ukierunkowanej na optymalizowanie ich makroskopowych właściwości fizycznych, a także kontroli procesów wytwarzania. Warunkuje to, bowiem, doskonalenie pożądanych właściwości wytwarzanych materiałów, zapewniając ich innowacyjność oraz wzrost konkurencyjności produkującym je firmom.

Mikrotomografia komputerowa i oparte na niej metody identyfikacji i analizy właściwości materiałowych otwierają nowe możliwości optymalizowania właściwości materiałów wytworzonych w różnych procesach technologicznych, np. pianek, filtrów, katalizatorów, ceramiki budowlanej, materiałów tłumiących hałas. Kierunek badań materiałów i zachodzących w nim procesów oparty na mikrotomografii komputerowej i eksperymencie numerycznym jest obecnie intensywnie rozwijany w wielu czołowych laboratoriach Europy i świata.



Rys.3

2. Charakterystyka mikrotomografu SkyScan 1272

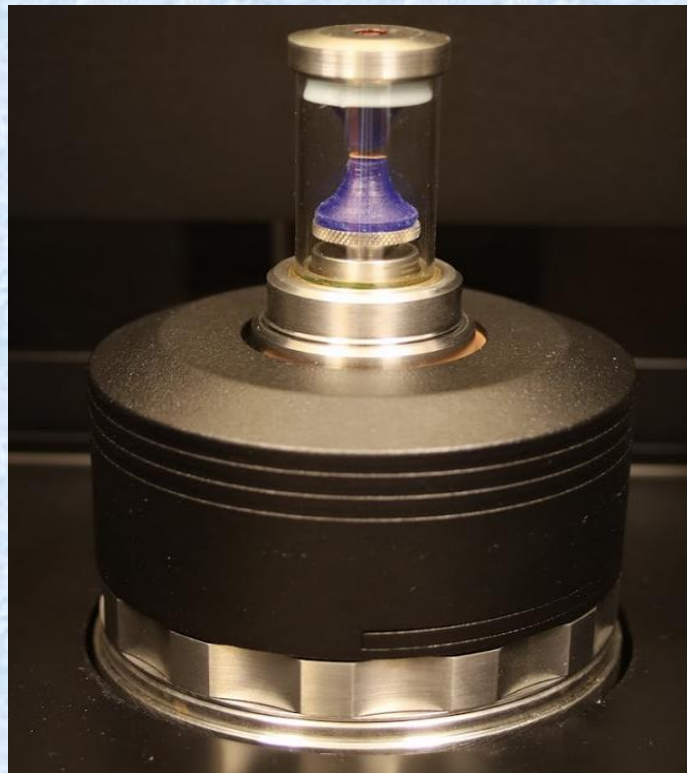


Rys.4

Podstawowe parametry

	Parametry	Uwagi
Detektor	16Mp (4904 x 3280 px)	Duża prędkość skanowania
Źródło promieniowania	20-100 kV, 10 W	Duża energia lampy/duża moc → większa intensywność promieniowania → lepszy kontrast
Nominalna rozdzielczość (rozmiar pixela)	0,35 μm	
Skanowany obszar (średnica)	do 70 mm	

Przystawka do badań mechanicznych (Rys.5)



Rys.5

Właściwości:

Symetryczne obciążenie obiektu z dołu i z góry utrzymujące jego część centralną nieruchomą

Parametry:

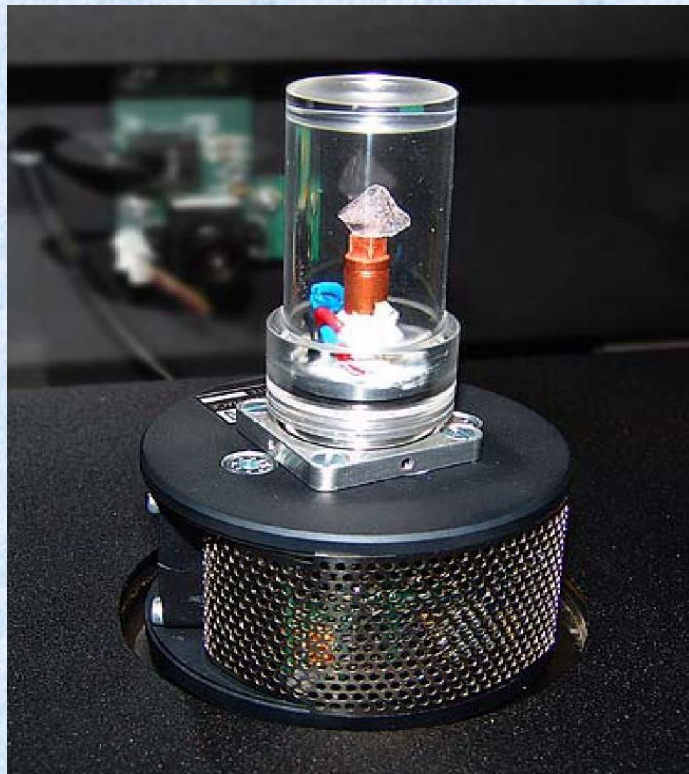
- maksymalna siła: 44 N, 220 N, 440 N (zależnie od komory pomiarowej)
- dokładność pomiaru przemieszczenia: ± 0.01 mm
- dokładność pomiaru siły: $\pm 1\%$ zakresu
- maksymalne przemieszczenie: 11 mm
- maksymalna średnica obiektu: 20 mm
- maksymalna wymiar obiektu:
 - wysokość przy ściskaniu: 24 mm,
 - wysokość przy rozciąganiu: 20 mm

Przystawka może pracować w dwóch trybach:

Tryb ciągły: przy ciągłej zmianie obciążenia lub odkształcenia do zadanej lub maksymalnej wartości,

Tryb predefiniowany: przy zadanej sekwencji wartości obciążenia lub odkształcenia.

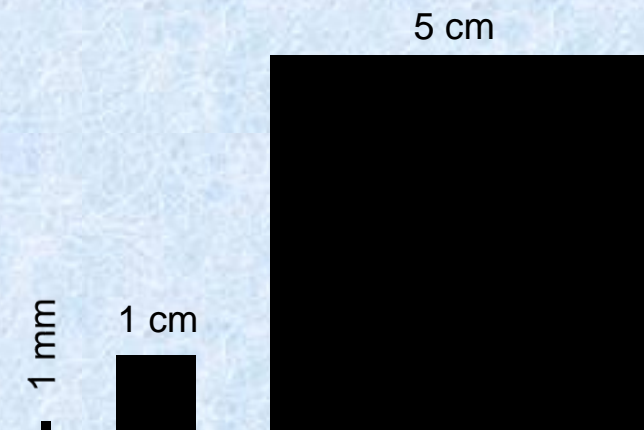
Przystawka do badań termicznych (Rys.6)



Rys.6

Właściwości:

Przystawka umożliwia badanie obiektów w zakresie temperatur od -30°C do $+80^{\circ}\text{C}$



Rys.7

Wielkość próbek a rozdzielczość skanu (Rys.7)

Długość boku próbki	1 mm	1 cm	5 cm
Liczba wokseli o boku $1\ \mu\text{m}$	10^9	10^{12}	125×10^{12}
Długość boku woksela w próbce zawierającej miliard wokseli	$1\ \mu\text{m}$	$10\ \mu\text{m}$	$50\ \mu\text{m}$

3. Charakterystyka oprogramowania mikrotomografu

Oprogramowanie pomiarowe

SkyScan 1272 – służy do sterowania urządzeniem, planowania skanowania i gromadzenia danych.

Oprogramowanie rekonstrukcyjne

NRecon – służy do przetwarzania dwuwymiarowych obrazów projekcyjnych (radiogramów) na obrazy 2D przekrojów próbek (tomogramy).

Oprogramowanie do analizy i wizualizacji

DataViewer – służy do przeglądania tomogramów (2D) obrazów obiektów 3D oraz zapisywania obrazów 2D/3D.

CTvox – służy do realistycznej wizualizacji. Wykorzystuje rendering objętościowy.

CTan – służy do analizy i przetwarzania obrazów 2D/3D.

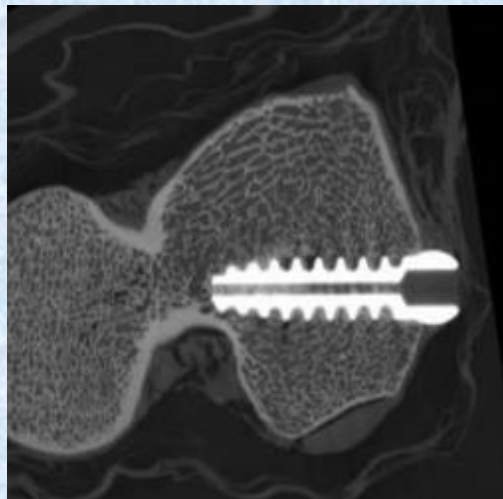
CTvol – służy do wizualizacji modeli powierzchniowych w formacie STL, przeznaczonych do eksportu dla CAD i druku 3D.



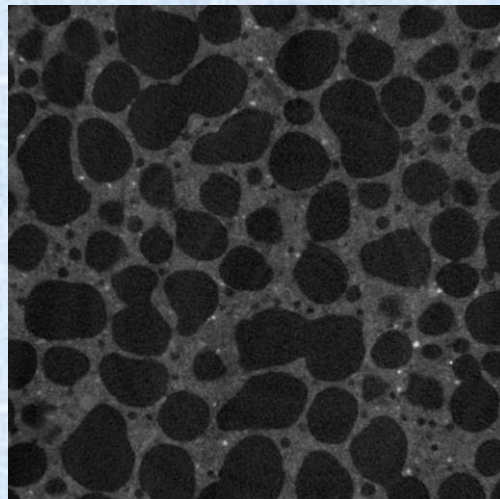
Rys.8

4. Przykłady możliwości wizualizacji i wyznaczania parametrów morfometrycznych badanych obiektów

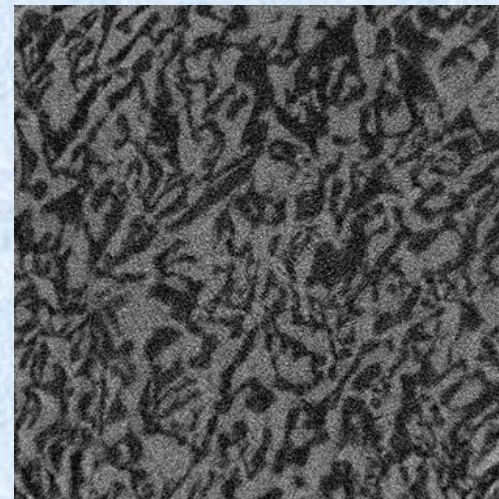
Przykłady rekonstrukcji realizowanej przez NRecon



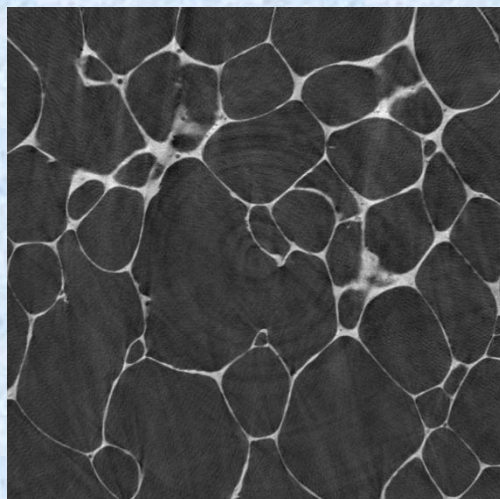
Rys.9
Tkanka kostna
z implantem



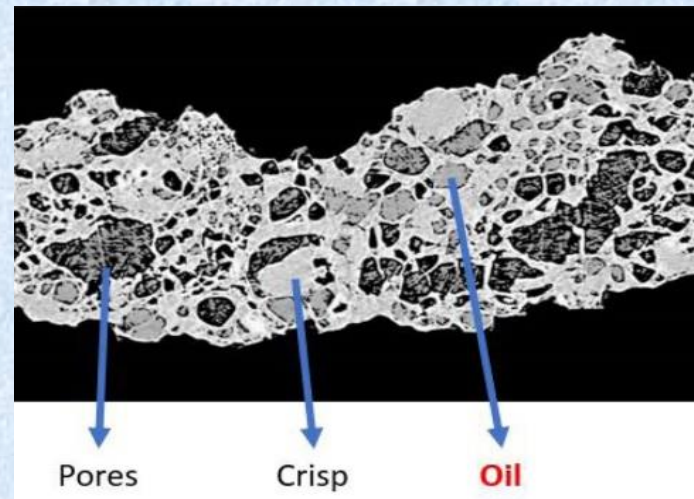
Rys.10
Beton
komórkowy



Rys.11
Kompozyt
ceramiczny

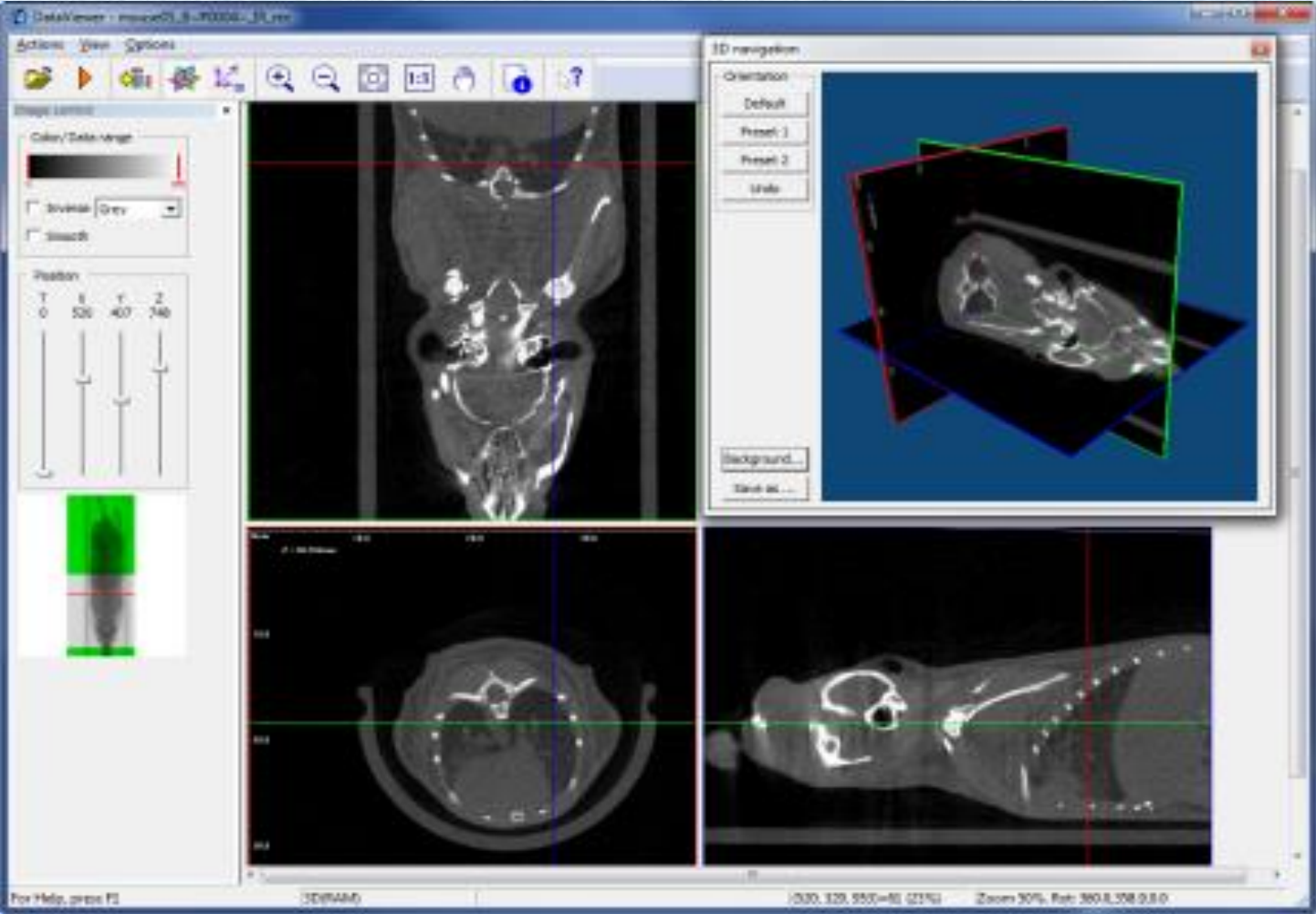


Rys.12
Pianka
aluminiowa



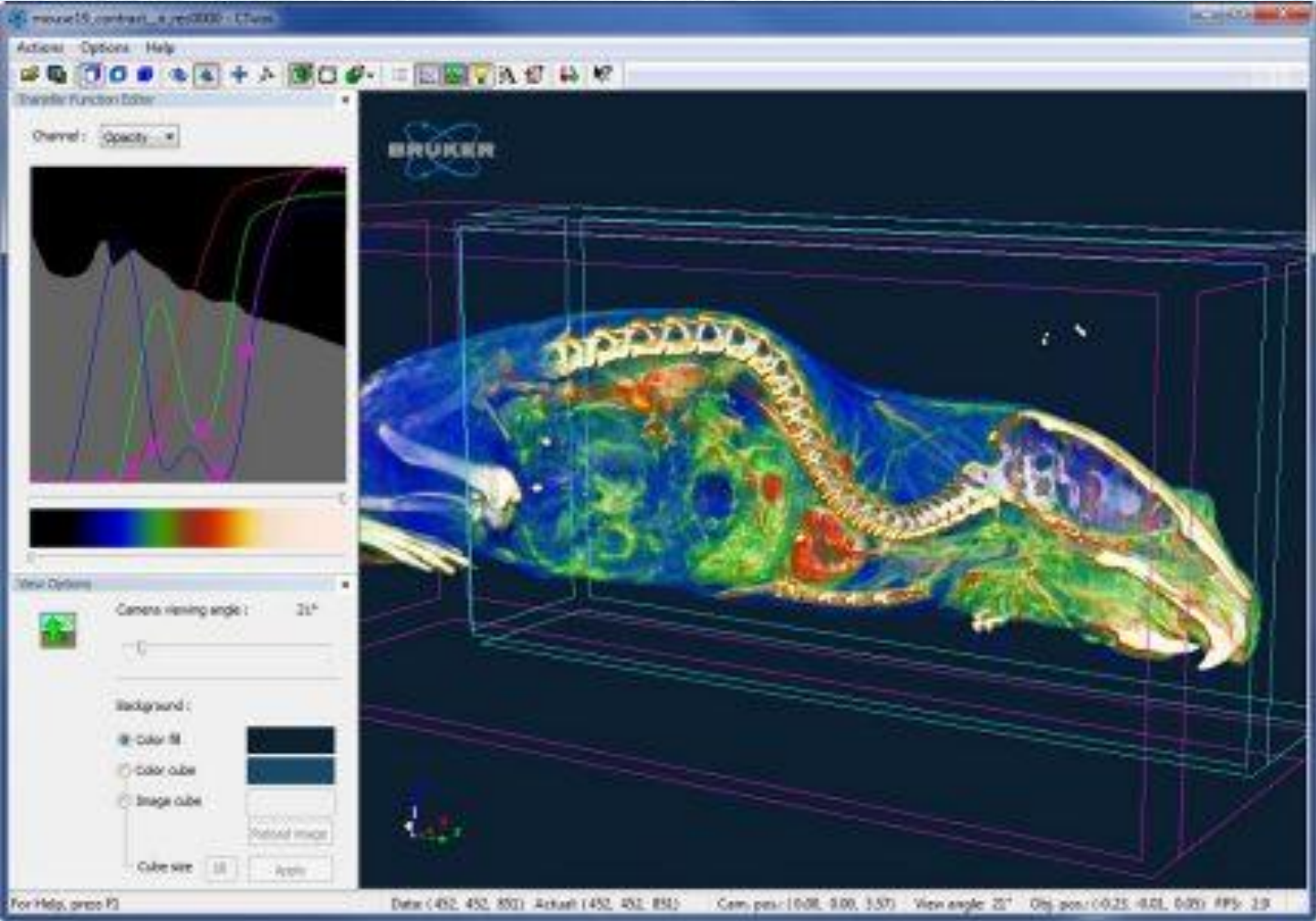
Rys.13. Chips

Przykłady
wizualizacji realizowanej przez DataViewer



Rys.14

Przykłady
realistycznej wizualizacji realizowanej przez CTvox

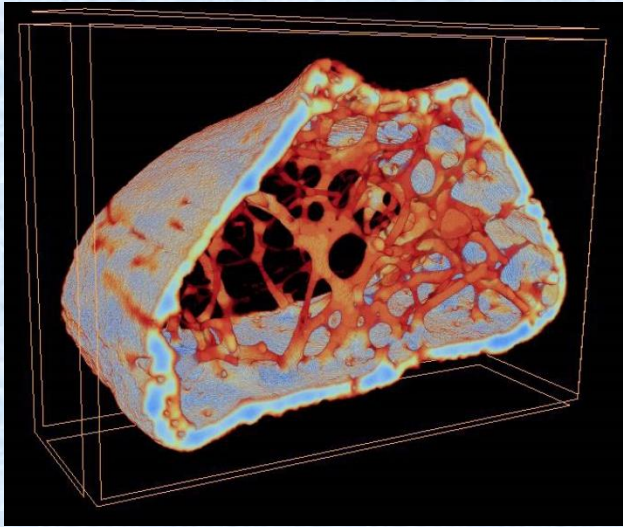
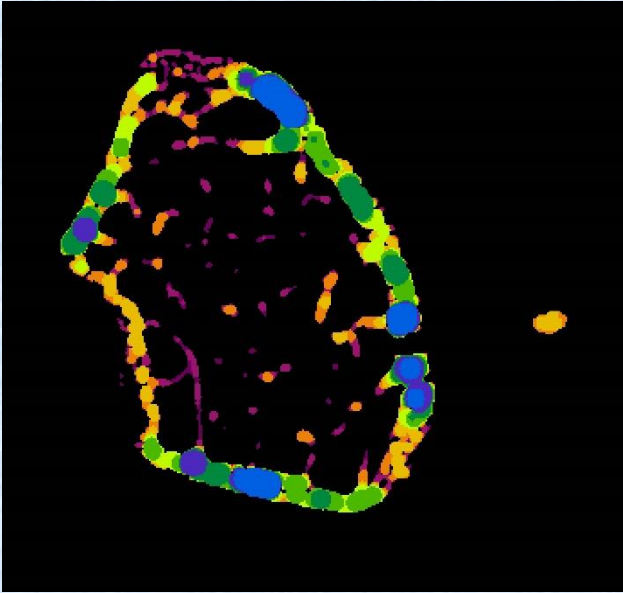


Rys.15

Przykłady



Rys.16



Rys.17

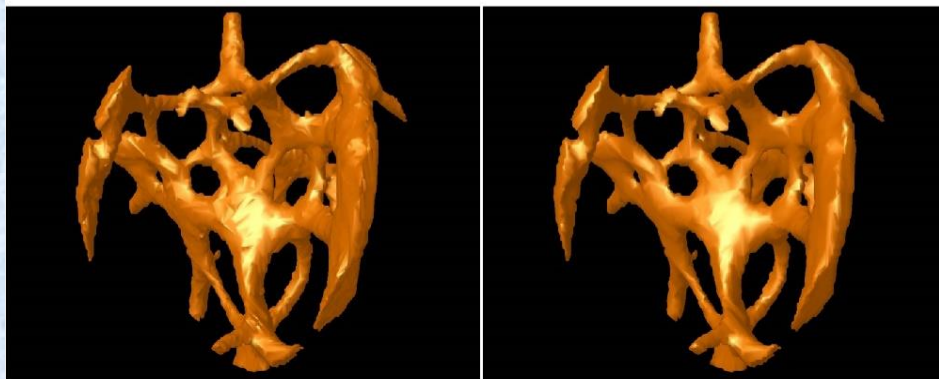
Przykłady

wizualizacji modeli powierzchniowych (CTvol)
przeznaczonych do eksportu dla CAD i druku 3D



Wire model

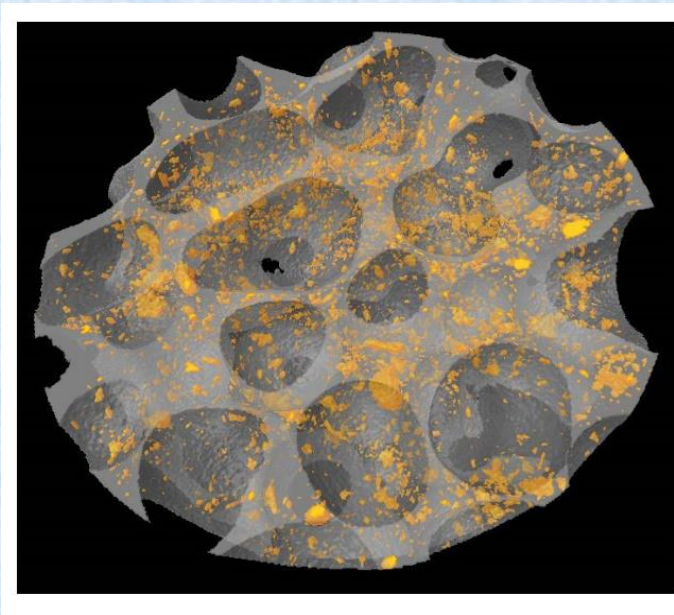
Triangular facets



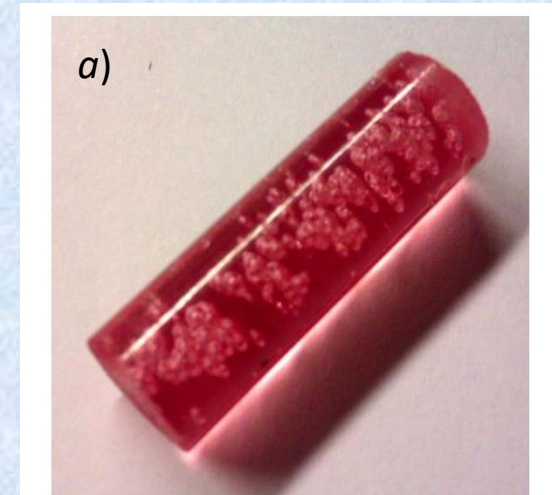
Normal surface

Smooth surface

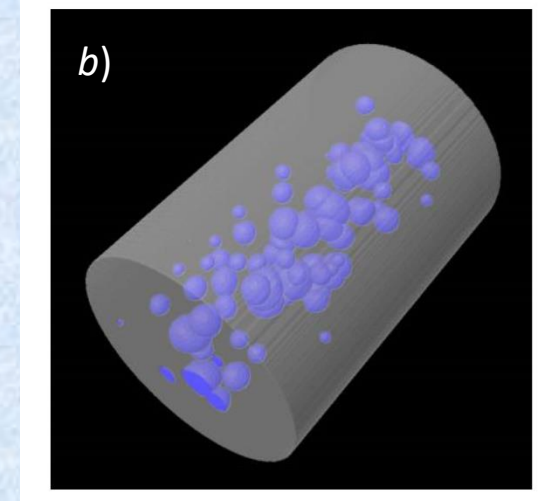
Rys.18



Rys.19

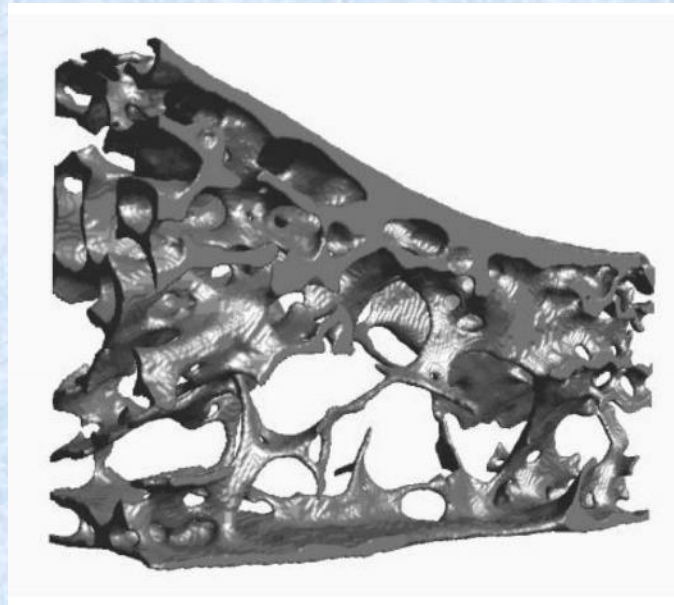


a)



b)

Rys.21



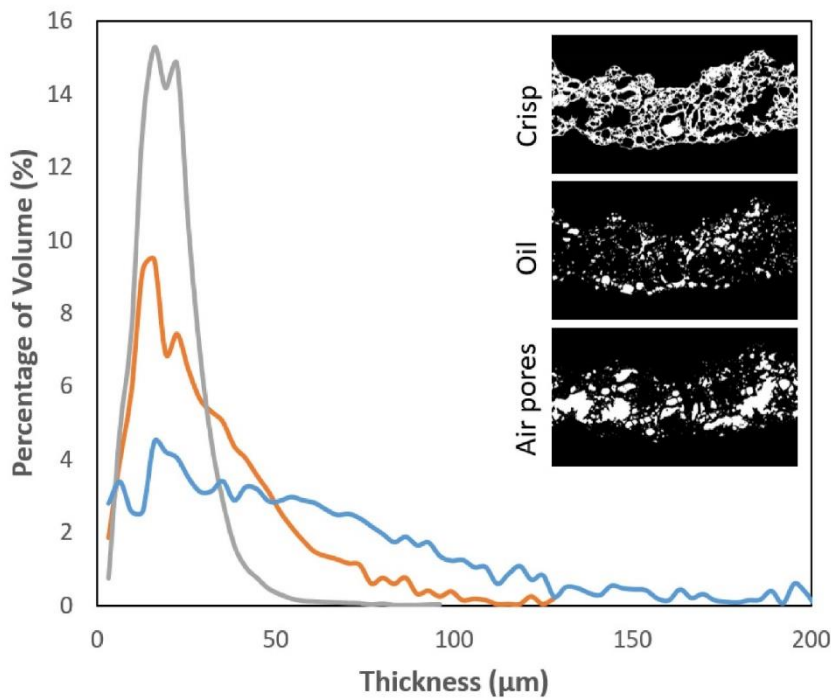
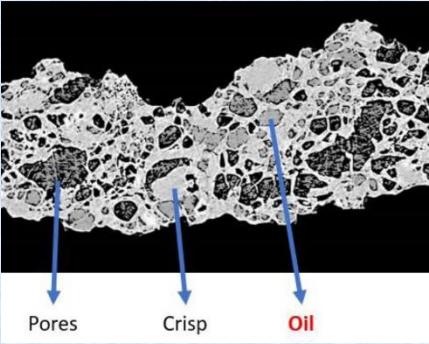
Rys.20

Lista parametrów standardowo wyznaczanych przez CTan

3D integrated analysis of all objects in VOI (all selected image levels)			3D individual analysis of all objects in the VOI (over all selected image levels)		
Parameter	Symbol	Unit	Parameter	Symbol	Unit
VOI volume	TV	mm ³	Object volume	Obj.V	mm ³
Object volume	Obj.V	mm ³	Object surface	Obj.S	mm ³
Percent object volume	Obj.V/TV	%	Volume of pores	Po.V	mm ³
VOI surface	TS	mm ²	Surface of pores	Po.S	mm ²
Object surface	Obj.S	mm ²	Porosity	Po	%
Intersection surface	i.S	mm ²	Number of pores	N.Po	
Object surface / volume ratio	Obj.S/Obj.V	mm ⁻¹	Centroid x	Crd.X	mm
Object surface density	Obj.S/TV	mm ⁻¹	Centroid y	Crd.Y	mm
Fragmentation index	Fr.I	mm ⁻¹	Centroid z	Crd.Z	mm
Centroid (x)	Crd.X	mm			
Centroid (y)	Crd.Y	mm			
Centroid (z)	Crd.Z	mm			
Structure model index	SMI				
Structure thickness	St.Th	mm			
Structure linear density	St.Li.Dn	mm			
Structure separation	St.Sp	mm ⁻¹			
Degree of anisotropy	DA				
Eigenvalue 1					
Eigenvalue 2					
Eigenvalue 3					
Fractal dimension	FD				
Number of objects	Obj.N				
Number of closed pores	Po.N(cl)				
Volume of closed pores	Po.V(cl)	mm ³			
Surface of closed pores	Po.S(cl)	mm ²			
Closed porosity (percent)	Po(cl)	%			
Volume of open pores	Po.V(op)	mm ³			
Open porosity (percent)	Po(op)	%			
Total volume of pores	Po.V(tot)	mm ³			
Total porosity (percent)	Po(tot)	%			

Default results filename	[prefix]_3D.txt/csv	Default results filename	[prefix]_i3D.txt/csv
--------------------------	---------------------	--------------------------	----------------------

Rys.22



Rys.23. Rozkłady średnic (metoda wpisywania kul) w składnikach chipsa: szkielecie, oleju i porach.

5. Oferta cenowa badań i kontakt



UNIwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy
WYDZIAŁ MECHATRONIKI

ul. Kopernika 1 p.2, 85-074 Bydgoszcz, tel. 052 32 57 612
e-mail: mechatronika@ukw.edu.pl



OFERTA CENOWA

Laboratorium Badań i Inżynierii Materiałów Porowatych				
Cennik badań mikrotomograficznych				
Lp.	Nazwa urządzenia	Rodzaj badania	Ilość	Cena netto ¹⁾
1	Mikrotomograf SkyScan 1272	Standardowe badania komercyjne próbek realizowane dla przedsiębiorstw krajowych i jednostek badawczych spoza uczelni	1	600 zł

¹⁾ Do podanych cen należy doliczyć podatek VAT.

Standardowe badania próbek obejmują następujące czynności:

- badania wykonalności,
- skanowanie trwające do 1 godziny,
- wytwarzanie skwantowanych obrazów 3D,
- wytwarzanie binarnych obrazów 3D,
- standardowa analiza obrazu.

Ze względu na dużą różnorodność oczekiwań i różny stopień złożoności zlecanych badań mikrotomograficznych, ostateczne koszty skanowania są wyceniane w ścisłej konsultacji z klientem.

PROMOCJA

1. Badania mikrotomograficzne próbek zlecone w 2023 roku przez przedsiębiorstwa są promowane możliwością dodatkowych badań realizowanych bez kosztowo w 2024 roku lub później, w liczbie 1/3 badań próbek zleconych w 2023 roku.
2. Cena jednostkowa standardowego badania mikrotomograficznego próbek opłaconych w 2023 roku przez przedsiębiorstwa, a realizowanych w 2024 roku lub później, jest o 1/3 niższa, tj. wynosi 400 zł netto.

KONTAKT

dr hab. Mieczysław Cieszko
mail: cieszko@ukw.edu.pl
tel. kom: 600 602 688