

**Praca magisterska**

**Natalia Milaniak**

Kierunek: **fizyka medyczna**

Specjalizacja: **Techniki obrazowania I biometria**

**Biodegradacja rusztowań polimerowych otrzymanych w wyniku fotopolimeryzacji na drukarce 3D**

Promotor pracy: **dr inż. Maciej Śniechowski**

**Kraków, Lipiec 2016**

Oświadczam, świadomy(-a) odpowiedzialności karnej za poświadczenie nieprawdy, że niniejszą pracę dyplomową wykonałem(-am) osobiście i samodzielnie i nie korzystałem(-am) ze źródeł innych niż wymienione w pracy.

.................................................................

(czytelny podpis)

**Recenzja Opiekuna**

**Recenzja Recenzenta**

Spis treści

[1. Wprowadzenie 5](#_Toc450818973)

[2. Skróty 5](#_Toc450818974)

[3. Kość gąbczasta 6](#_Toc450818975)

[3.1 Struktura 6](#_Toc450818976)

[3.1.1 Makroskopowa struktura 6](#_Toc450818977)

[3.1.2 Mikroskopowa struktura 6](#_Toc450818978)

[3.2 Skład chemiczny 6](#_Toc450818979)

[3.3 Właściwości mechaniczne 6](#_Toc450818980)

[3.4 Tworzenie, przebudowa i regenracja tkanki kostnej 6](#_Toc450818981)

[4. Drukarka 3D 6](#_Toc450818982)

[4.1 Proces fotopolimeryzacji 6](#_Toc450818983)

[4.2 Materiały 6](#_Toc450818984)

[4.2.1 Właściwości chemiczne 6](#_Toc450818985)

[4.2.2 Właściwości biologiczne 6](#_Toc450818986)

[5. Cele 6](#_Toc450818987)

[6. Materiały I metody 6](#_Toc450818988)

[6.1 Morfologia włókien 6](#_Toc450818989)

[6.2 Właściwości mechaniczne 6](#_Toc450818990)

[6.3 Badania hydratacji 6](#_Toc450818991)

[6.4 Degradacja rusztowań 6](#_Toc450818992)

[6.5 Fourier Transform Infrared Spectroscopy 6](#_Toc450818993)

[7. Wyniki 6](#_Toc450818994)

[7.1 Morfologia włókien 6](#_Toc450818995)

[7.2 Właściwośći mechaniczne 6](#_Toc450818996)

[7.3 Hydratacja 6](#_Toc450818997)

[7.4 Tempo degradacji 6](#_Toc450818998)

[7.5 Skutki dodania HA 6](#_Toc450818999)

[7.6 Fourier Transform Infrared Spectroscopy 6](#_Toc450819000)

[8. Wnioski 6](#_Toc450819001)

# Wprowadzenie

In the days of rapidly changing needs and exponential development of technology there is a place for medical advancement. The topic of

# Skróty

BAPO – bis acyl phosphide oxide

CT – computed tomography

DVE – divinyl ester

FTIR – Fourier Transform Infrared Spectroscopy

HA - hydroxylapatite

PEGDA – polyethylene (glycol) diacrylate

W oznaczaniu próbek:

W – utrwardzane w wodzie

BW – utwardzane bez wody

P1 – porowatość na poziomie 90%

Z1 – podstawowa mieszanka żywicza

Z2 – mieszanka żywicza z hydroksyapatytem

# Kość gąbczasta

## Struktura

### Makroskopowa struktura

### Mikroskopowa struktura

## Skład chemiczny

## Właściwości mechaniczne

## Tworzenie, przebudowa i regeneracja tkanki kostnej

# Przygotowanie żywicy

Proces przygotowania mieszanki żywiczej był wykonany samodzielnie w proporcjach i składnikach dobranych do optymalnych wartości elastyczności końcowego produktu.

Wykonano 2 mieszanki żywiczne, w celu dokonania porównania między właściwościami elastycznymi a podobieństwem do tkanki kostnej.

Mieszanka Z1 jest typową mieszanką do tworzenia żywicy o dobrych właściwościach elastycznych.

Została ona przygotowana z następujących materiałów w podanych proporcjach:

Tabela 1. Przygotowanie mieszanki Z1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Materiał | Zawartość % | Masa substancji [g] |
| DVE | 90% | 82 |
| PEGDA | 10% | 8,5 |
| BAPO | 1,5% | 1,367 |
| SUDAN I | 0,1% | 0,046 |
| SUMA |  |  |

W celu stworzenia rusztowań przypominających tkankę kostną, dodano do podstawowej mieszanki Z1 HA, w proporcjach podanych w tabeli 2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Materiał | Zawartość % | Masa substancji [g] |
| DVE | 90% | 75,8 |
| PEGDA | 10% | 8,4 |
| BAPO | 1,5% | 1,26 |
| SUDAN I | 0,1% | 0,084 |
| HA | 20% | 16,84 |
| SUMA |  | 101,04 |

# Drukarka 3D

## Proces fotopolimeryzacji

## Materiały

### Właściwości chemiczne

### Właściwości biologiczne

## Parametry drukarki

Odpowiednie ustawienie parametrów drukarki jest niezbędne w celu uzyskania materiałów o wybranych właściwościach i trwałości. W zależności od rodzaju żywicy długość naświetlania tak pierwszych warstw jak i kolejnych była różna. Wynika to z odmiennych zdolności do polimeryzacji danej mieszanki żywicznej.

Do przygotowania rusztowań z mieszanki żywicznej Z1 parametry drukowania ustawiono na:

Tabela 2. Parametry drukarki użyte przy wytwarzaniu rusztowań z mieszanki Z1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parametr | Uwagi | Wartość |
| Base | Czas utwardzania pierwszych warstwy | 1,2s |
| Over | Czas naświetlania kolejnych warstw | 0,1s |
| Attach layers | Liczba warstw utwardzanych najdłużej (fundament) | 2 |
| A base |  | 10s |
| A over |  | 0,724s |
| Unsupported Pixel Multiplier |  | 0,800 |
| Shutter open speed |  | 80% |
| Shutter close speed |  | 80% |
| Pre Exposure Delay (Settle) |  | 0,200s |
| Pre Exposure Delay (Kick) |  | 0,200s |
| Post Release Delay (Breathe) |  | 0,300s |
| CZAS DRUKOWANIA | Podczas 1 sesji drukowano 12 kostek 1mmx1mmx1mm | 1 godz. 44 min |

W przypadku drukowania rusztowań z mieszanki żywiczej Z2 parametry te należało nieco zmienić, ze względu na obecność HA.

Tabela 3. Parametry drukarki użyte przy wytwarzaniu mieszanki żywiczej Z2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Parametr | Uwagi | Wartość |
| Base | Czas utwardzania pierwszych warstwy | 4s |
| Over | Czas naświetlania kolejnych warstw | 0,2s |
| Attach layers | Liczba warstw utwardzanych najdłużej (fundament) | 2 |
| A base |  | 25s |
| A over |  | 0,724s |
| Unsupported Pixel Multiplier |  | 0,800 |
| Shutter open speed |  | 80% |
| Shutter close speed |  | 80% |
| Pre Exposure Delay (Settle) |  | 0,200s |
| Pre Exposure Delay (Kick) |  | 0,200s |
| Post Release Delay (Breathe) |  | 0,300s |
| CZAS DRUKOWANIA | Podczas 1 sesji drukowano 12 kostek 1mmx1mmx1mm | 3 godz. 15 min |

# Cele

# Materiały I metody

## Morfologia włókien

## Właściwości mechaniczne

## Badania hydratacji

## Degradacja rusztowań

W celu analizy tempa degradacji wykonano 7 testów.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Test | Temperatura | Ilość obrotów na min | Czas inkubacji | Roztwór | Testowane rusztowania |
| 1 | 37 | 300 | 4 dni | 0,05M NaOH | 0WP1Z2, 2WP1Z1, 3BWP1Z1 |
| 2 | 37 | 300 | 6 dni | 0,05M NaOH | 2WP1Z2, 3WP1Z1, 4BWP1Z1 |
| 3 | 37 | 300 | 4 dni | 1M NaOH | 5WP1Z2, 5WP1Z1, 1BWP1Z1 |
| 4 | 37 | 300 | 1 dzień | 1M NaOH | 8WP1Z2, 9WP1Z1 |
| 5a | 37 | 300 | 1 dzień | 1M NaOH | 9BWP1Z1, |
| 5b | 37 | 300 | 3 dni | 0,05M NaOH | 12WP1Z2, 9WP1Z1 |
| 6 | 37 | 300 | 12 dni | 1M NaOH | 7WP1Z1 |
| 7 | 37 | 300 | 9 dni | 0,05M NaOH | 6BWP1Z1 |

## Fourier Transform Infrared Spectroscopy

# Wyniki

## Morfologia włókien

## Właściwości mechaniczne

## Hydratacja

## Tempo degradacji

## Skutki dodania HA

## Fourier Transform Infrared Spectroscopy

# Wnioski