

Politechnika Śląska
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn

Magdalena Zorychta-Tomsia

**LASEROWE PRZETAPIANIE
PROSZKÓW SLM
W ZASTOSOWANIU NA
IMPLANTY UBYTKÓW
ŻUCHWY W OPARCIU
O NUMERYCZNE BADANIA
PRZENOSZENIA
OBCIĄŻEŃ ZGRYZOWYCH**

Gliwice 2024

Recenzenci

Prof. dr hab. inż. Leszek Klimek - Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Instytut Inżynierii Materiałowej, Uniwersytet Medyczny w Łodzi; Wydział Lekarski; Katedra Stomatologii Odtwórczej

Dr hab. inż. Sebastian Wroński, prof. AGH - Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Katedra Fizyki Materii Skondensowanej

Redaktor zeszytów

Marek Wyleżoł

Redaktor techniczny

Marek Wyleżoł

Projekt okładki

Wojciech Cholewa, Marek Wyleżoł

Zeszyt Naukowy Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn

BibTeX

```
@BOOK{, title = {Laserowe przetwarzanie proszków SLM w zastosowaniu na implanty ubytków żuchwy w oparciu o numeryczne badania przenoszenia obciążeń zgryzowych}, publisher = {Politechnika Śląska, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn}, year = {2024, author = {Zorychta-Tomsia, M.}, volume = {161}, series = {Zeszyty Naukowe}, address = {Gliwice}}
```

ISBN 978-83-60759-36-3

Wydawca

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a
44-100 Gliwice
Tel. (32) 237-14-67
<https://kpk.m.polsl.pl>

Od Autora

Zeszyt został opracowany na podstawie rozprawy doktorskiej, którą wykonałam pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jarosława Żmudzkiego oraz dr inż. Mariusza Króla. Publiczna obrona rozprawy odbyła się 15. grudnia 2023 roku przed komisją powołaną przez Radę Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej.

Składam serdeczne podziękowania recenzentom rozprawy doktorskiej prof. dr hab. inż. Leszkowi Klimkowi prof. Politechniki Łódzkiej oraz dr hab. inż. Sebastianowi Wrońskiemu prof. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie za cenne uwagi, które starałam się uwzględnić w niniejszym zeszycie.

Szczególne podziękowania składam Promotorowi pracy prof. dr hab. inż. Jarosławowi Żmudzkiemu oraz Promotorowi pomocniczemu dr inż. Mariuszowi Królowi, za możliwość podjęcia i realizacji badań, oraz za bezcenną pomoc.

Dziękuję również prof. dr hab. inż. Tomaszowi Tańskiemu, Koleżankom i Kolegom z Katedry Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, za okazaną mi pomoc i życzliwość w trakcie wykonywania badań oraz Kierownikowi Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn prof. dr hab. inż. Markowi Wyleżołowi za realizację niniejszej pracy.

Pragnę również podziękować mojemu Mężowi, Mamie oraz Siostrze bez których zarówno rozpoczęcie jak i ukończenie niniejszej pracy nie byłoby możliwe.

Monografię dedykuję mojemu Tacie.

| | |
|--|----|
| 1. WSTĘP | 7 |
| 2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA..... | 9 |
| 2.1. LASEROWE PRZETAPIANIE PROSZKU TYTANU SLM | 9 |
| 2.2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA TYTANU I JEGO STOPÓW..... | 20 |
| 2.3. BIOMECHANIKA I PRZENOSZENIE OBCIĄŻEŃ ZGRYZOWYCH W ŻUCHWIE..... | 39 |
| 2.3.1. <i>Charakterystyka układu stomatognatycznego</i> | 45 |
| 2.3.2. <i>Aktywność mięśni żuchwy, siły okluzyjne i reakcje stawowe podczas przenoszenia obciążeń zgryzowych</i> | 48 |
| 3. BADANIA WŁASNE | 62 |
| 3.1. TEZA I AKRES PRACY | 62 |
| 3.2. NUMERYCZNE SYMULACJE MES PRZENOSZENIA OBCIĄŻEŃ ZGRYZOWYCH W MATERIAŁACH IMPLANTU I W ŻUCHWIE | 65 |
| 3.3. OPTIMALIZACJA PROCESU SELEKTYWNEGO PRZETAPIANIA LASEROWEGO SLM..... | 71 |
| 3.4. CHARAKTERYSTYKA PROSZKU TYTANU Ti – GRADE 1 | 74 |
| 3.5. OBRÓBKA CIEPLNA KOMPONENTÓW TYTANOWYCH OTRZYMANÝCH W TECHNOLOGII SLM75 | |
| 3.6. OBRÓBKA POWIERZCHNIOWA KOMPONENTÓW TYTANOWYCH OTRZYMANÝCH W TECHNOLOGII SLM | 77 |
| 3.7. BADANIA STRUKTURY TYTANU | 77 |
| 3.8. BADANIE SKŁADU CHEMICZNEGO ANALIZOWANYCH MATERIAŁÓW, W TYM ZAWARTOŚCI TLENU I AZOTU | 79 |
| 3.9. POMIAR GĘSTOŚCI RZECZYWISTEJ, POZORNEJ ORAZ POROWATOŚCI OTWARTEJ TYTANU ... | 80 |
| 3.10. POMIAR POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ I ROZKŁADU ŚREDNIC PORÓW..... | 81 |
| 3.11. BADANIA WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH KOMPONENTÓW TYTANOWYCH OTRZYMANÝCH W TECHNOLOGII SLM..... | 81 |
| 3.12. BADANIA ODPORNOŚCI KOROZYJNEJ KOMPONENTÓW TYTANOWYCH OTRZYMANÝCH W TECHNOLOGII SLM | 82 |
| 3.13. BADANIA ODPORNOŚCI NA ZUŻYCIA TRIBOLOGICZNE KOMPONENTÓW TYTANOWYCH OTRZYMANÝCH W TECHNOLOGII SLM..... | 82 |

| | |
|--|-----|
| 3.14. BADANIE IMPLANTU ŻUCHWY METODĄ TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ | 86 |
| 4. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ | 87 |
| 4.1. WYNIKI ANALIZY MES | 87 |
| 4.2. WYNIKI PARAMETRÓW WARTOŚCI PROCESU SELEKTYWNEGO PRZETAPIANIA LASEROWEGO SLM..... | 97 |
| 4.3. WYNIKI BADAŃ PROSZKU TYTANU Ti – GRADE 1 | 99 |
| 4.4. WYNIKI BADAŃ STRUKTURY OTRZYMANYCH KOMPONENTÓW TECHNOLOGIĄ SLM..... | 101 |
| 4.5. WYNIKI BADAŃ SKŁADU CHEMICZNEGO PRÓBEK, W TYM ZAWARTOŚCI TLENU I AZOTU | 112 |
| 4.6. WYNIKI POMIARU GĘSTOŚCI RZECZYWISTEJ, POZORNEJ ORAZ POROWATOŚCI OTWARTEJ TYTANU | 113 |
| 4.7. WYNIKI POMIARU POWIERZCHNI WŁAŚCIWEJ I ROZKŁADU ŚREDNIC PORÓW..... | 115 |
| 4.8. WYNIKI BADAŃ WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH KOMPONENTÓW TYTANOWYCH OTRZYMANYCH W TECHNOLOGII SLM..... | 121 |
| 4.9. WYNIKI BADAŃ ODPORNOŚCI KOROZYJNEJ KOMPONENTÓW TYTANOWYCH OTRZYMANYCH W TECHNOLOGII SLM..... | 126 |
| 4.10. WYNIKI BADAŃ ODPORNOŚCI NA ZUŻYCIA TRIBOLOGICZNE KOMPONENTÓW TYTANOWYCH OTRZYMANYCH W TECHNOLOGII SLM | 129 |
| 4.11. WYTWORZENIE PERSONALIZOWANEGO IMPLANTU ŻUCHWY | 140 |
| 4.12. WYNIKI ANALIZY IMPLANTU ŻUCHWY METODĄ TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ | 141 |
| 5. DYSKUSJA | 145 |
| WNIOSKI | 159 |
| LITERATURA..... | 161 |
| STRESZCZENIE | 188 |
| ABSTRACT | 189 |