

Wpływ rodzaju masy formierskiej i parametrów procesu druku 3D metodą FDM/FFF na degradację oraz możliwości recyklingu polimerowych modeli odlewniczych

Sylwia Żymankowska-Kumon

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Odlewnictwa

Wydawnictwo Naukowe
AKAPIT

Kraków 2025

Recenzenci:

dr hab. inż. Andrzej Trytek, prof. PRz

dr hab. inż. Jan Jezierski, prof. PŚ

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Projekt badawczy finansowany ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” w AGH w Krakowie.

© Copyright by Wydawnictwo Naukowe AKAPIT, Kraków 2025
Printed in Poland

ISBN 978-83-65955-90-6

SKŁAD I Druk:



Wydawnictwo Naukowe „Akapit”, Kraków

Tel. 608 024 572

e-mail: wn@akapit.krakow.pl; www.akapit.krakow.pl

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	5
2. Druk 3D jako technologia przyszłości	6
2.1. KRÓTKI RYS HISTORYCZNY TECHNOLOGII PRZYROSTOWYCH.....	6
2.2. WYBRANE WSPÓŁCZESNE TECHNIKI DRUKU 3D	8
2.3. MATERIAŁY STOSOWANE W DRUKU 3D METODĄ FDM – POLIMERY I KOMPOZYTY.....	12
3. WYZWANIA ŚRODOWISKOWE I GOSPODARKA OBIEGU ZAMKNIĘTEGO.....	16
3.1. GENEROWANIE ODPADÓW W PROCESACH DRUKU 3D	16
3.2. ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ I ODPOWIEDZIALNE GOSPODAROWANIE ZASOBAMI W DRUKU 3D	18
3.3. TECHNOLOGIE RECYKLINGU DRUKU 3D.....	21
4. MODELE ODLEWNICZE DRUKOWANE W TECHNOLOGII 3D I ICH INTERAKCJA Z MASAMI FORMIERSKIMI	23
4.1. ZNACZENIE MODELI ODLEWNICZYCH.....	23
4.2. MODELE ODLEWNICZE W RÓŻNYCH METODACH FORMOWANIA	24
4.3. INTERAKCJA MODELI POLIMEROWYCH Z PIASKOWYMI MASAMI FORMIERSKIMI	25
5. CHARAKTERYSTYKA SPOIW ORGANICZNYCH I NIEORGANICZNYCH W MASACH FORMIERSKICH.....	26
5.1. SPOIWA ORGANICZNE	26
5.2. SPOIWA NIEORGANICZNE.....	26
5.3. DEGRADACJA MODELI POLIMEROWYCH W KONTAKCIE Z MASAMI FORMIERSKIMI I W PROCESACH ODLEWNICZYCH	27
6. ANALIZA STANU ZAGADNIENIA – TEZY PRACY	30
7. CEL I ZAKRES PRACY.....	31
8. PARAMETRY DRUKU 3D DLA PROCESU FDM/FFF W KONTEKŚCIE MODELI ODLEWNICZYCH	32
8.1. METODYKA BADAŃ	32
8.2. WYNIKI BADAŃ.....	34
9. WPŁYW RODZAJU MASY FORMIERSKIEJ NA STOPIEŃ DEGRADACJI I ZANIECZYSZCZENIA POWIERZCHNI POLIMEROWYCH MODELI ODLEWNICZYCH WYKONANYCH METODĄ FDM/FFF	39
9.1. METODYKA BADAŃ	39
9.2. WYNIKI BADAŃ.....	41

10. METODY BADAŃ PRODUKTÓW DEGRADACJI I ZMIAN W STRUKTURZE POLIMEROWYCH MODELI ODLEWNICZYCH.....	59
10.1. ANALIZA TERMICZNA (TG-TA-DTG, DSC).....	59
10.1.1. METODYKA BADAŃ.....	59
10.1.2. WYNIKI BADAŃ.....	60
10.2. ANALIZA SPEKTROSKOPOWA ATR-FTIR POLIMEROWYCH MODELI ODLEWNICZYCH.....	72
10.2.1. METODYKA BADAŃ.....	73
10.2.2. WYNIKI BADAŃ.....	73
10.3. PIROLITYCZNA CHROMATOGRAFIA GAZOWA SPRZĘŻONA ZE SPEKTROMETRIĄ MAS (PY-GC/MS)	78
10.3.1. METODYKA BADAŃ.....	78
10.3.2. WYNIKI BADAŃ.....	79
11. RECYKLING POLIMEROWYCH MODELI ODLEWNICZYCH WYKONANYCH METODĄ FDM/FFF	82
11.1. METODYKA BADAŃ	82
11.2. WYNIKI BADAŃ.....	83
12. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE	97
LITERATURA.....	99
SPIS TABEL.....	112
SPIS RYSUNKÓW	113
STRESZCZENIE.....	117
SUMMARY	119