

# Spis treści

<b>1. Wstęp</b>	<b>5</b>
<b>2. Badania właściwości mechanicznych materiałów w warunkach obciążenia złożonego o różnym charakterze</b>	<b>9</b>
2.1. Wpływ złożonego obciążenia na właściwości mechaniczne materiałów konstrukcyjnych.....	10
2.2. Mikrostrukturalne mechanizmy w materiałach konstrukcyjnych wynikające z działania obciążenia eksploatacyjnego.....	23
2.2.1. Przykłady wybranych mechanizmów uszkodzenia i sposoby ich modelowania.....	30
<b>3. Współczesne problemy związane z badaniami właściwości mechanicznych materiałów</b>	<b>33</b>
3.1. Stanowiska do badania właściwości wytrzymałościowych materiałów konstrukcyjnych.....	33
3.1.1. Próbkki niestandardowe stosowane w badaniach ciała stałego.....	37
3.1.2. Próbkki rurkowe do badania plastycznego płynięcia.....	37
3.1.3. Próbkki stosowane w badaniach pełzania.....	39
3.1.4. Minipróbkki stosowane w badaniach właściwości mechanicznych materiałów konstrukcyjnych.....	42
3.1.5. Próbkki krzyżowe do badania plastycznego płynięcia i pełzania.....	46
3.1.5.1. Sposoby mocowania próbek krzyżowych w maszynach wytrzymałościowych.....	56
3.1.5.2. Pomiar odkształcenia w badaniach prowadzonych na próbkach krzyżowych.....	58
3.2. Komputerowe wspomaganie projektowania próbek do badania materiałów w złożonym stanie naprężenia.....	59
<b>4. Wybrane techniki identyfikacji wpływu prostego i złożonego stanu naprężenia na właściwości mechaniczne materiałów</b>	<b>65</b>
4.1. Definicje granicy plastyczności.....	65
4.2. Warunki plastyczności.....	67
4.2.1. Warunki plastyczności dla ciał izotropowych.....	67
4.2.2. Warunki plastyczności dla ciał anizotropowych.....	70
4.3. Określanie anizotropowych właściwości blach na podstawie jednoosiowego rozciągania.....	75
4.4. Linia wpływu odkształcenia plastycznego.....	75
4.5. Wyznaczanie powierzchni plastyczności.....	77
4.6. Wybrane teoretyczne podejścia do opisu wpływu złożonego obciążenia na właściwości mechaniczne materiałów konstrukcyjnych.....	83
4.6.1. Zastosowanie ewolucji powierzchni plastyczności do opisu zmian właściwości mechanicznych.....	83
4.6.2. Wykorzystanie zagadnień lepkoplastyczności do opisu zmian właściwości mechanicznych materiałów.....	87
4.7. Elementy techniki projektowania nieproporcjonalnego obciążenia cyklicznego (NOC).....	90
4.7.1. Analiza numeryczna wybranych przypadków obciążenia nieproporcjonalnego złożonego z siły osiowej i momentu skręcającego.....	91

<b>5. Przykłady badań przy proporcjonalnym i nieproporcjonalnym obciążeniu cyklicznym</b>	<b>97</b>
5.1. Program badań przy proporcjonalnym i nieproporcjonalnym obciążeniu cyklicznym stopu PA7 .....	98
5.2. Wybrane szczegóły techniki badawczej.....	100
5.3. Wpływ proporcjonalnej deformacji o charakterze cyklicznym na właściwości mechaniczne stopu PA7 .....	102
5.3.1. Określanie efektów wywołanych proporcjonalnym obciążeniem cyklicznym .....	102
5.3.1.1. Badania przy obciążeniu wzdłuż ścieżki rozciąganie–ściskanie.....	102
5.3.1.2. Badania przy obciążeniu wzdłuż ścieżki rewersyjnego skręcania	104
5.3.1.3. Badania przy obciążeniu wzdłuż ścieżki rozciąganie–ściskanie z rewersyjnym skręcaniem.....	106
5.3.2. Ocena zmian właściwości mechanicznych materiału na podstawie ewolucji powierzchni plastyczności.....	109
5.3.2.1. Wyniki dla ścieżki rozciąganie–ściskanie.....	109
5.3.2.2. Wyniki dla ścieżki rewersyjnego skręcania .....	111
5.3.2.3. Wyniki dla ścieżki rozciąganie–ściskanie z rewersyjnym skręcaniem.....	112
5.4. Wpływ nieproporcjonalnej deformacji cyklicznej na właściwości mechaniczne stopu PA7 .....	114
5.4.1. Efekty wywołane nieproporcjonalnym obciążeniem cyklicznym.....	115
5.4.1.1. Ścieżka w kształcie okręgu.....	115
5.4.1.2. Ścieżka w kształcie kwadratu .....	116
5.4.2. Przebiegi zmian odkształcenia oraz naprężenia efektywnego.....	119
5.4.3. Analiza zmian właściwości mechanicznych materiału na podstawie ewolucji powierzchni plastyczności.....	122
5.4.3.1. Ścieżka w kształcie okręgu.....	122
5.4.3.2. Ścieżka w kształcie kwadratu .....	124
<b>6. Efekty związane z cyklicznym obciążeniem proporcjonalnym i nieproporcjonalnym</b>	<b>127</b>
6.1. Analiza sygnałów odkształcenia i naprężenia z cyklicznych, proporcjonalnych i nieproporcjonalnych ścieżek obciążenia.....	127
6.1.1. Ścieżka rozciąganie–ściskanie z rewersyjnym skręcaniem .....	127
6.1.2. Ścieżka w kształcie okręgu .....	128
6.1.3. Ścieżka w kształcie kwadratu.....	130
6.2. Zmiany amplitudy sygnałów naprężenia w zależności od wartości efektywnej amplitudy odkształcenia podczas deformacji cyklicznej proporcjonalnej i nieproporcjonalnej.....	131
6.3. Wpływ kształtu ścieżki obciążenia na właściwości stopu PA7 .....	134
6.4. Zmiany właściwości mechanicznych materiału przy jednakowej wartości efektywnej amplitudy odkształcenia .....	137
<b>7. Efekty obserwowane w materiałach poddawanych kombinacjom obciążenia monotonicznego i cyklicznego</b>	<b>145</b>
7.1. Wyniki badań dla stopu aluminium PA7 .....	149
7.2. Wyniki badań dla stali P91 .....	156
7.3. Wyniki badań dla miedzi M1E.....	158
<b>8. Podsumowanie</b>	<b>161</b>
<b>Literatura</b>	<b>165</b>