

Spis treści

Streszczenie	9
Summary	10
Objaśnienia symboli i skrótów	11
Stosowane oznaczenia	11
Stosowane skróty	13
Wprowadzenie	15
1. Podstawowe zjawiska obserwowane w badaniach	
rozwoju pęknięć zmęczeniowych	19
1.1. Sposoby opisu prędkości rozwoju pęknięć zmęczeniowych	19
1.2. Zjawisko zamykania się pęknięcia	22
1.3. Znaczenie mechanizmu zamykania się pęknięcia	25
1.3.1. Efekt współczynnika asymetrii cyklu	25
1.3.2. Efekty interakcji obciążeń	27
1.3.3. Efekt grubości elementu i własności mechanicznych materiału	29
1.3.4. Efekt krótkiego pęknięcia	30
2. Deterministyczne modele do prognozowania rozwoju pęknięć	31
2.1. Ogólna charakterystyka deterministycznych modeli rozwoju pęknięć zmęczeniowych	31
2.2. Modele ekwiwalentnych zakresów <i>WIN</i>	33
2.3. Modele liniowe	34
2.4. Modele oparte na analizie strefy plastycznej przed frontem pęknięcia	36
2.5. Półempiryczne modele zamykania się pęknięcia	38
2.6. Model pasmowego płynięcia	43
2.7. Modele oparte na analizie resztkowych naprężeń	45
2.8. Modele <i>MES</i>	47
2.9. Podsumowanie	49

3. Kluczowe aspekty modelu pasmowego płynięcia	50
3.1. Współczynniki skrzepowania i ich rola w modelu <i>SY</i>	50
3.2. Wyznaczanie naprężeń i odkształceń elementów pasma plastycznego	60
3.3. Parametry stosowane do opisu prędkości pęknięcia	66
4. Ocena implementacji modelu pasmowego płynięcia w oprogramowaniu NASGRO	72
4.1. Charakterystyka oprogramowania NASGRO	73
4.2. Zastosowanie modeli <i>SY-NASGRO</i> do lotniczych stopów aluminium	74
4.2.1. Dane eksperymentalne	75
4.2.2. Prognozowanie rozwoju pęknięć zmęczeniowych dla lotniczego stopu aluminium D16	79
4.2.3. Prognozowanie rozwoju pęknięć zmęczeniowych dla lotniczego stopu aluminium 2024-T3	89
4.3. Zastosowanie modeli <i>SY-NASGRO</i> do stali konstrukcyjnej	96
4.4. Podsumowanie i wnioski	102
5. Charakterystyka opracowanego modelu <i>SY</i>	105
5.1. Algorytm modelu <i>SY</i>	105
5.1.1. Obliczanie strefy plastycznej	107
5.1.2. Obliczanie naprężeń i długości elementów pasma plastycznego	110
5.2. Dyskretyzacja pasma plastycznego	110
5.2.1. Ogólna koncepcja dyskretyzacji	111
5.2.2. Modyfikacja długości przerwanych elementów	112
5.2.3. Nadawanie długości elementom po redyskretyzacji	114
5.3. Wyznaczanie charakterystycznych zakresów zmian <i>WIN</i>	115
5.4. Dobór optymalnych parametrów modelu <i>SY</i>	120
5.4.1. Liczba elementów przerywanych w jednym kroku obliczeń	121
5.4.2. Szerokość elementów przed frontem pęknięcia	122
5.4.3. Liczba elementów o stałej szerokości przed frontem pęknięcia	124
5.4.4. Liczba przerywanych elementów, których szerokość nie jest modyfikowana	124
5.4.5. Wartość ilorazu ciągu geometrycznego, według którego zwiększana jest szerokość elementów przed frontem pęknięcia	124
5.4.6. Wartość ilorazu ciągu geometrycznego, według którego zwiększana jest szerokość elementów za frontem pęknięcia	125
5.4.7. Skutek uwzględnienia odkształceń sprężystych materiału oraz modyfikacji pierwszego przerwanych elementu	125
5.4.8. Parametry numeryczne i opcje obliczeń przyjęte w opracowanym modelu <i>SY</i>	127

6. Kalibracja opracowanego modelu SY do stali konstrukcyjnej	129
6.1. Specyficzne własności stali konstrukcyjnych obserwowane w procesie rozwoju pęknięć zmęczeniowych	129
6.2. Kalibracja modelu SY z wykorzystaniem jednego współczynnika skrępowania $\alpha_t > 1$ ($\alpha_c = \alpha_w = 1$)	132
6.3. Proponowana koncepcja kalibracji modelu SY	133
6.3.1. Eksperymentalne wyznaczenie pętli $S-\varepsilon_{offset}$ i poziomu otwarcia pęknięcia	133
6.3.2. Wyznaczanie pętli $S-\varepsilon_{offset}$ oparte na wynikach obliczeń modelu SY	136
6.4. Dobór współczynników skrępowania w przypadku obciążeń stałoamplitudowych	138
6.5. Dobór współczynników skrępowania w strefie wpływu przecięcia	140
6.6. Podsumowanie	141
7. Zastosowanie opracowanego modelu SY do prognozowania rozwoju pęknięć zmęczeniowych w stali konstrukcyjnej	143
7.1. Wyniki symulacji rozwoju pęknięć przy obciążeniach stałoamplitudowych	143
7.2. Wyniki symulacji rozwoju pęknięć przy obciążeniach zmięnoamplitudowych ...	146
7.3. Ocena wyników otrzymanych przy użyciu opracowanego modelu SY	150
7.4. Dyskusja i kierunki dalszych prac	152
8. Wnioski końcowe	156
8.1. Badania eksperymentalne	156
8.2. Wybór modelu teoretycznego do prognozowania rozwoju pęknięć zmęczeniowych	157
8.3. Ocena oprogramowania <i>NASGRO</i>	158
8.4. Własna implementacja modelu pasmowego płynięcia	158
8.4.1. Optymalizacja opracowanego modelu SY	159
8.4.2. Kalibracja autorskiego modelu SY	159
8.4.3. Weryfikacja autorskiego modelu SY	160
Literatura	162