

SPIS TREŚCI

Spis ważniejszych oznaczeń	9
1. Wprowadzenie	13
2. Modelowanie konstytutywne w ramach nieliniowej teorii sprężystości, plastyczności i hipersprężystości	19
2.1. Funkcje skalarne i tensorowe symetrycznego tensora drugiego rzędu	20
2.1.1. Niezmienniki symetrycznego tensora drugiego rzędu	20
2.1.2. Pochodne niezmienników i funkcje tensorowe drugiego rzędu	23
2.1.3. Pochodne tensorów drugiego rzędu i funkcje tensorowe czwartego rzędu	25
2.2. Podstawowe pojęcia, opisy i zależności mechaniki ośrodka ciągłego	27
2.2.1. Konfiguracje i opis ruchu ciała odkształcalnego	28
2.2.2. Deformacja i odkształcenie ciała	30
2.2.3. Naprężenia w odkształconym ciele	33
2.2.4. Obiektywność pól tensorowych i ich pochodnych	35
2.2.5. Zasady zachowania i prawa termodynamiki	37
2.2.6. Modelowanie właściwości mechanicznych materiałów	40
2.3. Nieliniowa sprężystość określona potencjałem	42
2.4. Idealna plastyczność definiowana potencjałami	47
2.4.1. Zastosowanie funkcji dyssypacji	48
2.4.2. Plastyczność zdefiniowana potencjałem plastyczności	51
2.5. Schemat formułowania relacji konstytutywnych sprężysto-plastyczności	53
2.6. Modelowanie materiałów hipersprężystych na podstawie energii sprężystej	56
3. O uporządkowaniu pierwiastków wybranych równań algebraicznych	59
3.1. Równanie przecinających się prostych	59
3.2. Równanie dwóch równoległych prostych	60
3.3. Opis trójkątów równobocznych	63
3.4. Równania kwadratów	66
3.5. Opis rombu	70
3.6. Równania sześcioboków foremnych	73
3.7. Opis sześcioboku o trzech osiach symetrii	77
4. Metoda konstrukcji gładkich funkcji kształtu	83
4.1. Krzywe drugiego i czwartego stopnia o dwóch lub czterech osiach symetrii	84
4.2. Regularyzacja hiperboliczna połączenia przecinających się prostych	85
4.3. Regularyzacja eliptyczna prostych równoległych	86
4.4. Reprezentacja krzywych czwartego stopnia o symetrii kwadratu	89

4.5.	Krzywe w postaci wygładzonego rombu	94
4.6.	Krzywe trzeciego i szóstego stopnia o trzech lub sześciu osiach symetrii	99
4.7.	Reprezentacja krzywych z trzema osiami symetrii	101
4.8.	Wygładzenie sześcioboków foremnych	105
4.9.	Krzywe w kształcie wygładzonego sześcioboku o trzech osiach symetrii	107
5.	Konstrukcje potencjałów w jednowymiarowej nieliniowej sprężystości	112
5.1.	Materiał miękący o symetrycznym zachowaniu	113
5.2.	Model materiału usztywniającego się o symetrycznym zachowaniu	118
5.3.	Materiał wzmacniający się o symetrycznym zachowaniu	120
5.4.	Model miękącego materiału o niesymetrycznym zachowaniu	123
5.5.	Model usztywniającego się materiału o niesymetrycznym zachowaniu	127
5.6.	Model materiału o dwuetapowym zachowaniu	128
5.7.	Materiał o różnych modułach na rozciąganie i ściskanie	131
6.	Konstrukcje potencjałów w ramach teorii nieliniowej sprężystości	136
6.1.	Uogólnienie na część kulistą jednowymiarowego modelu materiału miękącego	137
6.2.	Uogólnienie na część dewiatorową jednowymiarowego materiału miękącego	139
6.3.	Wybrane uogólnienia modeli jednowymiarowych na modele przestrzenne	141
6.4.	Asymetryczny, podwójnie asymptotyczny model nieliniowej sprężystości	144
6.5.	Dualne potencjały i relacje konstytutywne nieliniowego materiału sprężystego ze sprzężeniem stanów kulistych i dewiatorowych	148
6.6.	Relacja konstytutywna materiału o różnych modułach sztywności objętościowej	154
6.7.	Model materiału o różnych modułach sztywności postaciowej	159
7.	Wybrane zastosowania modeli nieliniowej sprężystości	166
7.1.	Aplikacja związków jednowymiarowych w prętach obciążonych osiowo	167
7.2.	Belki z materiałów nieliniowo sprężystych	169
7.3.	Rozwiązania zagadnień brzegowych belek nieliniowo sprężystych	174
7.3.1.	Rozwiązanie belki swobodnie podpartej obciążonej siłą w środku	175
7.3.2.	Rozwiązania numeryczne aluminiowych belek swobodnie podpartych	179
7.4.	Model nieliniowej sprężystości stopów aluminium	182
7.4.1.	Funkcji jednostkowej energii sprężystej	182
7.4.2.	Cechy relacji konstytutywnej nieliniowej sprężystości	184
7.4.3.	Tensory sztywności siecznej i stycznnej materiału	186
7.4.4.	Wyznaczenie parametrów materiałowych	187
7.5.	Implementacja modelu stopów aluminium w środowisku Abaqus	189
7.5.1.	Pręt obciążony ciężarem własnym	190
7.5.2.	Stateczność globalna pręta z imperfekcją kształtu	192
8.	Konstrukcje potencjałów do opisu plastyczności	194
8.1.	Warunek plastyczności i relacje konstytutywne metali porowatych	196
8.1.1.	Definicja warunku plastyczności	196
8.1.2.	Relacja konstytutywna plastyczności i funkcja dyssypacji	198
8.1.3.	Wyznaczenie parametrów modelu i płaski stan naprężenia	200
8.1.4.	Relacja konstytutywna sprężysto-plastyczności	203
8.2.	Gładki warunek plastyczności żeliwa	203
8.2.1.	Kształt przekrojów dewiatorowego i południkowego powierzchni	205
8.2.2.	Wyznaczenie parametrów i prezentacja graficzna powierzchni	206

8.3.	Konstrukcje gładkich otwartych powierzchni obrotowych	209
8.3.1.	Wyglądzenie powierzchni stożkowej Druckera-Pragera	209
8.3.2.	Powierzchnia złożona z części dwóch stożków lub hiperboloid	210
8.3.3.	Wyglądzenie powierzchni złożonej z dwóch stożków lub hiperboloid	212
8.4.	Gładkie nieobrotowe otwarte powierzchnie plastyczności o zmiennym przekroju dewiatorowym	214
8.4.1.	Gładkie funkcje kształtu przekrojów dewiatorowych	214
8.4.2.	Powierzchnie złożone z dwóch stożków albo hiperboloid nieobrotowych	217
8.4.3.	Wyglądzone powierzchnie złożone z dwóch stożków albo hiperboloid	218
8.5.	Konstrukcje gładkich zamkniętych powierzchni plastyczności	219
8.6.	Konstrukcje potencjałów dyssypacji zależnych od trzech niezmienników	223
8.6.1.	Dyssypacja dla obrotowych warunków plastyczności	224
8.6.2.	Dyssypacja zależna od trzech niezmienników	227
8.6.3.	Wybrane modyfikacje dyssypacji zależnej od trzech niezmienników	232
9.	Potencjały i relacje konstytutywne hipersprężystości	234
9.1.	Model jednowymiarowy z regularyzacją dwoma parametrami	235
9.2.	Model przestrzenny materiału nieściśliwego	242
9.3.	Model konstytutywny hipersprężystości izotropowego aluminium	255
9.3.1.	Jednostkowa energia sprężysta	256
9.3.2.	Relacja konstytutywna materiału hipersprężystego	258
9.3.3.	Tensory stycznej sztywności materiału	259
9.3.4.	Wyznaczenie parametrów materiałowych dla stopów aluminium	263
10.	Podsumowanie	266
	Literatura	270
	Streszczenie	281
	Summary. Construction and application of smooth potentials in models of nonlinearly elastic, plastic and hyperelastic isotropic materials	283