

Spis treści

Wykaz symboli	9
1 Wstęp	17
2 Kontakt adhezyjny i podstawy matematyczne algorytmów zaimplementowanych w programie Marc	21
2.1. Zagadnienie kontaktu adhezyjnego	21
2.2. Aktualny stan wiedzy	27
2.3. Definicja Metody Elementów Skończonych (MES)	31
2.4. Implementacja MES w programie Marc	33
2.4.1. Wybrane bryłowe elementy skończone	34
2.4.2. Równania konstytutywne materiału sprężysto-plastycznego	40
2.4.3. Algorytmy kontaktu	41
2.4.3.1. Kontakt node-to-segment	46
2.4.3.2. Kontakt segment-to-segment	52
2.5. Podsumowanie	60
3 Wybór algorytmu kontaktu adhezyjnego	63
3.1. Modele dyskretnie	63
3.1.1. Modele referencyjne	67
3.1.2. Modele z zagadnieniem kontaktu	69
3.1.2.1. Modele z równomierną gęstością siatki	70
3.1.2.2. Modele o nierównomiernej gęstości siatki	78
3.2. Badania wpływu algorytmu kontaktu adhezyjnego na wyniki	86
3.3. Podsumowanie	87

4 Metoda odwzorowania kontaktu adhezyjnego w analizach numerycznych	95
4.1. Podsumowanie	102
5 Przykłady zastosowania metody odwzorowania kontaktu adhezyjnego w analizach numerycznych	103
5.1. Test jednoosiowego ściskania warstwowego kompozytu włóknistego	104
5.1.1. Etap 1: Zdefiniowanie celu analizy numerycznej	104
5.1.2. Etap 2: Określenie cech charakterystycznych układu	105
5.1.3. Etap 3: Przygotowanie danych do obliczeń numerycznych	105
5.1.3.1. <i>Określenie parametrów materiałów</i>	105
5.1.3.2. <i>Stopień dokładności modelu</i>	109
5.1.4. Etap 4: Utworzenie modelu numerycznego	109
5.1.5. Etap 5: Analiza wrażliwości modelu	113
5.1.5.1. <i>Analiza wpływu typu i liczby elementów skończonych</i>	113
5.1.5.2. <i>Analiza wpływu wprowadzenia algorytmu kontaktu adhezyjnego</i>	117
5.1.6. Etap 6: Walidacja modelu numerycznego	122
5.1.7. Etap 7: Interpretacja wyników analizy	122
5.2. Modelowanie i analizy MES metalowo-kompozytowej części konstrukcyjnej	125
5.2.1. Etap 1: Zdefiniowanie celu analizy numerycznej	126
5.2.2. Etap 2: Określenie cech charakterystycznych układu	126
5.2.3. Etap 3: Przygotowanie danych do obliczeń numerycznych	127
5.2.4. Etap 4: Utworzenie modelu numerycznego	128
5.2.5. Etap 5: Analiza wrażliwości modelu	131
5.2.6. Etap 6: Walidacja modelu numerycznego	131
5.2.7. Etap 7: Interpretacja wyników analizy	132
5.3. Podsumowanie	133
6 Wnioski końcowe	135
6.1. Uwagi praktyczne wykorzystania programu Marc	136
6.2. Przykład pułapki analiz numerycznych	137

Załącznik A: Rozwój algorytmów kontaktu w programie Marc	141
Załącznik B: Bryłowy element skończony o właściwościach kompozytu warstwowego	159
Literatura	165
Spis rysunków	175
Spis tabel	181