

---

# Spis treści

---

## Przedmowa 9

---

## 1. Wprowadzenie do zagadnień konstrukcji cienkościennych 13

*Maria Kotelko*

---

1.1. Konstrukcje cienkościenne stosowane we współczesnej technice	13
1.2. Charakterystyka pracy konstrukcji cienkościennej	18
1.3. Nośność graniczna konstrukcji cienkościennych	21
Literatura do rozdziału 1	23

---

## 2. Podstawy teorii ciał sztywno-plastycznych 25

*Maria Kotelko*

---

2.1. Wprowadzenie	25
2.2. Model ciała sztywno-plastycznego	26
2.3. Warunek plastyczności – kryteria uplastycznienia	29
2.4. Zasady ekstremalne	32
2.5. Teoria sztywno-plastyczna zastosowana do konstrukcji cienkościennych	35
Literatura do rozdziału 2	37

---

## 3. Moment nośny w załamie plastycznym 39

*Maria Kotelko*

---

3.1. Pełny moment plastyczny	39
3.1.1. Pełny moment plastyczny dla materiału ortotropowego	40
3.1.2. Pełny moment plastyczny w ścianie wielowarstwowej	41
3.2. Redukcja momentu plastycznego	42

3.2.1. Pasma płytowe poddane równomiernemu ściskaniu	— 42
3.2.2. Pasma płytowe poddane zginaniu tarczowemu	— 45
<b>3.3. Moment nośny dla materiału sztywno-plastycznego ze wzmocnieniem liniowym</b>	<b>48</b>
3.3.1. Pełny moment plastyczny dla materiału izotropowego	— 48
3.3.2. Zredukowany moment plastyczny dla materiału izotropowego	— 50
3.3.3. Pełny moment plastyczny dla materiału ortotropowego	— 51
<b>Literatura do rozdziału 3</b>	<b>53</b>

---

## **4. Energia odkształcenia plastycznego rozpraszana w mechanizmie plastycznym** **55**

*Maria Kotelko*

4.1. Wprowadzenie	55
4.2. Stacjonarne linie zgięcia plastycznego	57
4.3. Przeguby wędrujące	58
4.4. Niestacjonarne linie zgięcia plastycznego	59
4.5. Energia odkształcenia plastycznego w konstrukcjach ortotropowych	61
<b>Literatura do rozdziału 4</b>	<b>62</b>

---

## **5. Metoda elementów skończonych zastosowana do zagadnień nośności i mechanizmów zniszczenia konstrukcji cienkościennych** **65**

*Tomasz Kubiak, Radosław J. Mania*

5.1. Typ elementu	67
5.2. Własności materiałowe	68
5.3. Sposób dyskretyzacji – gęstość siatki elementów	72
5.4. Warunki brzegowe	76
5.5. Sposób rozwiązania	78
<b>Literatura do rozdziału 5</b>	<b>79</b>

---

## **6. Mechanizmy zniszczenia w cienkich płytach ściskanych i zginanych** **81**

*Maria Kotelko*

6.1. Podstawowe mechanizmy zniszczenia w pasmach płytowych ściskanych mimośrodowo	81
6.2. Mechanizmy zniszczenia w płytach ściskanych	88
6.3. Mechanizm zniszczenia w płycie wielowarstwowej poddanej równomiernemu ściskaniu	94
6.3.1. Płyta trójwarstwowa z rdzeniem jednorodnym	— 94

6.3.2. Płyta trójwarstwowa z rdzeniem ulowym — 97	
6.4. Mechanizmy zniszczenia w tarczach poddanych zginaniu _____	99
Literatura do rozdziału 6 _____	100

---

## 7. Mechanizmy zniszczenia w słupach ściskanych 103

*Maria Kotelko*

7.1. Wprowadzenie _____	103
7.2. Podstawowe mechanizmy zniszczenia w słupach o przekrojach otwartych _____	106
7.2.1. Mechanizm CW1 w prętach o przekroju ceowym — 107	
7.2.2. Mechanizm CF1 w pręcie o przekroju ceowym — 109	
7.2.3. Nośność w fazie zniszczenia ortotropowego pręta ceowego — 112	
7.2.4. Nośność w fazie zniszczenia wielowarstwowego pręta ceowego — 113	
7.3. Mechanizmy zniszczenia w słupach o przekrojach otwartych wzmocnionych żebrami końcowymi _____	114
7.4. Nośność graniczna słupów ściskanych _____	117
7.4.1. Nośność graniczna prętów stalowych poddanych ściskaniu — 118	
7.4.2. Nośność graniczna pręta kompozytowego — 123	
Literatura do rozdziału 7 _____	124

---

## 8. Mechanizmy zniszczenia w dźwigarach zginanych 127

*Maria Kotelko*

8.1. Mechanizmy zniszczenia w dźwigarach o przekroju dwuteowym _____	127
8.2. Mechanizmy zniszczenia w dźwigarach skrzynkowych _____	129
8.2.1. Dźwigary o przekroju prostokątnym — 134	
8.2.2. Dźwigary o przekroju trapezowym — 135	
8.2.3. Dźwigary o przekroju trójkątnym — 135	
8.2.4. Energia odkształcenia plastycznego w dźwigarach skrzynkowych — 138	
8.2.5. Dźwigary o przekroju otwartym — 141	
8.3. Zniszczenie środnika wskutek działania obciążeń skupionych _____	142
8.4. Nośność graniczna dźwigarów skrzynkowych _____	145
8.4.1. Dźwigar o ścianach izotropowych — 146	
8.4.2. Dźwigar o ścianach ortotropowych — 149	
8.4.3. Dźwigar o ścianach wielowarstwowych — 151	
Literatura do rozdziału 8 _____	153

---

## 9. Rozpraszanie energii w ustrojach cienkościennych 155

*Maria Kotelko, Sebastian Lipa*

9.1. Wprowadzenie _____	155
9.1.1. Rys historyczny — 155	

9.1.2. Stan wiedzy o urządzeniach cienkościennych – absorberach energii —	156
9.1.3. Cienkościenne absorbery energii jako elementy nadwozia samochodu lub barier ochronnych —	164
<b>9.2. Mechanizmy zniszczenia w słupach o przekroju zamkniętym</b> _____	<b>172</b>
9.2.1. Rura cylindryczna —	172
9.2.2. Rura o przekroju pryzmatycznym —	176
9.2.3. Kilka uwag o miarach efektywności absorberów —	178
<b>9.3. Pręty zimno formowane jako absorbery energii</b> _____	<b>180</b>
9.3.1. Pręty o przekroju ceowym z żebrami końcowymi —	181
9.3.2. Pręt o przekroju zętowym —	184
<b>9.4. Boczny zgniot układu rur cienkościennych</b> _____	<b>185</b>
<b>9.5. Urządzenia cienkościenne pod obciążeniem dynamicznym</b> _____	<b>194</b>
9.5.1. Wpływ prędkości odkształcenia na własności mechaniczne materiału w warunkach obciążeń dynamicznych —	194
9.5.2. Zgniot rury cienkościennej pod obciążeniem dynamicznym —	197
9.5.3. Szybki zgniot dźwigara cienkościennego poddanego czystemu zginaniu —	198
9.5.4. Układ rur cienkościennych poddanych zgniotowi bocznemu —	201
<b>Literatura do rozdziału 9</b> _____	<b>203</b>