

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	11
1.1. Rys historyczny.....	12
1.2. Rodzaje zawiesznień stosowanych w współczesnych samochodach	14
1.3. Zawiesznienia zależne	15
1.4. Zawiesznienia niezależne	17
1.4.1. Typy zawiesznień niezależnych osi przedniej.....	17
1.4.2. Typy zawiesznień niezależnych osi tylnej	19
1.5. Zawiesznienia półzależne z wahaczami sprzężonymi	21
1.6. Elementy składowe zawieszenia samochodowego	22
1.6.1. Wahacze	22
1.6.2. Resory piórowe	23
1.6.3. Sprężyny śrubowe	24
1.6.4. Drążki skrętne	24
1.6.5. Drążki reakcyjne	25
1.6.6. Stabilizatory przechyłów	25
1.6.7. Sprężyste elementy gumowe	26
1.6.8. Amortyzatory	27
1.7. Podział zawiesznień (kryterium funkcyjne), modelowanie zawiesznień	27
1.8. Kinematyka pojazdu samochodowego	31
1.9. Niesprawności zawiesznień	36
Literatura	36
2. WAHACZE	38
2.1. Wahacze porzeczne	38
2.2. Wahacze poprzeczne w połączeniu z resorem piórowym	41
2.3. Wahacze porzeczne w zawieszeniu - kolumna McPhersona	43
2.4. Wahacze wzdłużne	44
2.5. Wahacze skośne	46
2.6. Obliczenia wytrzymałościowe wahaczy	48
2.7. Materiały stosowane do produkcji wahaczy	49

2.8. Produkcja wahaczy	51
2.8.1. Kucie matrycowe wahaczy	51
2.8.2. Odlewnictwo wahaczy	53
2.8.3. Wytlaczanie wahaczy	53
2.9. Uszkodzenia i naprawa wahaczy oraz elementów łączących	56
Literatura	57
3. RESORY PIÓROWE	59
3.1. Resory piórowe trapezowe o charakterystyce liniowej	60
3.2. Resory piórowe z charakterystyką progresywną	64
3.2.1. Resor piórowy trapezowy główny z resorem dodatkowym	64
3.2.2. Resor piórowy paraboliczny główny z resorem dodatkowym	65
3.2.3. Obliczenia wytrzymałościowe (rozkład naprężeń) w końcówkach (tzw. uchach) resora piórowego	67
3.3. Jednostronnie utwierdzone, poddane zginaniu pióro resora	68
3.4. Montaż - mocowanie piór oraz tulei	73
3.5. Tolerancje wykonawcze uch (końcówek) resora piórowego	76
3.6. Obliczenia optymalnej krzywizny pióra resorowego	77
3.7. Obliczenia wytrzymałościowe pióra parabolicznego resora piórowego	78
3.7.1. Przykład obliczeniowy	80
3.8. Materiały stosowane do produkcji resorów piórowych	81
3.9. Produkcja resorów piórowych	82
3.10. Uszkodzenia i naprawa resorów piórowych oraz elementów łączących	86
Literatura	89
4. SPRĘŻYNY ŚRUBOWE	90
4.1. Charakterystyki liniowe i progresywne sprężyn śrubowych	91
4.2. Podstawy obliczeniowe sprężyn śrubowych, naciskowych o charakterystyce liniowej	93
4.3. Sprężynowanie poprzeczne	97
4.4. Wyboczenie sprężyn	99
4.5. Obliczenia stopniowej sprężyny warstwowej	100
4.6. Obliczenia wytrzymałościowe sprężyny śrubowej	103
4.6.1. Przykład obliczeniowy	104

4.7. Materiały stosowane do produkcji sprężyn śrubowych	105
4.7.1. Standardowe materiały stosowane w produkcji sprężyn śrubowych	106
4.7.2. Wpływ dodatków stopowych	106
4.8. Produkcja – nawijanie/formowanie sprężyn resorowych na gorąco i zimno	107
4.8.1. Wybór procesu produkcyjnego	109
4.8.2. Nagrzewanie gazowe i indukcyjne	111
4.8.3. Ulepszanie cieplne	112
4.8.3.1. Hartowanie i schładzanie	113
4.8.3.2. Odpuszczanie	114
4.8.4. Zwiększenie wytrzymałości zmęczeniowej przez zastosowanie śrutowania	114
4.8.4.1. Śrutowanie naprężeniowe sprężyn śrubowych	115
4.8.5. Lakierowanie proszkowe sprężyn śrubowych	117
4.8.6. Kontrola rozkładu sił i rozkładu naprężeń w obciążonej sprężynie	118
4.9. Uszkodzenia i naprawa sprężyn śrubowych	119
Literatura	121
5. DRAŻKI SKRĘTNE	122
5.1. Obliczenia wytrzymałościowe i wymogi konstrukcyjne drążków skrętnych o przekroju kołowym	123
5.2. Obliczenia wytrzymałościowe i wymogi konstrukcyjne drążków skrętnych o zmiennym przekroju prostokątnym	130
5.3. Obliczenia wytrzymałościowe i wymogi konstrukcyjne drążków skrętnych o przekroju prostokątnym (pakiet płaskowników)	132
5.4. Obliczenia wytrzymałościowe i wymogi konstrukcyjne drążków skrętnych z dźwignią wahliwą	133
5.5. Obliczenia wytrzymałościowe i wymogi konstrukcyjne w układach równoległych drążków skrętnych	135
5.6. Obliczenia wytrzymałościowe i wymogi konstrukcyjne układu szeregowego drążek skrętny – rura skrętna	137
5.7. Obliczenia wytrzymałościowe drążka skrętnego	138
5.7.1. Przykład obliczeniowy	140
5.8. Materiały stosowane do produkcji drążków skrętnych	142

5.9. Produkcja drążków skrętnych	143
5.9.1. Tolerancje wykonawcze drążków skrętnych	144
5.10. Uszkodzenia i naprawa drążków skrętnych oraz elementów łączących	145
Literatura	145
6. DRAŻKI REAKCYJNE	147
6.1. Drążek Panharda	147
6.2. Drążek Watta	149
Literatura	151
7. STABILIZATORY SAMOCHODOWE	152
7.1. Konstrukcja stabilizatora samochodowego	154
7.2. Podstawy obliczeń wytrzymałościowych stabilizatorów samochodowych	155
7.2.1. Obliczeniowe ugięcie pionowe stabilizatora 2s	158
7.2.2. Obliczenie naprężeń w obciążonym stabilizatorze	159
7.3. Przykład obliczeniowy	160
7.4. Rodzaje stali stosowanych do produkcji stabilizatorów	163
7.4.1. Wpływ dodatków stopowych na własności stali	166
7.4.2. Uwagi	168
7.5. Produkcja stabilizatorów, gięcie – formowanie na gorąco i zimno	169
7.5.1. Fosforanowanie – tworzenie powłok fosforanowych	173
7.5.2. Śrutowanie kulkowe	174
7.5.3. Nawęglanie (opcjonalnie)	176
7.5.4. Lakierowanie proszkowe	177
7.5.5. Kształtowanie końcówek	178
7.6. Uszkodzenia i naprawa stabilizatorów oraz elementów łączących	180
Literatura	181
8. AMORTYZATORY	183
8.1. Typowe amortyzatory współczesnych samochodów osobowych	184
8.1.1. Zasada działania jednorurowego amortyzatora hydropneumatycznego (hydraulicznego)	185
8.1.2. Zasada działania dwururowego amortyzatora hydropneumatycznego (hydraulicznego)	185

8.2. Podstawy obliczeniowe amortyzatorów samochodowych	186
8.3. Modele obliczeniowe amortyzatorów samochodowych	188
8.4. Uszkodzenia i naprawa amortyzatorów	189
8.5. Diagnostyka amortyzatorów	191
Literatura	194
9. ŁOŻYSKOWANIE ELASTYCZNE	195
9.1. Cechy charakteryzujące łożyskowanie elastyczne	196
9.1.1. Naprężenia dopuszczalne	197
9.1.2. Osadzanie lub pełzanie gumowych elementów sprężystych	198
9.1.3. Zmiany stałej sprężystej w zależności od zmian twardości Shore'a	198
9.1.4. Współczynnik usztywnienia stałej sprężystej przy dynamicznym obciążeniu	199
9.1.5. Obliczenia wytrzymałościowe typowych gumowych elementów sprężystych	199
9.2. Podstawowe teoretyczne wytyczne do obliczeń wytrzymałościowych łożyskowania elastycznego stabilizatorów	205
9.3. Obliczenia wytrzymałościowe łożysk elastycznych stabilizatora	206
9.3.1. Przykład obliczeniowy	208
9.4. Ograniczniki skoku i dodatkowe elementy sprężyste	208
9.5. Materiały stosowane do produkcji elementów sprężystych / gumowych	210
9.6. Uszkodzenia i naprawa elementów sprężystych / gumowych	211
Literatura	212
10. METODY BADAWCZE ELEMENTÓW SPRĘŻYSTYCH ZAWIESZEŃ POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH	213
10.1. Badania metalograficzne	214
10.2. Badania metalograficzne makroskopowe.....	214
10.3. Badania metalograficzne mikroskopowe	218
10.3.1. Metoda obserwacji w polu jasnym	218
10.3.2. Metoda obserwacji w polu ciemnym	219
10.3.3. Metoda obserwacji w świetle spolaryzowanym	219
10.3.4. Metoda obserwacji w kontraście interferencyjnym	220
10.3.5. Metoda obserwacji w kontraście fazowym	220
10.4. Przygotowanie próbek	221

10.4.1. Przygotowanie próbek do badań metalograficznych	221
10.4.2. Przykłady obserwacji złądów do badań metalograficznych mikroskopowych ...	222
10.5. Mikroskopy metalograficzne	223
10.5.1. Zdolność rozdzielcza mikroskopu	224
10.5.2. Powiększenie użyteczne mikroskopu	224
10.5.3. Przykład doboru okularu do obiektywu	224
Literatura	225
10.6. Metody pomiarów twardości	226
10.6.1. Pomiar twardości metodą Brinella	226
10.6.2. Pomiar twardości metodą Vickersa	227
10.6.3. Pomiar twardości metodą Rockwella	229
10.7. Zależności pomiędzy wynikami pomiarów twardości Brinella, Vickersa i Rockwella oraz wytrzymałością na rozciąganie R_m	230
Literatura	233
10.8. Statyczna próba rozciągania	234
10.8.1. Interpretacja wykresu rozciągania próbki z materiału sprężysto-plastycznego i sprężysto-kruchego	235
10.8.2. Przygotowanie próbek do statycznej próby rozciągania	237
10.8.3. Maszyny wykorzystywane do statycznej próby rozciągania	238
Literatura	240
10.9. Badania wytrzymałościowe	241
10.9.1. Wielkości wpływające na zmęczenie materiału	241
10.9.2. Współczynnik kształtu α_k	242
10.9.3. Współczynnik działania karbu β_k	245
10.9.4. Współczynnik stanu powierzchni β_s	246
10.9.5. Współczynnik spiętrzenia naprężeń β	248
10.9.6. Współczynnik wielkości przedmiotu γ_k	248
10.10. Badania zmęczeniowe (Wöhler - Smith - Haigh)	249
10.11. Krzywe Wöhlera	254
10.12. Wykresy zmęczeniowe Smitha i Haigha	257
10.13. Obliczenia wytrzymałościowe dla prostego stanu naprężenia – przypadek symetrycznego	

cyklu obciążenia	261
10.14. Przełomy zmęczeniowe, typowe uszkodzenia elementów sprężystych pojazdów samochodowych.....	267
Literatura	269
11. PRZYKŁADY OBLICZENIOWE.....	271
11.1. Przykład obliczeń wytrzymałościowych naciskowej sprężyny śrubowej z wykorzystaniem programu obliczeniowego KissSoft	271
11.2. Przykład obliczeń wytrzymałościowych drążka skrętnego z wykorzystaniem programu obliczeniowego KissSoft	278
11.3. Przykład obliczeń wytrzymałościowych obciążonego, pracującego stabilizatora samochodowego z wykorzystaniem programu obliczeniowego firmy TKF&S	282
11.4. Przykład obliczeń wytrzymałościowych drążka skrętnego podlegającego jednoczesnemu współfazowemu, wahadłowemu zginaniu i skręcaniu	284
Literatura	288
Streszczenie	289