

Spis treści

1. Wprowadzenie	1
2. Konstrukcje lekkie – istota, rodzaje, realizacja	4
<i>(prof. zw. dr inż. Kazimierz E. Oczos)</i>	
2.1. Przyroda a konstrukcje lekkie	4
2.2. Strategie tworzenia i rodzaje konstrukcji lekkich	7
2.3. Aspekty materiałowe konstrukcji lekkich	10
2.4. Aspekty projektowe konstrukcji lekkich	14
2.5. Techniki konstruowania a techniki kształtowania	18
2.5.1. Wpływ objętościowego kształtowania plastycznego (na przykładzie kucia)	18
2.5.2. Wpływ kształtowania formującego (na przykładzie odlewania)	19
2.6. Przykłady zastosowań konstrukcji lekkich	23
Literatura	26
3. Klasyfikacja i charakterystyka rodzajów kształtowania metali lekkich	28
<i>(prof. zw. dr inż. Kazimierz E. Oczos przy współudziale dr. hab. inż. Andrzeja Kawalca, prof. PRz)</i>	
3.1. Klasyfikacja rodzajów kształtowania	28
3.2. Charakterystyka rodzajów kształtowania	28
3.2.1. Kształtowanie formujące	28
3.2.2. Kształtowanie plastyczne	32
3.2.3. Kształtowanie przyrostowe	35
3.2.4. Kształtowanie ubytkowe	37
3.2.5. Kształtowanie przez łączenie	39
Literatura	47
4. Właściwości metali lekkich i ich stopów	49
<i>(prof. zw. dr inż. Kazimierz E. Oczos przy współudziale dr. hab. inż. Andrzeja Kawalca, prof. PRz)</i>	
4.1. Aluminium i jego stopy	49
4.1.1. Zarys historii i produkcji aluminium	49
4.1.2. Właściwości aluminium	52
4.1.3. Ogólna charakterystyka stopów aluminium	53
4.1.4. Stopy aluminium do przeróbki plastycznej	54
4.1.5. Stopy odlewnicze aluminium	73
4.1.6. Spiekane stopy aluminium	79
4.1.7. Pianoaluminium	80

4.2. Tytan i jego stopy	83
4.2.1. Zarys historii i produkcji tytanu	83
4.2.2. Właściwości tytanu	87
4.2.3. Podział, mikrostruktura i właściwości stopów tytanu	90
4.2.4. Aluminidki tytanu	99
4.3. Magnez i jego stopy	104
4.3.1. Zarys historii i produkcji magnezu	104
4.3.2. Właściwości magnezu	108
4.3.3. Ogólna charakterystyka stopów magnezu	109
4.3.4. Stopy odlewnicze magnezu	112
4.3.5. Stopy magnezu do przeróbki plastycznej	117
4.3.6. Stopy magnezu wytwarzane szybkim krzepnięciem	119
4.4. Beryl i jego stopy	122
4.4.1. Zarys historii i produkcji berylu	122
4.4.2. Właściwości berylu	124
4.4.3. Stopy berylu	126
Literatura	131
5. Kształtowanie aluminium i jego stopów	134
<i>(prof. zw. dr inż. Kazimierz E. Ocoś przy współudziale dr. hab. inż. Andrzeja Kawalca, prof. PRz)</i>	
5.1. Kształtowanie formujące	134
5.1.1. Odlewanie ciągłe	134
5.1.2. Odlewanie kształtowe	137
5.1.3. Formowanie metalurgią proszków	155
5.1.4. Wytwarzanie i formowanie pianoaluminium	160
5.2. Kształtowanie plastyczne	167
5.2.1. Walcowanie	167
5.2.2. Kucie	173
5.2.3. Wyciskanie	190
5.2.4. Kształtowanie blach	203
5.3. Kształtowanie przyrostowe	226
5.3.1. Bezpośrednie kształtowanie przyrostowe	226
5.3.2. Pośrednie kształtowanie przyrostowe	230
5.4. Kształtowanie ubytkowe	235
5.4.1. Ogólna charakterystyka procesu skrawania	235
5.4.2. Skrawalność	236
5.4.3. Skrawanie wysokoefektywne (HSC i HPC)	244
5.4.4. Charakterystyka sposobów obróbki skrawaniem	247
5.4.5. Charakterystyka sposobów obróbki ścierniej	259
5.4.6. Przecinanie	265
5.4.7. Przykładowe obrabiarki skrawające	268
5.4.8. Recykling wiórów	272
Literatura	274
6. Kształtowanie tytanu i jego stopów	280
<i>(prof. zw. dr inż. Kazimierz E. Ocoś przy współudziale dr. hab. inż. Andrzeja Kawalca, prof. PRz)</i>	
6.1. Wytwarzanie półwyrobów do kształtowania	280
6.2. Kształtowanie formujące	285
6.2.1. Odlewanie	285
6.2.2. Formowanie metalurgią proszków	294

6.3. Kształtowanie plastyczne	302
6.3.1. Kucie	302
6.3.2. Kształtowanie plastyczne aluminidków tytanu	310
6.3.3. Inne sposoby kształtowania plastycznego	313
6.3.4. Kształtowanie nadplastyczne stopów tytanu	314
6.3.5. Kształtowanie nadplastyczne połączone ze zgrzewaniem dyfuzyjnym	316
6.3.6. Kulowanie	319
6.4. Kształtowanie przyrostowe	321
6.4.1. Bezpośrednie spiekanie laserowe proszku metalowego (DMLS)	321
6.4.2. Selektywne stapianie laserowe (SLM)	323
6.4.3. Nanoszenie laserowo stopionego proszku (LENS)	324
6.4.4. Selektywne stapianie elektronowe (EBM)	325
6.5. Kształtowanie ubytkowe	329
6.5.1. Ogólna charakterystyka procesu skrawania	329
6.5.2. Charakterystyka sposobów obróbki skrawaniem	344
6.5.3. Charakterystyka sposobów obróbki ścierniej	373
6.5.4. Obróbka erozyjna i strumieniowo-erozyjna	383
6.5.5. Kształtowanie ubytkowe aluminidków tytanu	394
6.5.6. Obrabiarki skrawające	402
Literatura	410
7. Kształtowanie magnezu i jego stopów	417
<i>(prof. zw. dr inż. Kazimierz E. Oczko przy współudziale dr. hab. inż. Andrzeja Kawalca, prof. PRz)</i>	
7.1. Kształtowanie formujące	417
7.1.1. Odlewanie ciągłe	417
7.1.2. Odlewanie kształtowe	420
7.2. Kształtowanie plastyczne	431
7.2.1. Walcowanie	433
7.2.2. Kucie	437
7.2.3. Wyciskanie	441
7.2.4. Kształtowanie blach	446
7.2.5. Kształtowanie nadplastyczne	450
7.3. Kształtowanie ubytkowe	452
7.3.1. Skrawalność stopów magnezu	452
7.3.2. Warunki realizacji procesów obróbkowych i zjawiska towarzyszące	454
7.3.3. Charakterystyka sposobów kształtowania ubytkowego	456
7.3.4. Chłodzenie i smarowanie strefy styku	461
7.3.5. Specyfika budowy obrabiarek i warunki bezpieczeństwa pracy	466
7.3.6. Gospodarka wórami i odpadami	467
Literatura	468
8. Kształtowanie berylu i jego stopów	473
<i>(prof. zw. dr inż. Kazimierz E. Oczko przy współudziale dr. hab. inż. Andrzeja Kawalca, prof. PRz)</i>	
8.1. Kształtowanie formujące	473
8.1.1. Kształtowanie formujące berylu	473
8.1.2. Kształtowanie formujące stopów berylu	476
8.2. Kształtowanie plastyczne	477
8.2.1. Kształtowanie plastyczne berylu	477
8.2.2. Kształtowanie plastyczne stopów berylu	479

8.3. Kształtowanie ubytkowe	480
8.3.1. Obróbka skrawaniem, ścierna i erozyjna berylu	480
8.3.2. Obróbka stopów aluminium – beryl	485
8.4. Bezpieczeństwo zdrowia i pracy podczas kształtowania berylu i jego stopów	487
8.5. Główne obszary zastosowań berylu i jego stopów	489
8.5.1. Lotnictwo i aeronautyka.....	489
8.5.2. Technika jądrowa i rentgenologia	492
Literatura.....	493
9. Modelowanie i symulacja procesów kształtowania	495
<i>(dr hab. inż. Andrzej Kawalec, prof. PRz)</i>	
9.1. Istota i znaczenie metod modelowania w procesach kształtowania	495
9.2. Klasyfikacja i rodzaje modeli procesów kształtowania	497
9.3. Modele konstytutywne materiałów	500
9.4. Główne metody numeryczne mechaniki ciał odkształcalnych	505
9.4.1. Opis ruchu ciała odkształcalnego – podstawy	505
9.4.2. Forma lokalna opisu zagadnienia ruchu ciała odkształcalnego.....	506
9.4.3. Forma słaba opisu zagadnienia ruchu ciała odkształcalnego	507
9.4.4. Ogólna charakterystyka metod MRS, MEB, MES	507
9.5. Metoda elementów skończonych w mechanice ciał odkształcalnych – wybrane zagadnienia	509
9.5.1. Zasada minimum całkowitej energii potencjalnej w MES	509
9.5.2. Równania ruchu w postaci dyskretnej z tłumieniem proporcjonalnym	511
9.5.3. Jawny schemat całkowania równań ruchu w postaci dyskretnej	515
9.5.4. Niejawny schemat całkowania równań ruchu w postaci dyskretnej	516
9.5.5. Przykładowe elementy skończone.....	517
9.5.6. Wybrane metody generowania siatki elementów skończonych	521
9.5.7. Etapy obliczeń w przemieszczeniowej wersji MES	527
9.5.8. Podstawy nieliniowej analizy MES ciał odkształcalnych	530
9.5.9. Adaptacyjne metody zmniejszania błędów dyskretyzacji modeli	535
9.6. Przykłady zastosowania oprogramowania MES w modelowaniu i symulacji procesów kształtowania	537
9.6.1. Wybrane systemy obliczeń MES stosowane do modelowania i symulacji procesów kształtowania	537
9.6.2. Przykłady modelowania i symulacji kształtowania formującego	539
9.6.3. Przykłady modelowania i symulacji kształtowania plastycznego	543
9.6.4. Przykład modelowania i symulacji kształtowania ubytkowego	551
9.6.5. Przykład modelowania i symulacji procesu łączenia	553
9.7. Kierunki rozwoju metod modelowania i symulacji	554
Literatura	556
10. Wykaz akronimów	561
Skorowidz <i>(opracowała Elżbieta Janus)</i>	571