

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń i terminów	9
Znaczenie części używanych terminów	13
Wprowadzenie	15
1. Od rudy magnetytu do współczesnych magnesów	17
1.1. Biografie pionierów badań magnetycznych	35
<i>Louis Eugène Félix Néel</i> (1904–2000)	35
<i>Szczepan Szczeniowski</i> (1898–1979)	37
<i>Ludwik Kozłowski</i> (1907–1994)	38
<i>Adam Smoliński</i> (1910–1996)	39
<i>Włodzimierz Trzebiatowski</i> (1906–1982)	40
<i>Bohdan Staliński</i> (1924–1993)	41
Literatura do rozdz. 1	42
2. Współczesne magnesy	46
2.1. Ogólna charakterystyka materiałów magnetycznie twardych – magnesów	46
2.2. Podstawowe parametry magnesów	52
2.3. Magnesy Alnico	57
2.4. Twarde ferryty	59
2.5. Magnesy zawierające metale z grupy ziem rzadkich	61
2.5.1. Właściwości faz międzymetalicznych typu metal z grupy ziem rzadkich – metal przejściowy	61
2.5.2. Magnesy typu SmCo_5	64
2.5.3. Magnesy typu $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$	67
2.5.4. Magnesy typu Nd–Fe–B	72
2.5.4.1. Właściwości fazy $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$	72
2.5.4.2. Spiekanie z proszków	74
2.5.4.3. Szybkie chłodzenie ze stanu ciekłego	77

2.5.4.4.	Metody wodorowe	80
2.5.4.5.	Mechaniczna synteza stopów	81
2.5.4.6.	Wiązanie proszków spoiwem	83
2.5.4.7.	Zagęszczanie proszków bez środka wiążącego	84
2.5.4.8.	Rola składu chemicznego w kształtowaniu właściwości magnetycznych	88
2.5.5.	Magnesy odlewane Nd–Fe–C	92
2.5.6.	Magneszy typu Sm–Fe–N	93
2.6.	Magneszy nanokrystaliczne i nanokompozytowe	101
2.6.1.	Ogólna charakterystyka materiałów nanokrystalicznych	101
2.6.1.1.	Materiały nanokrystaliczne jednofazowe	103
2.6.1.2.	Materiały nanokrystaliczne dwufazowe (nanokompozyty)	105
2.6.2.	Metody wytwarzania materiałów nanokrystalicznych	107
2.6.3.	Nanokrystaliczne magnesy Nd ₂ Fe ₁₄ B	118
2.6.4.	Nanokrystaliczne magnesy Sm–Fe–N	120
2.6.5.	Ilościowe określenie podwyższenia remanencji w magnesach	123
2.6.6.	Wpływ nanostruktury na temperaturę Curie	125
2.6.7.	Perspektywy rozwoju nanokompozytów – magnesy anizotropowe	127
2.7.	Straty właściwości magnetycznych	128
2.7.1.	Odwracalne straty właściwości magnetycznych	129
2.7.2.	Nieodwracalne straty namagnesowania	131
2.8.	Główne obszary zastosowań magnesów	134
	Literatura do rozdz. 2	140
3.	Mechanizmy koercji	145
3.1.	Wcześniejsze teorie koercji	148
3.1.1.	Procesy przemagnesowania w magnesach o anizotropii kształtu	149
3.1.2.	Procesy przemagnesowania w magnesach o dominującej roli anizotropii magnetokrystalicznej	151
3.2.	Współczesne teorie koercji	152
3.2.1.	Modele zarodkowania domen odwrotnego namagnesowania	154
3.2.1.1.	Model nukleacyjny Kronmüllera	155
3.2.1.2.	Model rozrostu zarodka Givorda	160
3.2.2.	Modele kotwiczenia ścian domenowych	165
3.3.	Procesy przemagnesowania nanokrystalicznych magnesów – domeny wzajemnego oddziaływania	169
3.4.	Straty z histerezy rotacyjnej	174
3.5.	Rola struktury domenowej w mechanizmach koercji współczesnych magnesów	189
3.6.	Dodatkowe informacje o mechanizmach koercji	193
3.6.1.	Zmiany koercji JH_c i remanencji M_r w zależności od kąta θ , jaki tworzy pole magnetyczne z kierunkiem wyróżnionym namagnesowania w magnesach	193
3.6.2.	Określenie zmian koercji JH_c , wyznaczonych z częściowych pętli histerezy w zależności od natężenia pola magnetycznego	196
3.6.3.	Krzywe remanencji M_r (zależność Wohlfartha)	197
3.6.4.	Wpływ temperatury na koercję JH_c	199
	Literatura do rozdz. 3	201

4.	Metody obserwacji domen magnetycznych	206
4.1.	Metoda figur proszkowych Bittera	207
4.2.	Metody magnetooptyczne	212
4.3.	Transmisyjny mikroskop elektronowy	217
4.3.1.	Wcześniejsze metody obserwacji struktur domenowych masywnych ferromagnetyków	217
4.3.2.	Mikroskopia Lorentza	218
4.3.2.1.	Obserwacje struktury domenowej metodą rozogniskowania (<i>kontrast Fresnela</i>)	219
4.3.2.2.	Obserwacje struktury domenowej metodą wycięcia jednej z wiązek ugiętych (<i>kontrast Foucaulta</i>)	220
4.3.3.	Obserwacje struktury ściany domenowej metodą niskokątowego ugięcia wiązki elektronów	222
4.4.	Skaningowy mikroskop elektronowy	224
4.4.1.	Metoda figur proszkowych Bittera z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego	229
	Literatura do rozdz. 4	230
5.	Wyznaczanie podstawowych parametrów mikromagnetycznych magnesów	234
5.1.	Wyznaczenie samoistnych parametrów magnetycznych magnesów oraz faz tworzących magnes	235
5.2.	Wyznaczenie gęstości energii ścian domenowych magnetyka γ z zależności $D(L)$ w kierunku magnetycznie wyróżnionym	239
5.3.	Wyznaczenie gęstości energii ścian domenowych γ metodą Bodenbergera–Huberta	249
5.4.	Wyznaczenie gęstości energii ścian domenowych γ ze strat energii z histerezy liniowej	252
5.5.	Wyznaczenie gęstości energii ścian domenowych γ na podstawie zależności koercji H_c od wielkości ziaren	254
	Literatura do rozdz. 5	255
	Zakończenie	258
	Załączniki	261
	Ogólna charakterystyka wielkości magnetycznych	261
	Porównanie jednostek w układzie Gaussa i SI	262
	Porównanie średnich właściwości wybranych grup materiałów magnetycznie twardych	263
	Skorowidz	264