

SPIS TREŚCI

Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów	7
Wprowadzenie	9
1. Historia prac nad magnesami Nd-Fe-B	11
2. Produkcja materiałów magnetycznie twardych Nd-Fe-B na świecie	15
3. Surowce do produkcji magnesów Nd-Fe-B	19
4. Skład chemiczny magnesów Nd-Fe-B	24
5. Właściwości magnesów Nd-Fe-B	33
6. Procesy technologiczne stosowane do wytwarzania magnesów litych	39
6.1. Magnesy Nd-Fe-B wytwarzane metodą metalurgii proszków	39
6.1.1. Otrzymywanie stopu	44
6.1.2. Rozdrabnianie	45
6.1.3. Prasowanie	49
6.1.4. Spiekanie	52
6.1.5. Obróbka cieplna	54
6.1.6. Obróbka mechaniczna	55
6.1.7. Ochrona przed korozją	55
6.2. Spiekanie iskrowo plazmowe proszków Nd-Fe-B	57
6.3. Wytwarzanie magnesów Nd-Fe-B poprzez prasowanie na gorąco szybkochłodzonych taśm i spęczanie kształtek	60
6.4. Zastosowanie metod odkształcenia na gorąco do wytwarzania magnesów Nd-Fe-B	68
6.4.1. Walcowanie	68
6.4.2. Wyciskanie	70
6.5. Magnesy Nd-Fe-B wytwarzane poprzez odlewanie	75
6.5.1. Odlewane magnesy Nd-Fe-B-C	75
6.5.2. Odlewane magnesy Nd-Fe-B	76
7. Wytwarzanie wysokokoercyjnych proszków Nd-Fe-B	82
7.1. Otrzymywanie proszków z szybkochłodzonych taśm	83
7.2. Wytwarzanie proszków Nd-Fe-B poprzez rozpylanie cieczy	88
7.3. Metoda HDDR	92
7.4. Metody wykorzystujące mielenie	99
7.4.1. Mechaniczna synteza stopów RE-Fe-B	100
7.4.2. Mechaniczne mielenie	106
7.4.3. Otrzymywanie stopów Nd-Fe-B poprzez mielenie w wysokich temperaturach	109
7.4.4. Przykłady mielenia reaktywnego	112

8. Magnesy wiązane	115
8.1. Wytwarzanie magnesów wiązanych przez prasowanie na gorąco	119
8.2. Kalandrowanie	120
8.3. Wyciskanie	121
8.4. Wtryskiwanie	122
8.5. Inne metody formowania magnesów wiązanych	125
8.5.1. Odlewanie mas lejnych w postaci taśm	126
8.5.2. Odlewanie odśrodkowe	127
8.5.3. Zwijanie	128
8.5.4. Drukowanie	128
8.5.5. Wykorzystanie past magnetycznych	128
9. Mikromagnesy i powłoki magnetycznie twarde Nd-Fe-B	129
10. Recykling magnesów Nd-Fe-B	136
11. Zastosowania magnesów Nd-Fe-B	143
11.1. Silniki (aktuatory) VCM	147
11.2. Separatory magnetyczne	148
11.3. Generatory siłowni wiatrowych	149
11.4. Zastosowanie w układach mechanicznych	151
11.5. Silniki	154
11.6. „Galanteria” magnetyczna	157
11.7. Nowe, perspektywiczne zastosowania magnesów Nd-Fe-B	157
12. Kierunki rozwoju materiałów magnetycznie twardych	159
Literatura	165