



11th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Materiały kompozytowe o osnowie polimerowej zbrojone cząstkami stopu ze sproszkowanej szybko chłodzonej taśmy Nd-Fe-B*

L.A. Dobrzański, M. Drak

Zakład Technologii Procesów Materiałowych i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie,
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

W pracy przedstawiono wyniki badań magnetycznych materiału kompozytowego magnetycznie twardego o osnowie polimerowej z cząstkami ze sproszkowanej szybko chłodzonej taśmy Nd-Fe-B. Przedstawiono wyniki badań metalograficznych i rentgenowskiej analizy fazowej otrzymanych kompozytów.

1. WPROWADZENIE

Zakres stosowania materiałów magnetycznie twardych rozszerza się wraz z poprawą ich własności magnetycznych, termicznych, elektrycznych i mechanicznych. Magnesytwałe są ważnymi elementami między innymi przyrządów dla informatyki, telekomunikacji, technik kontrolnych i pomiarowych, urządzeń elektroakustycznych, silników elektrycznych.

Międzymetaliczne fazy metali z grupy ziem rzadkich z metalami przejściowymi SmCo_5 , $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$, $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ są materiałami wyjściowymi do produkcji najnowszej generacji materiałów magnetycznie twardych. Obecnie najbardziej dynamiczny wzrost obserwuje się w grupie materiałów magnetycznie twardych neodymowych spiekanych, prasowanych na gorąco, spęczanych oraz kompozytowych [1].

Proszki magnetycznie twarde można otrzymywać między innymi technikami rozdrobnienia wodorem HD (Hydrogenation, Disproportionation), metodą HDDR (Hydrogenation, Disproportionation, Desorption, Recombination), mechanicznej syntezy (Mechanical Alloying), metodą szybkiego chłodzenia cieczy (Melt Quenching) [2]. Do otrzymywania materiałów kompozytowych najczęściej stosowane są proszki z taśm uzyskanych metodą szybkiego chłodzenia cieczy. Metoda ta polega na natryskiwaniu strumieniem sprężonego gazu (argonu) ciekłego stopu o odpowiednim składzie chemicznym na szybko wirujący walec [3]. Otrzymana taśma jest następnie mielona, a uzyskany proszek może być mieszany z materiałem polimerowym termo- lub chemoutwardzalnym i formowany w celu uzyskania wymaganego kształtu na zimno lub na gorąco [4,5].

Magnesytwałe otrzymane w postaci kompozytu o osnowie polimerowej z cząstkami magnetycznie twardymi ze zmielonej szybko chłodzonej taśmy Nd-Fe-B posiadają wiele zalet. Produkcja ich jest tańsza i prostsza w porównaniu z magnesami spiekanymi, można wytwarzać magnesy o skomplikowanych kształtach i z dużą dokładnością wymiarową oraz zminimalizować straty materiałowe w procesie wytwarzania. [6]

* Autorzy uczestniczą w realizacji projektu CEEPUS Nr PL-013/02-03 kierowanego przez Prof. L.A. Dobrzańskiego.

Celem pracy jest zbadanie własności magnetycznych, struktury i ocena składu fazowego materiału kompozytowego magnetycznie twardego o osnowie polimerowej z cząstkami ze sproszkowanej szybkochłodzonej taśmy Nd-Fe-B.

2. PRZEBIEG BADAŃ

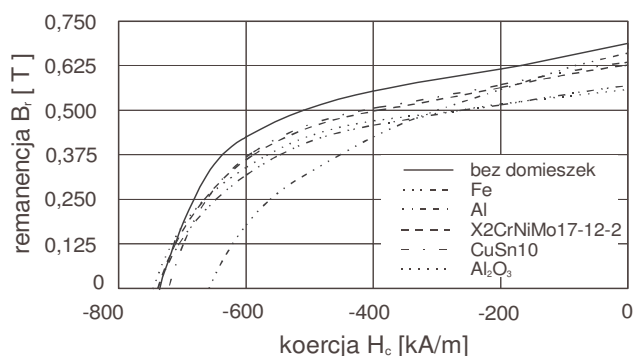
Badania wykonano na próbkach materiałów kompozytowych o osnowie polimerowej z cząstkami magnetycznie twardymi ze sproszkowanej szybkochłodzonej taśmy Nd-Fe-B o maksymalnej wielkości ziarna 40 μm . Materiał kompozytowy domieszkowano (10 % masowo) proszkiem jednego z następujących materiałów: żelaza, aluminium, odlewniczego stopu miedzi z cyną CuSn10, stali wysokojakościowej X2CrNiMo17-12-2, oraz tlenku aluminium. Jako osnowę zastosowano żywicę epoksydową (2,5 % masowo). Dla uzyskania poślizgu podczas prasowania i wyciągania próbki z matrycy stosowano stearynian cynku (0,2 % masowo). Kompozyty prasowano jednoosiowo jednostronnie w temperaturze pokojowej pod ciśnieniem 800 - 900 MPa, a następnie utwardzano w temperaturze 180°C przez 2 godziny.

Badania własności magnetycznych przeprowadzono na urządzeniu typu MCS przeznaczonym do badania magnesów trwałych w obwodzie magnetycznym ze szczeliną powietrzną, które umożliwia badanie próbek o małej smukłości (średnica 10 mm, wysokość 4 mm). Metoda badania oparta jest na pomiarze za pomocą hallotronu indukcji magnetycznej B_0 w szczelinie między biegunem elektromagnesu, a powierzchnią czołową próbki oraz na pomiarze natężenia zewnętrznego pola magnesującego H_0 wytwarzanego przez elektromagnes. Próbkę namagnesowano przed pomiarem, a następnie rejestrowano II ćwiartkę pętli histerezy i wyznaczano remanencję B_r , koercję H_{cB} , H_{cJ} , gęstość energii magnetycznej $(BH)_{\text{max}}$ oraz przenikalność rewersyjną μ_{rev} .

Badania metalograficzne wykonano na mikroskopie świetlnym LEICA MEF4A przy powiększeniu 100x. Wykonano zdjęcia metalograficzne przekrojów prostopadłych do kierunku prasowania materiałów kompozytowych. Rentgenowską analizę fazową wykonano przy użyciu dyfraktometru DRON-2 wyposażonego w lampę z anodą kobaltową, zasilaną prądem o napięciu 40 kV, przy natężeniu prądu żarzenia 20mA.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Krzywe odmagiesowania dla otrzymanych materiałów kompozytowych przedstawiono na rysunku 1. Stwierdzono wpływ materiału domieszki na własności magnetyczne. Proszek żelaza nieznacznie obniża wartość remanencji, wyraźnie obniża koercję, powoduje również znaczny (ok. 24,2 %) spadek wartości gęstości energii magnetycznej. Proszek aluminium



Rys. 1. Krzywe odmagiesowania materiałów kompozytowych

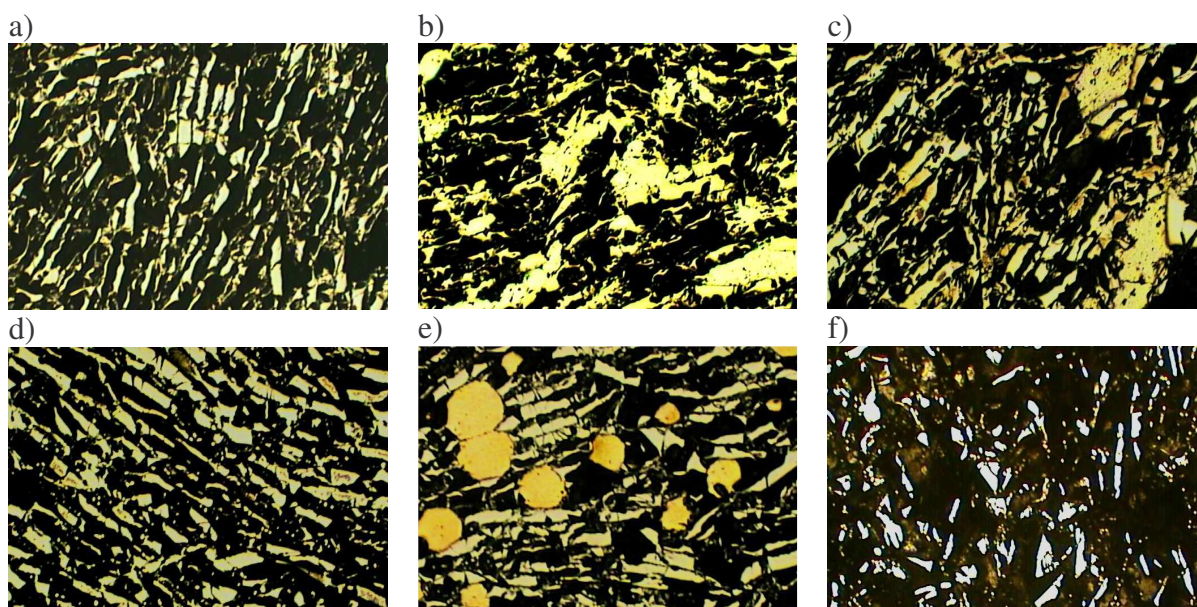
obniża remanencję B_r (ok. 17,7 %), koercję H_{cB} , (ok. 14 %) i gęstość energii magnetycznej $(BH)_{max}$ (ok. 30 %). Dodatek sproszkowanej stali wysokojakościowej X2CrNiMo17-12-2 obniża wartości remanencji B_r (ok. 7,6 %), koercji H_{cB} (ok. 9,4 %) oraz gęstości energii magnetycznej $(BH)_{max}$ (ok. 16,7 %). Dodanie odlewniczego stopu miedzi z cyną CuSn10 powoduje spadek wartości remanencji B_r (ok. 6,7 %), koercji H_{cB} (ok. 6,1 %), gęstości energii magnetycznej $(BH)_{max}$ (ok. 11,8 %). Tlenek aluminium Al_2O_3 znacznie (ok. 16,5 %) obniża wartości remanencji B_r , koercji H_{cB} (ok. 13,1 %) oraz gęstości energii magnetycznej $(BH)_{max}$ (ok. 28,1 %). Stwierdzono, że przenikalność rewersyjna μ_{rev} badanych materiałów jest niezależna od materiału domieszki i wynosi 1,14 - 1,17, jedynie proszek żelaza zwiększa ją o 20,7 %. W tabelicy 1 przedstawiono wyniki pomiarów własności magnetycznych.

Tablica 1

Zestawienie wyników pomiarów własności magnetycznych materiałów kompozytowych

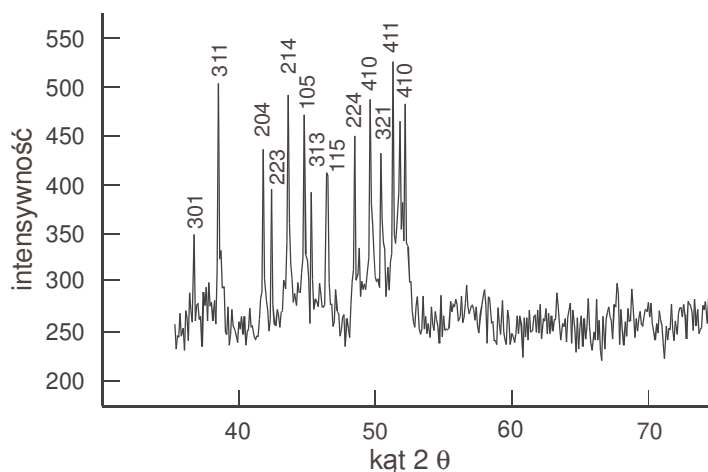
Materiał domieszki	Remanencja B_r [T]	Koercja H_{cB} [kA/m]	Koercja H_{cJ} [kA/m]	Maksymalna gęstość energii $(BH)_{max}$ [kJ/m ³]	Przenikalność rewersyjna μ_{rev}
Bez domieszek	0,673	430,5	720,9	74,76	1,17
Żelazo	0,647	349,3	642,9	56,67	1,41
Aluminium	0,554	367,6	727,3	52,22	1,14
Stal X2CrNiMo17-12-2	0,622	389,9	704,2	62,24	1,19
Stop miedzi z cyną CuSn10	0,628	404,2	716,1	65,96	1,17
Tlenek aluminium	0,562	374,0	741,5	53,75	1,14

Podczas obserwacji metalograficznych próbek zauważono, że rozkład proszku Nd-Fe-B w osnowie jest równomierny. Ziarna mają kształt nieregularny, są wydłużone w jednym kierunku i układają się równolegle do siebie większymi płaszczyznami, prostopadle do kierunku prasowania.



Rys. 2. Przekrój domieszkowanych materiałów kompozytowych – przekrój prostopadły do kierunku prasowania: a) bez domieszek, b) z domieszką żelaza, c) z domieszką aluminium, d) z domieszką stali X2CrNiMo17-12-2, e) z domieszką stopu CuSn10, f) z domieszką tlenku aluminium, powiększenie 100x

Obserwując rozkład proszku domieszek stwierdzono nierównomierne rozłożenie proszków w osnowie, zauważono istnienie skupisk ziarn proszku żelaza, aluminium i stopu miedzi z cyną CuSn10. Przekroje prostopadłe do kierunku prasowania domieszkowanych materiałów kompozytowych przedstawiono na rysunku 2. Na podstawie wykonanej rentgenowskiej analizy fazowej materiału kompozytowego o osnowie polimerowej bez domieszek stwierdzono występowanie fazy magnetycznie twardej $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$. (rys. 3.)



Rys. 3. Dyfraktogram rentgenowski kompozytu o osnowie polimerowej bez domieszek

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie wykonanych badań własności magnetycznych stwierdzono wpływ materiału domieszki na własności magnetyczne otrzymanych kompozytów o osnowie polimerowej. Podczas analizy wyników badań strukturalnych zauważono, że ziarna proszku Nd-Fe-B są rozłożone równomiernie, a ich kształt jest nieregularny. Domieszki rozkładają się w materiale nierównomiernie, zaobserwowano skupiska proszków żelaza, aluminium i odlewniczego stopu miedzi z cyną CuSn10. Rentgenowska analiza fazowa pozwoliła na identyfikację fazy magnetycznie twardej $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.

LITERATURA

1. M. Leonowicz: Nowoczesne materiały magnetycznie twarde. Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1996.
2. O. Guteisch, A. Bollero, A. Handstein, D. Hinz, A. Kirchner, A. Yan, K.H. Muller, L. Schultz: Journal of Magnetism and Magnetic Materials, v. 242–245 (2002) 1277–1283.
3. C. Kuhrt: Intermetallics, v. 3 (1995) 255 – 259 .
4. M.A. Al-Khafaji, W.M. Rainforth, M.R.J. Gibbs, H.A. Davies, J.W.L. Bishop: Journal of Magnetism and Magnetic Materials, v. 182 (1998) 111 – 123.
5. D. Akhtar, R.P.Mather, A Rudiger, U. Koster: Scripta Materialia, 41 (1999) 439 – 443.
6. B. Ślusarek: Dielektromagnesy NdFeB, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001.