

Tomasz Janta
Politechnika Wroclawska, Wroclaw

WPLYW TEMPERATURY PRACY NA WLASCIWOSCI MAGNETYCZNE DIELEKTROMAGNETYKÓW

INFLUENCE OF WORKING TEMPERATURE ON MAGNETIC PROPERTIES OF DIELECTROMAGNETICS

Abstract: Magnetic powder composites find ever-wider use as active magnetic materials for magnetic cores of electric devices. Special interest is focused on dielectromagnetics. They are powder composites made from soft magnetic powder with an admixture of dielectric in the form of resins, which both bind and isolate the soft magnetic particles.

The properties of manufactured dielectromagnetics and their constancy over time is one of the main factors, which determine the use of these materials. When the factors are examined and understood, it will become possible to design magnetic cores in such a way that the predictable changes in their properties will not disqualify the electric devices in the course of their service.

In this paper changes in the magnetic properties of dielectromagnetics caused by working temperature are described. The magnetic properties of dielectromagnetics of the specimens were tested after they were stored one year in ambient conditions at a constant temperature of 100°C and (comparative series) at a constant temperature of 21°C and a constant humidity of 50%.

The research has shown that the effect of working temperature on the magnetic properties of the tested dielectromagnetics is small and profitable.

This is a proof of the high quality of the soft magnetic powder used whose properties remain stable over temperature.

1. Wstęp

Magnetyczne kompozyty proszkowe nabierają szczególnego znaczenia jako materiały magnetyczne do wykonywania magnetowodów urządzeń elektrycznych. W zależności od wymagań mogą być stosowane różne, z punktu widzenia właściwości magnetycznych i mechanicznych, rodzaje kompozytów proszkowych (np. spieki, magnetodielektryki, dielektromagnetyki) [1]. Najwięcej zastosowań znajdują magnetycznie miękkie kompozyty proszkowe typu dielektromagnetyk [1, 2, 3]. W porównaniu do spieków dielektromagnetyki charakteryzują się mniejszą stratnością, zwłaszcza od prądów wirowych. Wynika to bezpośrednio ze zwiększenia rezystywności materiału w wyniku izolowania poszczególnych cząstek żelaza przez dielektryk.

W Instytucie Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych Politechniki Wrocławskiej od wielu lat prowadzone są badania magnetycznych kompozytów proszkowych, których podstawowym składnikiem jest magnetycznie miękki proszek żelaza.

Istotnym w zastosowaniu tych materiałów, oprócz właściwości po wyprodukowaniu jest ich stałość w czasie, a także niewrażliwość na wpływ zmiennych warunków pracy (np. tempe-

ratury, wilgotności). Zjawisko to jest trudne do jednoznacznego zbadania ze względu na mnogość czynników je obejmujących. Zmiany zależą od zastosowanej technologii, rodzaju proszku magnetycznie miękkiego, ilości i rodzaju użytego dielektryku, ilości i rodzaju ewentualnych domieszek i w końcu, od czynnika narażającego. Wpływ ten może znaleźć swoje odzwierciedlenie w zmianach różnych właściwości, takich jak magnetyczne, elektryczne czy też mechaniczne.

Celem prezentowanych badań jest określenie wpływu temperatury pracy na podstawowe właściwości magnetyczne dielektromagnetyków. Badania obejmują dielektromagnetyki wykonane z magnetycznie miękkiego proszku żelaza ASC 100.29 z dodatkiem dielektryku w postaci żywicy epoksydowej Epidian 101.

Bezpośrednim powodem przeprowadzanych badań były sygnały użytkowników urządzeń z magnetowodami z kompozytów proszkowych o problemach eksploatacyjnych związanych najprawdopodobniej z pogorszeniem właściwości magnetycznych kompozytów w wyniku zjawisk starzeniowych.

Poznanie wpływu temperatury pracy na właściwości dielektromagnetyków pozwoli wprowadzić odpowiednią korektę na etapie projektowania magnetowodów tak, aby zmiany tych właściwości nie dyskwalifikowały urządzeń w trakcie ich eksploatacji.

Praca jest kontynuacją wcześniejszych badań [4] związanych z wpływem czasu na właściwości magnetyczne dielektromagnetyków.

2. Przygotowanie próbek i badania

Dielektromagnetyki do badań wykonano w dwóch seriach z jednego typu proszku magnetycznie miękkiego (proszek ASC 100.29) o rozmiarach cząstek proszku żelaza zawartych w przedziale $71\div 250\ \mu\text{m}$ oraz dielektryku w postaci żywicy epoksydowej (Epidian 101) w ilości 0,1% oraz 0,2% wagowo.

Z przygotowanych mieszanek wyprasowano toroidy o wymiarach $\phi 50 \times \phi 60 \times 5\ \text{mm}$. Zastosowano ciśnienie prasowania o wartości 800 MPa; wypraski utwardzono w piecu typu KBC G65/250 w temperaturze optymalnej dla tego rodzaju kompozytu wynoszącej 200°C przez 1 godzinę [5, 6]. Wykonano po 10 sztuk toroidów w każdej z serii próbek; zmierzono właściwości fizyczne i elektryczne w tym rezytywność.

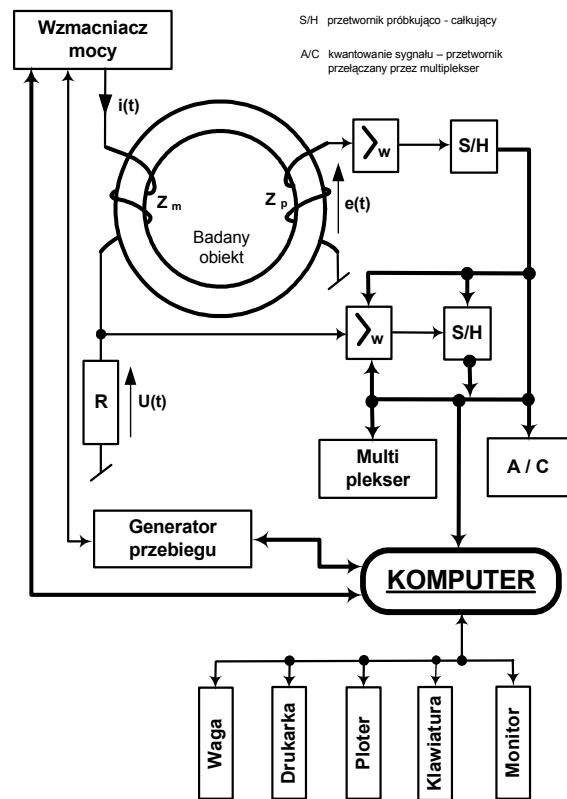
Obydwie serie próbek podzielono na dwie części. Jedną część przechowywano w stałej temperaturze otoczenia 21°C oraz stałej wilgotności wynoszącej 55%, natomiast druga znajdowała się w komorze sterowanego elektronicznie pieca grzewczego w stałej temperaturze wynoszącej 100°C .

Po upływie 1 roku zmierzono krzywe pierwotnego magnesowania oraz pętle histerezy wszystkich dielektromagnetyków.

Właściwości magnetyczne zmierzono za pomocą komputerowego systemu pomiarowego do badania właściwości magnetycznych kompozytów proszkowych oraz blach elektrotechnicznych MAG-RRJ-1.1. System ten pozwala na pomiar właściwości magnetycznych z błędem nie większym niż 1%.

Schemat blokowy zastosowanego komputerowego systemu pomiarowego przedstawiono na rysunku 1.

Całym procesem pomiarowym steruje komputer w trybie „on line”.



Rys. 1. Schemat blokowy komputerowego systemu pomiarowego właściwości magnetycznych

Namagnesowanie badanej próbki realizowane jest za pomocą bloku generacji i wzmacniacza mocy. W procesie pomiarowym sygnały z obiektu badanego podawane są na wzmacniacze wejściowe, dopasowujące je do poziomów wymaganych przez układy cyfrowe. Następnie sygnały te są próbkowane w przetwornikach próbkująco-pamiętających (S/H) i kwantowane w przetworniku A/C przełączanym na kolejne kanały pomiarowe przez multiplekser. W komputerze przebiegi poddawane są odpowiednim procedurom obliczeniowym i w tej postaci są dostępne dla operatora.

3. Wyniki badań

Rezytywność dielektromagnetyków oraz wpływ temperatury pracy na indukcję przy natężeniu pola magnetycznego $5\ 000\ \text{A}\cdot\text{m}^{-1}$ oraz $10\ 000\ \text{A}\cdot\text{m}^{-1}$ przedstawiono w tabeli 1, a na natężenie koercji, indukcję remanentu oraz maksymalną przenikalność magnetyczną w tabeli 2.

Tabela 1
Wpływ temperatury pracy na rezystywność i wartości indukcji

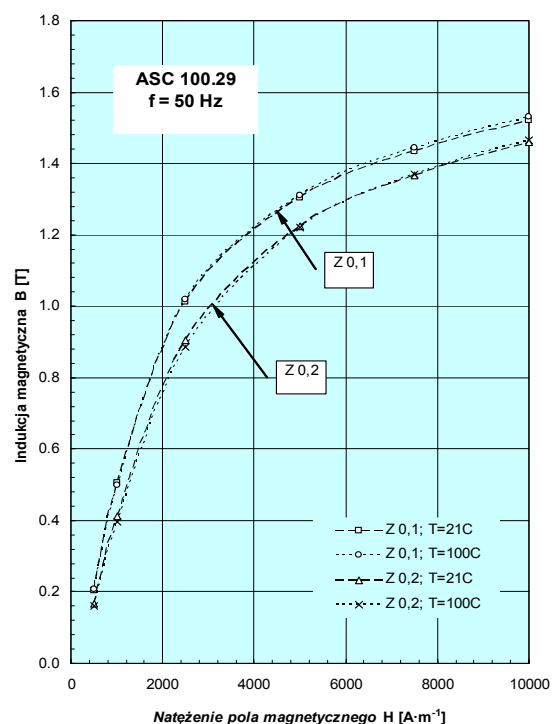
Ilość żywicy	Rezystywność	Indukcja B [T] dla			
		$H=5000, A \cdot m^{-1}$		$H=10\ 000, A \cdot m^{-1}$	
d	ρ	$T=21^{\circ}C$	$T=100^{\circ}C$	$T=21^{\circ}C$	$T=100^{\circ}C$
%	$\mu\Omega \cdot m$				
0,1	5,63	1.305	1.311	1.520	1.530
0,2	11,78	1.224	1.220	1.459	1.465

Rezystywność dielektromagnetyków zmierzono tylko raz, przed badaniami, ponieważ po wyprasowaniu i zmierzeniu parametrów mechanicznych i rezystywności próbki uzwojono do pomiaru właściwości magnetycznych. Aby uniknąć błędów przypadkowych wynikających np. ze zmiany rozkładu geometrycznego uzwojeń pomiarowych lub obliczenia ilości zwojów, uzwojeń tych nie zmieniano w trakcie badań. Rezystywność dielektromagnetyków o zawartości 0,2% żywicy, zgodnie z oczekiwaniami, jest prawie dwukrotnie wyższa od tych z 0,1% zawartością żywicy.

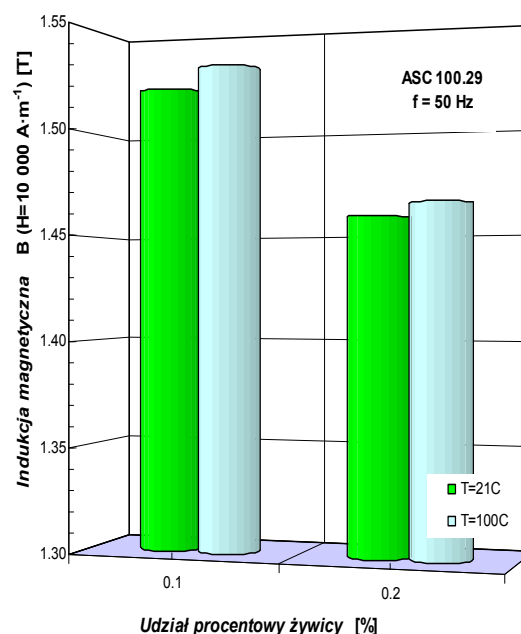
Tabela 2
Wpływ temperatury pracy na B_r , H_c i μ_{max}

Ilość żywicy	Indukcja re-manentu B_r [T]		Nateżenie koercji H_c [$A \cdot m^{-1}$]		Przenikalność maksymalna względna μ_{max} [-]		
	d	$T=21^{\circ}C$	$T=100^{\circ}C$	$T=21^{\circ}C$	$T=100^{\circ}C$	$T=21^{\circ}C$	$T=100^{\circ}C$
%							
0,1		0.313	0.308	379	372	401.3	404.3
0,2		0.248	0.239	374	377	333.5	321.5

Na rysunku 2 przedstawiono wykresie przebiegi średnich krzywych pierwotnego magnesowania każdej z serii dielektromagnetyków, a na rysunku 3 zmiany wartości indukcji magnetycznej przy nateżeniu pola magnetycznego $H=10\ 000$ [$A \cdot m^{-1}$].

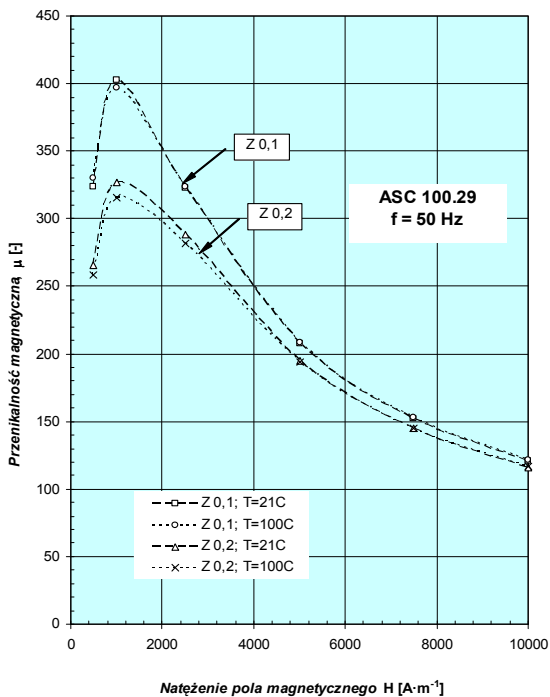


Rys. 2. Charakterystyki magnesowania badanych dielektromagnetyków



Rys. 3. Zmiany wartości indukcji dla $H=10\ 000$ $A \cdot m^{-1}$

Stwierdzono bardzo nieznaczny wpływ temperatury pracy na przebieg charakterystyk magnesowania. Przy zawartości 0,1% indukcyjne dielektromagnetyków po przebywaniu w temperaturze 100°C są nieco wyższe, a przy 0,2% nieco niższe. Wartości indukcji nasycenia są dla obu wartości żywicy wyższe (Tab. 1, rys. 2 i 3), jednak wzrost nie przekracza wartości 1%. Na rysunku 4 przedstawiono przebiegi przenikalności magnetycznej, a zmiany jej wartości maksymalnych na rysunku 5.

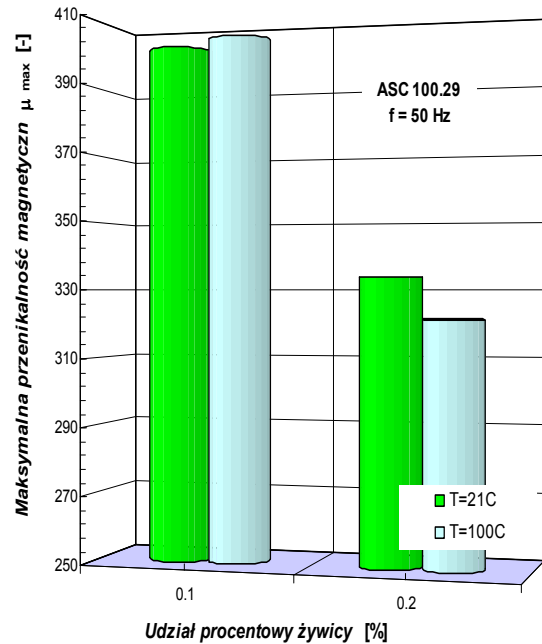


Rys. 4. Przebiegi przenikalności magnetycznych względnych

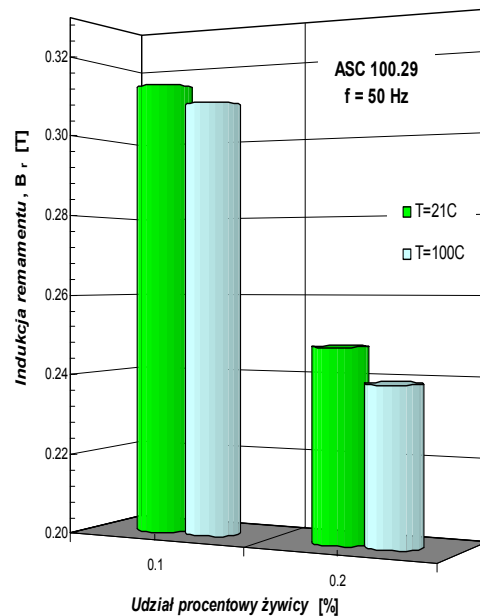
Wartości przenikalności magnetycznych dielektromagnetyków po obróbce w temperaturze 100°C są prawie w całym zakresie nieco niższe, ale zmiany nie przekraczają prawie w całym zakresie 3%. Przenikalność magnetyczna maksymalna próbek o zawartości 0,2% żywicy jest prawie o 4% niższa, jednak dla 0,1% o 1% wyższa (Tab. 2, rys. 4 i rys. 5).

Zmiany wartości indukcji remanentu oraz natężenia koercji przedstawiono graficznie na rysunkach 6 i 7. Indukcja remanentu wszystkich dielektromagnetyków po przebywaniu w temperaturze 100°C maleje nawet o prawie 4% (0,2% dielektryku). Natężenie koercji próbek o 0,1% zawartości żywicy maleje o niecałe 2%,

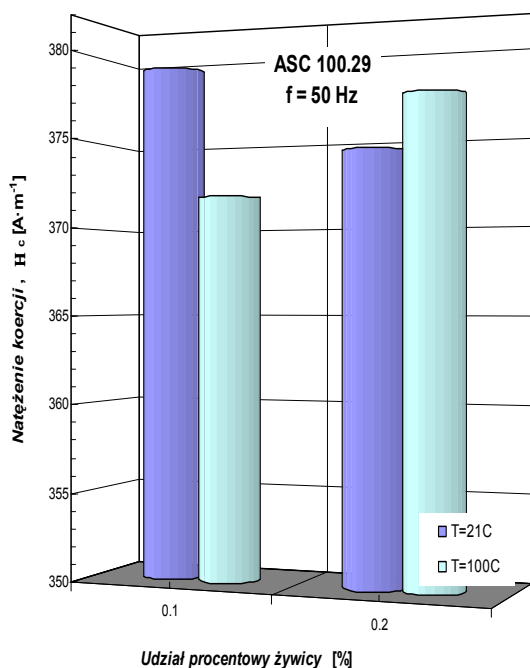
natomiast tych o zawartości 0,2% żywicy nieznacznie rośnie - prawie o 1% (Tab. 2, rys. 6 i rys. 7).



Rys. 5. Zmiany maksymalnej przenikalności magnetycznej



Rys. 6. Zmiany indukcji remanentu



Rys. 7. Zmiany natężenia koercji

4. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań pozwalają stwierdzić, że podwyższona temperatura pracy nie ma widocznego, negatywnego wpływu na właściwości magnetyczne dielektromagnetyków. Uzasadnić można to tym, że podwyższoną temperaturę pracy potraktować można jako dodatkową, długotrwałą obróbkę cieplną korzystnie wpływającą na właściwości magnetyczne dielektromagnetyków. Prowadzić może ona do korzystnego rozrostu ziaren nie powodując uszkodzeń w izolującej warstwie dielektrycznej.

Nie potwierdziły się tym samym przypuszczenia, że zaobserwowane w praktyce pogorszenie parametrów urządzeń elektrycznych wynikało z niekorzystnych zmian właściwości obwodów magnetycznych wykonanych z dielektromagnetyków powstałych w wyniku podwyższonej temperatury pracy. Zmiany te mogą być rezultatem np. niekontrolowanych i bardzo dużych przemagnesowań tych obwodów w stanach przejściowych powstających np. podczas awarii. Zagadnienia te wymagają jednak odrębnych badań.

5. Literatura

- [1]. Janta T., Kordecki A., Węgliński B., PM Soft Magnetic Composites versus Electrical Sheets. EURO PM2000, Workshop on 'Production and Applications of Soft Magnetic Materials for Electric Motors, Munich, Germany, 2000, Proceedings p. 15÷29,
- [2]. Antal L., Janta T., Własności ruchowe silników indukcyjnych małej mocy z wirnikiem z materiałów kompozytowych. Zeszyty Problemowe Maszyny Elektryczne nr 66, 2003, wyd. BOBRME Komel, Katowice, s. 53÷58,
- [3]. Jack A. G., Experience with the Use of Soft Magnetic Composites in Electrical Machines. International Conference on Electrical Machines, 1998, Istanbul, Turkey, p. 1441-1448,
- [4]. Janta T., Wpływ zjawisk starzeniowych na właściwości magnetyczne kompozytów proszkowych typu dielektromagnetyk. Kompozyty, Composites, PTMK, wyd. Politechnika Częstochowska, Rocznik 4, Nr 12, 2004 r., s. 384÷388,
- [5]. Janta T., Węgliński B., Wpływ obróbki cieplnej na stratność dielektromagnetyków. Kompozyty, Composites, PTMK, Rocznik 2, Nr 3, 2002 r. wyd. Politechnika Częstochowska, s. 91÷96,
- [6]. Janta T., Węgliński B., Wpływ rodzaju dielektryku na właściwości dielektromagnetyków. Kompozyty, Composites, PTMK, wyd. Politechnika Częstochowska, s. 165÷171.

Autor

Politechnika Wroclawska, Instytut Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, ul. Smoluchowskiego 19, 50-372 Wrocław, tel. (071) 320 33 75, e-mail: tomasz.janta@pwr.wroc.pl.