

65

9-12

PRACE
Instytutu
Maszyn
Matematycznych
PAN



P. 2225 | 64 | 65

Tom III

Praca B 9 (22)

RDZENIE ZWIJANE Z TAŚM WYSOKONIKLOWYCH PERMALOJÓW
GRUBOŚCI 0,02 mm DO PRZEŁĄCZNIKÓW PAMIĘCI BĘBNOWEJ

Zbigniew SZCZĘSNY

P R A C E

Instytutu Maszyn Matematycznych

P o l s k i e j A k a d e m i i N a u k

Tom III

Praca B 9/22/

RDZENIE ZWIJANE Z TAŚM WYSOKONIKLOWYCH
PERMALOJÓW GRUBOŚCI 0,02 mm DO PRZE-
ŁĄCZNIKÓW PAMIĘCI BĘBNOWEJ

Zbigniew SZCZĘSNY

Warszawa 1965

Copyright © 1965 - by Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa
Wszelkie prawa zastrzeżone

KOMITET REDAKCYJNY

Leon ŁUKASZEWICZ /redaktor/, Antoni MAZURKIEWICZ,
Tomasz PIETRZYKOWSKI /z-ca redaktora/, Dorota PRAWDZIC,
Zdzisław WRZESZCZ.

Redaktor działowy: Andrzej KOJEMSKI.

Sekretarz redakcji: Romana NITKOWSKA.

Adres redakcji: Warszawa, ul. Koszykowa 79, tel. 28-37-29

PW236/65

RDZENIE ZWIJANE Z TAŚM WYSOKONIKLOWYCH
PERMALOJÓW GRUBOŚCI 0,02 mm DO PRZE-
ŁĄCZNIKÓW PAMIĘCI BĘBNOWEJ

Zbigniew SZCZĘSNY

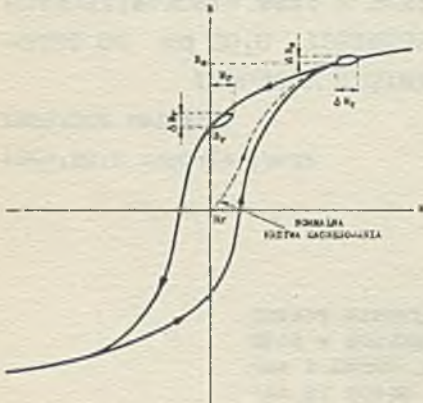
Pracę złożono 3.06.1964

Przedstawiono wyniki otrzymane przy opracowywaniu rdzeni zwijanych o właściwościach magnetycznie miękkich z taśm krajowych stopów wysokoniklowych P78M, P78C, 80HXC i supermalojów oraz importowanego stopu 79NM. Stopy te zawierały 78+80% Ni z dodatkami miedzi i molibdenu. Badania przeprowadzono na prototypowych rdzeniach, które wykonano w celu zastosowania w przekaźnikach do bezstykowego przełączania głowic pamięci bębnowej w maszynach cyfrowych. Dla badanych materiałów otrzymano przenikalności początkowe od 3500 do 12000 Gs/Oe i natężenia korekcji od 0,04 do 0,07 Oe. Pomiarów wykonano w stałym polu i w warunkach roboczych dynamicznych. Podano także optymalne warunki wyżarzania dla badanych stopów.

WSTĘP

W transformatorach nasycanych, których zasada pracy wykorzystywana jest w przekaźnikach magnetycznych, mamy do czynienia ze zjawiskiem zmian przenikalności magnetycznej materiału rdzenia na drodze między uzwojeniem wzbudzającym a uzwojeniem obciążenia pod wpływem sygnału sterującego. Podstawowe wymagania elektryczne stawiane tego rodzaju elementom dotyczą małych strat mocy i dużej szybkości zachodzenia odpowiednich zmian przenikalności pod wpływem możliwie niewielkiego sygnału sterującego. Zmiany te zależą w decydujący sposób od zmian przenikalności przyrostowej μ_{Δ} materiału magnetycznego rdzenia - dla zastosowań do przełączania

głowic - w zakresie od stanu nasycenia namagnesowania do stanu remanencji /rys. 1/. W związku z tym dla wymienionych zastosowań ważne było dobranie materiału o jak największych zmianach μ_{Δ} w tej części pętli histerezy.



Rys. 1. Przebieg pętli histerezy i normalnej krzywej magnesowania materiału magnetycznie miękkiego.

Wielkość zmian przenikalności przyrostowej można wyrazić współczynnikiem przełączania N - to jest stosunkiem przenikalności μ_{Δ} przy remanencji rdzenia do przenikalności $\mu_{\Delta s}$ przy nasyceniu. Największy współczynnik przełączania rzędu 100 przy polu sterującym 2 Az/cm /ok. 2,5 Oe/ uzyskano [1] dla rdzeni związanych z taśmami wysokoniklowych permalojów. Otrzymanie tak dużego współczynnika N było możliwe dzięki dużej przenikalności przyrostowej permalojów, a mały sygnał sterujący, przy którym uzyskano tak duży współczynnik, świadczył o niewielkich wartościach natężenia koercji tych stopów.

Poza tym w układach pamięci bębnowych wprowadzających dane z dużą prędkością wymagane jest przełączenie głowic w czasie kilkudziesięciu do kilkuset mikrosekund. Simmons [1], zakładając liniowość zmian strumienia ϕ_s przy przemagnesowaniu od nasycenia do remanencji, podał wyrażenia na czas przełączania przekątnika magnetycznego wykonanego na transformatorze nasycanym.

$$T = \frac{z \cdot \phi_s}{U \cdot 10^8} \quad [\text{sek}] ; \quad /1/$$

Jak wynika z zależności /1/ mały czas przełączania można otrzymać dla możliwie małej ilości zwojów z . Należy uwzględnić przy tym, że napięcie U przy zasilaniu z układów tranzystorowych uzwojenia sterującego z będzie niezbyt duże. Poza tym

Ilość zwojów z w warunkach dynamicznych uwarunkowana jest między innymi szerokością pętli histerezy, która zależy od natężenia koercji materiału i grubości użytej taśmy. Również z grubością taśmy jak i indukcją materiału oraz przekrojem rdzenia wiąże się przeniesienie odpowiedniej mocy ze źródła do obciążenia z niewielkimi stratami. Wszystkie te czynniki składały się na ogólne wymagania, które decydowały o wyborze właściwości użytych materiałów i o konstrukcji przekładników. Większość elektrycznych parametrów roboczych tych elementów, jak już wspomniano, była związana z właściwościami materiałowymi permalojów wysokoniklowych walcowanych na cienkie taśmy.

Otrzymanie optymalnych właściwości materiałowych badanych stopów było głównym celem pracy. Materiałem wyjściowym były gotowe już stopy w postaci taśm, wskutek tego na właściwości końcowe rdzeni można było wpłynąć tylko poprzez odpowiednią końcową technologię wytwarzania rdzeni, głównie przez obróbkę cieplną. Zmieniając temperaturę i czas wyżarzania oraz szybkość chłodzenia starano się otrzymać taki obieg pętli histerezy, który zapewniałby otrzymanie dużego współczynnika przełączania przy możliwie najmniejszej wartości pola podmagnesowującego.

Badania dotyczyły głównie wpływu końcowej obróbki cieplnej na parametry determinujące określony przebieg krzywej normalnej magnesowania i obieg pętli histerezy. Zbadano wpływ wyżarzania na przenikalność początkową μ_0 , przenikalność maksymalną μ_m , natężenie koercji H_0 , indukcję remanencji B_r i indukcję nasycenia B_s przy natężeniu pola równym 1 Oe. Badania μ_0 i μ_m przeprowadzono, mając na uwadze fakt, że przenikalności te są ważnymi parametrami charakteryzującymi zachowanie się materiału magnetycznie miękkiego w słabych polach, a wielkości ich w pewnym stopniu świadczą o sile przeciwdziałania wtrąceń niemagnetycznych, domieszek i defektów sieci krystalicznej. Wykonanie pomiarów wszystkich wymienionych parametrów było również celowe ze względu na możliwość porównania właściwości magnetycznych otrzymanych dla taśm grubości 0,02 mm z właściwościami podanymi przez wytwórców dla taśm o większej grubości.

PRACA DOŚWIADCZALNA

Stosowane materiały

W pracy zastosowano stopy wysokoniklowe z grupy permalojów molibdenowych, których składy chemiczne przedstawiono w tabelicy 1.

Skład chemiczny badanych stopów

Tabelica 1

Cecha stopu	Zawartość składników stopowych w %				Maksymalna ilość zanieczyszczeń w %				Rodzaj wytopu	Pochodzenie danych
	Ni	Mn	Cu	Fe	Mn	Si	C	S		
80HXC /I//II/	79,92 _± 80,03 _±	3,85 _± 4,02 _±	-	reszta	0,6	0,18	0,009	-	niepróż.	Spraw. IIM nr. 81/nb/59
P78M	78±80	3,78±4,2	-	reszta	0,8	0,02	0,01	0,008	"	RN-59 MPC-MN-4008
79NM	79	4	-	reszta	-	-	-	-	-	wyprodukowany w ZSRR
Supermaloj/I/	78,80, 79,40 _±	4,5±5,6	-	reszta	0,97	0,20	0,03	0,009	niepróż.	Spraw. IIM nr. 775/62/II
Supermal./II/	78,57 _± 79,04 _±	5,0±5,2	-	reszta	0,53	ślady	0,02	ślady	próżn.	Spraw. IIM nr. 775/61
P78C	78±80	3,5±3,9	4,7±5,1	reszta	0,8	0,02	0,01	0,008	niepróż.	RN-59 MPC-MN-4008

Tabelica 2

Zestawienie właściwości statycznych stopów 80HXC, P78M, 79NM, Superpermalojów i P78C, opracowane w oparciu o dane publikowane przez wytwórców poszczególnych stopów.

Cecha stopu	Grubość taśmy d [mm]	Przenikalność μ_5 [Gs/Oe]	Przenikalność maksymalna μ_m [Gs/Oe]	$H_m = 1 \text{ Oe}$			Pochodzenie danych
				Kątęzenie koercyjności H_c [Oe]	Indukcja remanencji B_r [Gs]	Indukcja nasycenia B_s [Gs]	
80 HXC Zgniot 86%	0,02	$\mu_m = 6000$	57000	0,037	3700	6000	otrzymane w IIM
	0,17	22000	160000	0,017±0,018	5100±5200	8200±8500	Spr. 81/nb/59 1959 r.
	0,2	17000±20000	136000±155000	0,012±0,018	4500±5400	7600±8900	
	0,35	17000±27000	137000±197000	0,011±0,14	4000±4500	7500±8300	
P78 M	0,05±0,1	3000	50000	0,05	-	7500	RN - 59 MPC - MN - 4008 1959 r.
	0,11±0,19	4000	60000	0,051	-	7500	
	0,20±0,34	5000	65000	0,04	-	7500	
	0,35±3,00	6000	75000	0,04	-	7500	
79 NM /79 NM/	0,02	6500	56000	0,046	5100	6900	otrzymane w IIM
	0,05±0,08	12000	60000	0,06	-	8000	Zaimowski Czudnowska Magnitnyje Materiały 1957 r.
	0,10±0,15	15000	80000	0,05	-	8000	
	0,18±0,15	18000	90000	0,03	-	8000	
	0,50±1,00	20000	100000	0,04	-	8000	
Superpermaloj zgniot 70%	0,1	~28000	280000	0,012	~5800	~7800	niepróżn. sprawozd. 775/62/II 1962 r.
Superpermaloj zgniot 70%	0,1	14000±17000	39000±100000	0,035±0,022	-	7200	sprawozd. 775/61 1953 r.
	0,1	50000±80000	100000±300000	0,01±0,008	-	7500	sprawozd. 775/61 1961 r.
P78 C	0,05±0,1	8000	40000	0,05	-	6300	RN - 59 MPC - MN - 4008 1959 r.
	0,11±0,19	9000	42000	0,051	-	6300	
	0,20±0,34	11000	45000	0,04	-	6300	
	0,35±3,00	12000	50000	0,04	-	6300	

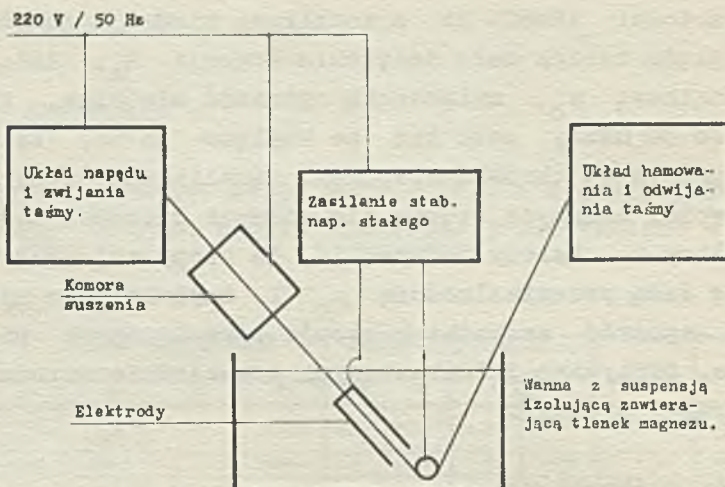
Stopy o zawartości 78±80% Ni z dodatkami miedzi i molibdenu wybrano ze względu na ich małe natężenie koercji H_c , dużą przenikalność początkową μ_0 , zwiększoną oporność właściwą, która wynosi od 45 do 50 $\mu\Omega\text{cm}$, poza tym ze względu na to, że wymagają stosowania prostszej obróbki cieplnej. Opublikowane przez wytwórców właściwości badanych stopów dla różnych grubości taśm zestawiono w tablicy 2. Należy podkreślić, że stopy tej grupy charakteryzują się dużą przenikalnością μ_0 i najmniejszym natężeniem koercji H_c spośród wszystkich stopów permalojowych produkowanych w kraju. Otrzymano je stosowanymi powszechnie metodami wytopu w powietrzu i próżni^{*)}.

Przygotowanie próbných rdzeni

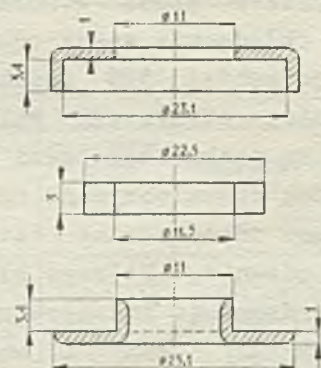
Dostarczane przez wytwórców taśmy grubości 0,1 mm i większej wyżarzano międzyoperacyjnie w piecu wodorowym, w temperaturze 800°C w ciągu 1 godziny. Chłodzenie wsadu odbywało się z piecem. Czynności te powtarzano po każdej 50% redukcji grubości aż do 0,02 mm. Taśmę tej grubości otrzymywano walcując na zimno^{**)}. Po walcowaniu, taśmę cięto na paski szerokości 3 mm. Celem usunięcia gratu po cięciu, taśmę rozwałcowywano na dwuwałkowej walcarni. Po tej operacji taśmę odtłuszczano czterochlorkiem węgla, następnie izolowano w urządzeniu, którego blokowy schemat przedstawia rys. 2. Zwijanie rdzeni do żądanych wymiarów odbywało się z równoczesnym izolowaniem [2] taśmy i suszeniem izolacji. Po zwinięciu, rdzenie wyżarzano w atmosferze suchego /pkt.rosy -50°C/ i czystego /0,0001% O₂/ wodoru, w zakresie temperatur od 1000 do 1300°C i w czasie od 1 do 12 godz. Po obróbce cieplnej rdzenie wkładano do wykonanych z polimetakrylenu metylu karkasów o budowie przedstawionej na rys. 3 i fot. 1. Przebieg procesu wytwarza-

*) Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice, ul. Sobieskiego 11. Zakład Produkcji Doświadczalnej Instytutu Metali Nieżelaznych, Gliwice, ul. Piwna 10.

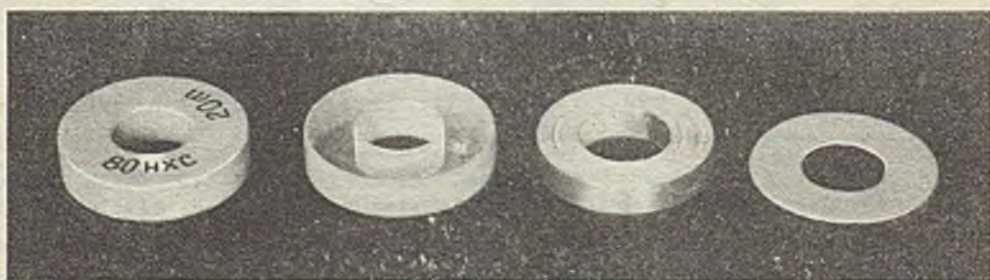
***) Centralne Laboratorium Obróbki Plastycznej, Poznań, Pl. Curie-Skłodowskiej 5.



Rys. 2. Blokowy schemat układu do izolowania taśm.

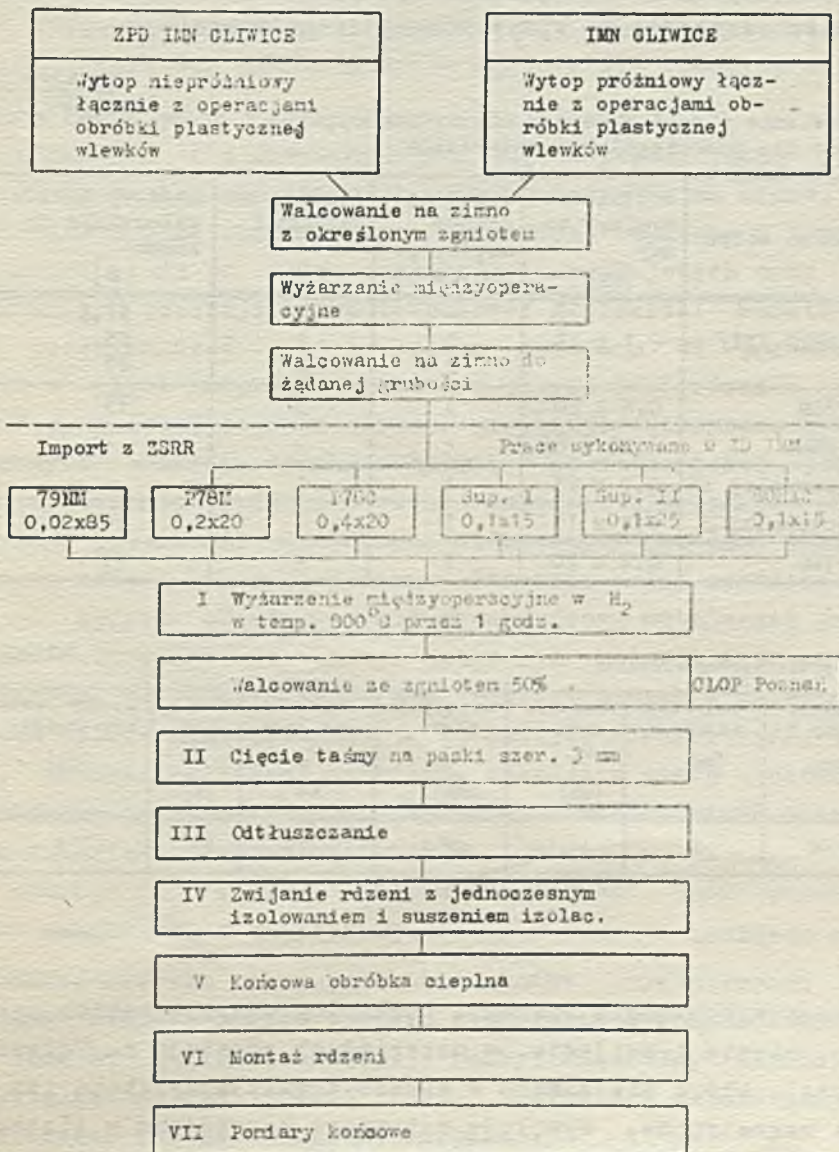


Rys. 3. Rdzeń z obudową



Fot. 1. Rdzeń przełącznikowy wraz z elementami składowymi

nia rdzeni przedstawiono w uproszczeniu na rys. 4. Poniżej przerywanej linii zestawiono operacje, które wykonano w tej pracy. W tabelicy 3 zestawiono ilości wyżarzeń między operacjami i przewalcowań wykonanych dla poszczególnych materiałów.



Rys. 4. kolejność operacji technologicznych w procesie wytwarzania rdzeni zwijanych.

Próbki o wymiarach podanych w tabelicy 4 wykonano w postaci obwodu zamkniętego jakim jest pierścień otrzymany przez spiralne zwinięcie taśmy magnetycznej. Współczynnik wypełnienia materiałem magnetycznym dla tych rdzeni wynosił 68%. Stosunek średnicy zewnętrznej do wewnętrznej był jak 2:1. Przy takim stosunku średnic uwzględniano wpływ różnej drogi magnetycznej.

Tabelica 3

Zestawienie ilości wyżarzeń międzyoperacyjnych i przewalcowań wykonanych dla poszczególnych materiałów

Cecha stopu	Wejściowe wymiary taśmy [mm]	Ilość wyżarzeń międzyoperacyjnych	Ilość przewalcowań	Końcowy zgniot walcowania na zimno [%]
80HXC /II/	0,1 x 15	-	1	97,5
		1	1	95
		2	2	87
P78M	0,2 x 20	3	3	75
79NM	0,02 x 85	-	-	-
Supermaloj II	0,1 x 25	1	1	-
Supermaloj I	0,1 x 15	1	1	-
P78C	0,4 x 20	4	4	75

Dane prototypowego rdzenia

Tabelica 4

Grubość taśmy d [mm]	Szerokość taśmy h _t [mm]	Średnica wewn. D _w [mm]	Średnica zewn. D _z [mm]	Przekrój mat. magn. S _m [cm ²]	Współ. wyp. W _p [%]	Ciepłota rdzeni bez obudowy G [g]
0,02	3	11,5	22,5	0,114	68	5

Obróbka cieplna.

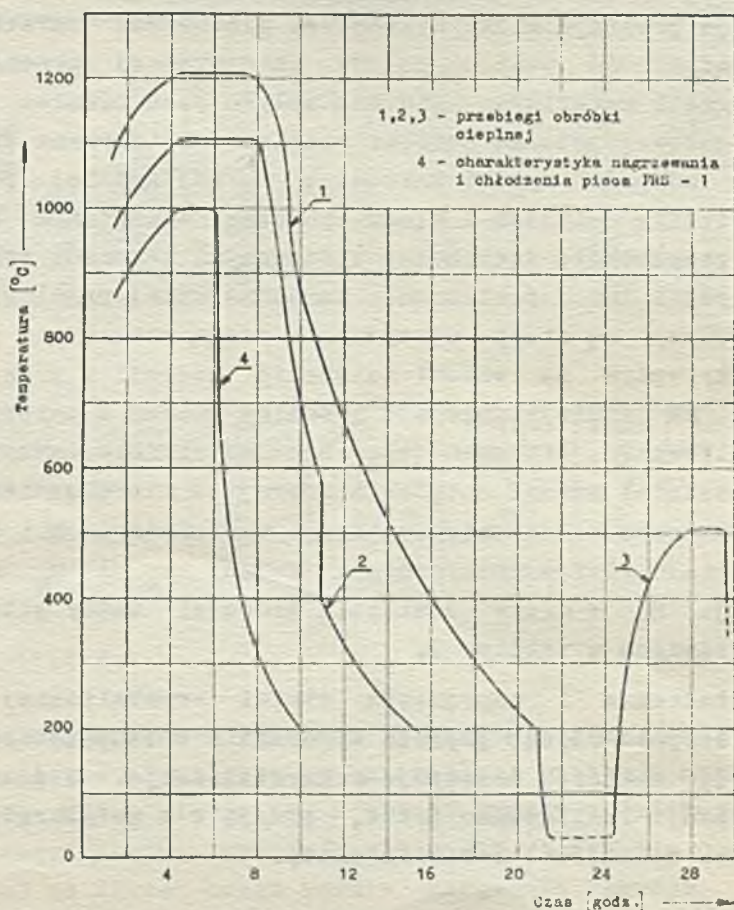
Podczas wykonywania operacji technologicznych, takich jak walcowanie, cięcie i zwijanie, w materiałach powstają naprężenia mechaniczne, które nie zawsze w sposób trwały modyfikują ich właściwości magnetyczne, wywołują natomiast naprężenia w siatce krystalicznej na skutek czego rośnie natężenie koercji, a przenikalność początkowa i maksymalna maleje. Również przekręcenie się

osi kryształów do określonego położenia względem kierunku siły, tak że kryształy osiągają możliwie jednolitą orientację wpływającą na wielkość B_r , ma miejsce przy silnym zgniataniu występującym podczas walcowania. Wskaźnikiem wielkości siły zgniatania jest współczynnik zgniotu, definiowany jako stosunek różnicy grubości przed walcowaniem i po walcowaniu do grubości przed walcowaniem. Wielkości współczynników zgniotu dla badanych stopów podano w tablicy 3.

Pogorszenie się przenikalności μ_0 w permalojach, pod wpływem zmniejszania ich grubości przez walcowanie na zimno, zostało zbadane między innymi przez Richardsa, Walkera i Lynoha [3]. Stwierdzono, że po walcowaniu taśm permalojowych przy ich powierzchniach powstają kilku mikronowej głębokości warstwy, których przenikalność jest o połowę mniejsza od przenikalności warstw w głębi materiału. Nie bez wpływu jest również czystość atmosfery gazowej podczas obróbki cieplnej. Otrzymane przez wymienionych autorów wyniki wskazują, że najbardziej podatne na zanieczyszczenia wilgoci i tlenu podczas wyżarzania są stopy otrzymane powszechnie dotychczas stosowanymi metodami przez wytapianie w próżni lub w powietrzu. Znacznie mniej wrażliwe na tego rodzaju wpływy są stopy otrzymywane drogą metalurgii proszków. Również duży wpływ na wzrost natężenia koercji i przenikalność początkową ma zmniejszanie się średnicy ziaren w materiale pod wpływem walcowania. Littmann [4], badając cienkie taśmy permalojowe, uzasadniał wzrost natężenia koercji w miarę obniżania grubości taśmy przez walcowanie zmianami w wielkościach i kształcie domen materiału ferromagnetycznego. Zmiany μ_0 i μ_m i natężenia koercji H_c w miarę obniżania grubości taśmy potwierdzają wyniki zestawione w tablicy 2.

Zniekształcenia i naprężenia siatki krystalicznej można w znacznym stopniu usunąć poprzez wyżarzanie w temperaturze powyżej 1000°C , w której następuje rekrytalizacja. W pracy proces rekrytalizacji realizowano przez, przyjęte w metalurgii, stosowanie trzech rodzajów obróbki cieplnej.

- I. Nagrzewanie do ustalonej temperatury żarzenia, utrzymanie jej przez określoną ilość godzin i chłodzenie z określoną szybkością lub z piecem do temperatury ok. 200°C .
- II. W porównaniu z pierwszym sposobem różnica polegała na odmiennym chłodzeniu w zakresie temperatur $400\div 600^{\circ}\text{C}$. Chłodzenie przebiegało z określoną szybkością, następnie wsad chłodzono w powietrzu lub z piecem do temperatury 200°C przy stałym przepływie wodoru.
- III. Rdzenie wyżarzane pierwszym sposobem poddawano powtórnej obróbce polegającej na podgrzewaniu próbek do $400\text{--}600^{\circ}\text{C}$ i szybkim chłodzeniu w powietrzu lub wodorze.



Rys. 5. Przebiegi stosowanych rodzajów obróbki cieplnej.

Przebiegi wymienionych rodzajów obróbki cieplnej przedstawiono wykreslnie na rys. 5. Obróbkę cieplną według wymienionych trzech rodzajów wykonywano dla różnych temperatur w zakresie od 1000 do 1300°C, dla różnych czasów wyżarzania w szczytowej temperaturze od 1 godz. do 12 godz. i dla różnych szybkości chłodzenia. Szybkości te w zakresie od temperatury szczytu do końcowej zmieniano od 100 do 300°C/godz, a dla zakresu temperatur 400-600°C od 50 do 100°C/godz. Jak podaje Bozorth [5], Chegwidde i Ashworth w wyniku przeprowadzonych prac stwierdzili, że duże przenikalności początkowe można otrzymać dla permalojów o zawartości 78±80% Ni i 4% Mo, jeśli szybkość chłodzenia do temperatury 450°C będzie wynosiła 50°C/godz. Według Boothby i Bozortha [6] istotne jest właściwe dobranie temperatury, do której studzenie będzie przebiegało z określoną szybkością. Przeprowadzone w pracy próby obróbki cieplnej uwzględniają wnioski wymienionych autorów. Optymalne warunki wyżarzania dla poszczególnych stopów zestawiono w tablicy 5. Ustalono je na podstawie wyników otrzymanych z pomiarów badanych rdzeni w warunkach roboczych dynamicznych.

Zestawienie właściwości statycznych rdzeni, wyżarzonych w optymalnych warunkach

Tablica 5

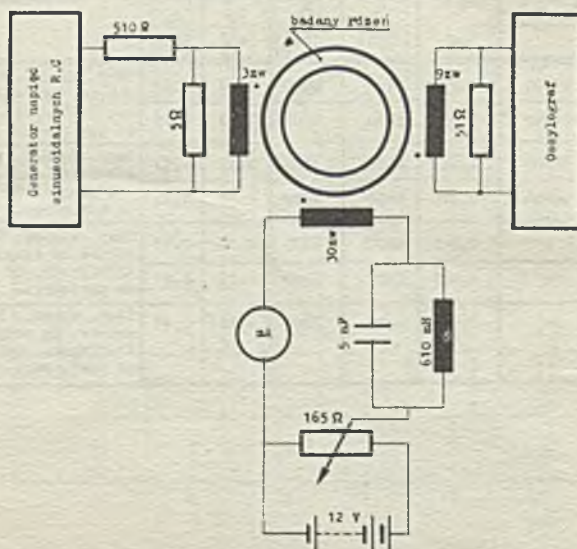
Cecha stopu	μ_0 [Gs/Oe]	μ_{max} [Gs/Oe]	Właściwości statyczne przy $H_m = 1$ Oe					Optymalna obróbka cieplna
			H_c [Oe]	B_r [Gs]	B_m [Gs]	B_m [B _r]	B_r [B _m]	
80 HXC /I/	6000	57000	0,037	3700	6000	1,64	0,61	Temp. wyżarz. 1200°C czas 4 godz., chłodzi. do temp. 570°C z szybkością 120°C/godz. Od temp. 570°C chłodzi. na powietrzu.
80 HXC /II/	5200	120000	0,035	5100	7000	1,37	0,73	Temp. wyżarz. 1200°C czas 4 godz., chłodzi. do temp. 450°C z szybkością 120°C/godz. Od temp. 450°C chłodzi. na powietrzu.
F78M	5700	56000	0,053	5500	7500	1,37	0,73	Temp. wyżarz. 1200°C czas 6 godz., chłodzi. do temp. 400°C z szybkością 120°C/godz. Od temp. 400°C chłodzi. na powietrzu.
79NM	6500	56000	0,046	5100	6900	1,35	0,74	Temp. wyżarz. 1200°C czas 4 godz., chłodzi. do temp. 250°C z szybkością 120°C/godz. Od temp. 250°C chłodzi. na powietrzu.
Supermaloj /II/	12000	-	0,041	5200	6700	1,30	0,77	Temp. wyżarz. 1200°C czas 6 godz., chłodzi. do temp. 400°C z szybkością 120°C/godz. Od temp. 400°C chłodzi. na powietrzu.
Supermaloj /I/	5400	-	0,075	5400	6600	1,23	0,81	Temp. wyżarz. 1200°C czas 4 godz., chłodzi. do temp. 250°C z szybkością 120°C/godz. Od temp. 250°C chłodzi. na powietrzu.
F78C	3500	-	0,075	3400	7200	2,12	0,47	Temp. wyżarz. 1200°C czas 4 godz., chłodzi. do temp. 250°C z szybkością 120°C/godz. Od temp. 250°C chłodzi. na powietrzu.

Pomiary elektryczne w polu stałym.

Pomiary właściwości magnetycznych rdzeni wykonano na układzie Stat-1 w stałym polu magnetycznym dla ustalonego obiegu histerezy przy natężeniu pola magnesującego $H_m = 1$ Oe. Metodą balistyczną komutacyjną wyznaczano indukcję maksymalną B_m . Indukcję remanencji B_r i natężenie koercji H_c mierzono przez stopniowe zmniejszenie prądu magnesującego. Metodą komutacyjną w układzie balistycznym wyznaczono również krzywą magnesowania normalną. Z krzywej tej w zakresie pola magnetycznego do 5 mOe określano przenikalność μ_0 jako tangens kąta nachylenia stycznej do tej krzywej w punkcie $B = 0$ i $H = 0$. Krzywą tą posłużono się również przy określaniu przenikalności maksymalnej μ_{max} , która definiowana jest jako stosunek wartości B i H , wyznaczających punkt styczności krzywej magnesowania normalnej z prostą poprowadzoną ze środka układu współrzędnych.

Pomiary robocze dynamiczne.

Pomiary badanych rdzeni, w warunkach roboczych dynamicznych, wykonano w układzie, który ilustruje rys. 6. Częstotliwość wzbudzającego sinusoidalnego napięcia wejściowego wynosiła 88 kHz.



Rys. 6. Zestaw układu do pomiaru roboczych charakterystyk dynamicznych.

Na trójzwojowe uzwojenie wejściowe przykładano napięcie U_1 o amplitudzie równej 8 mV. Stały prąd sterujący zmieniano skokowo w zakresie od 0 do 500 mA. Zmiany amplitudy napięcia U_2 mierzonego na 9-cio zwojowym uzwojeniu obciążenia w funkcji pola podmagnesowującego wyznaczały roboczą charakterystykę dynamiczną badanego rdzenia. Drugą roboczą charakterystykę otrzymywano przez wykreślenie przebiegu zależności współczynnika przełączania N od pola /prądu/ podmagnesowującego $H_{\underline{}}$. Przyjęto, że współczynnikiem N określa się stosunek amplitudy napięcia U_2 przy zerowym polu podmagnesowującym do amplitudy napięcia U_2 przy określonej wartości tego pola:

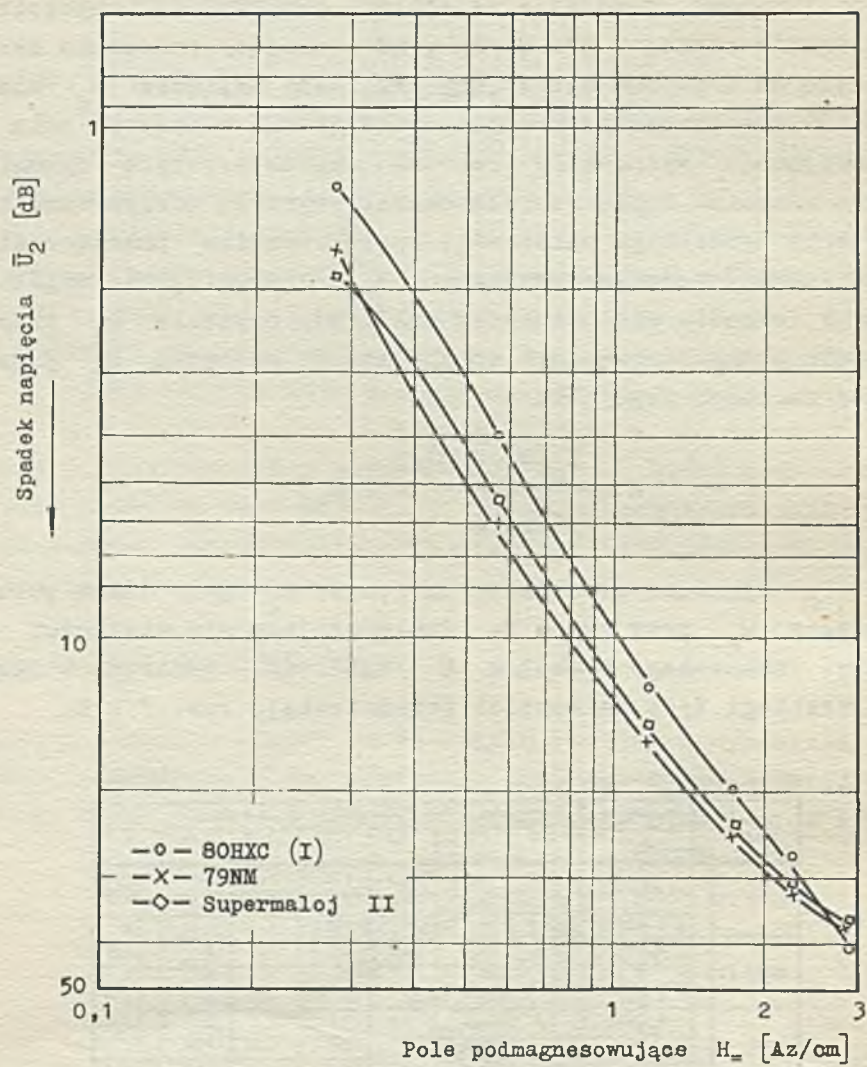
$$N = \frac{\bar{U}_2(H_{\underline{}} = 0)}{\bar{U}_2(H_{\underline{}})} = F(H_{\underline{}}) \quad /2/$$

Zmiany U_2 wyrażono stosunkiem napięcia U_2 przy danym polu $H_{\underline{}}$ do napięcia U_2 przy $H_{\underline{}} = 0$. Zmniejszające się wielkości tego stosunku, oznaczonego symbolem U /tabl. 6/, wyrażono w decybelach. Przebiegi tych zależności przedstawiają rys. 7 i 8.

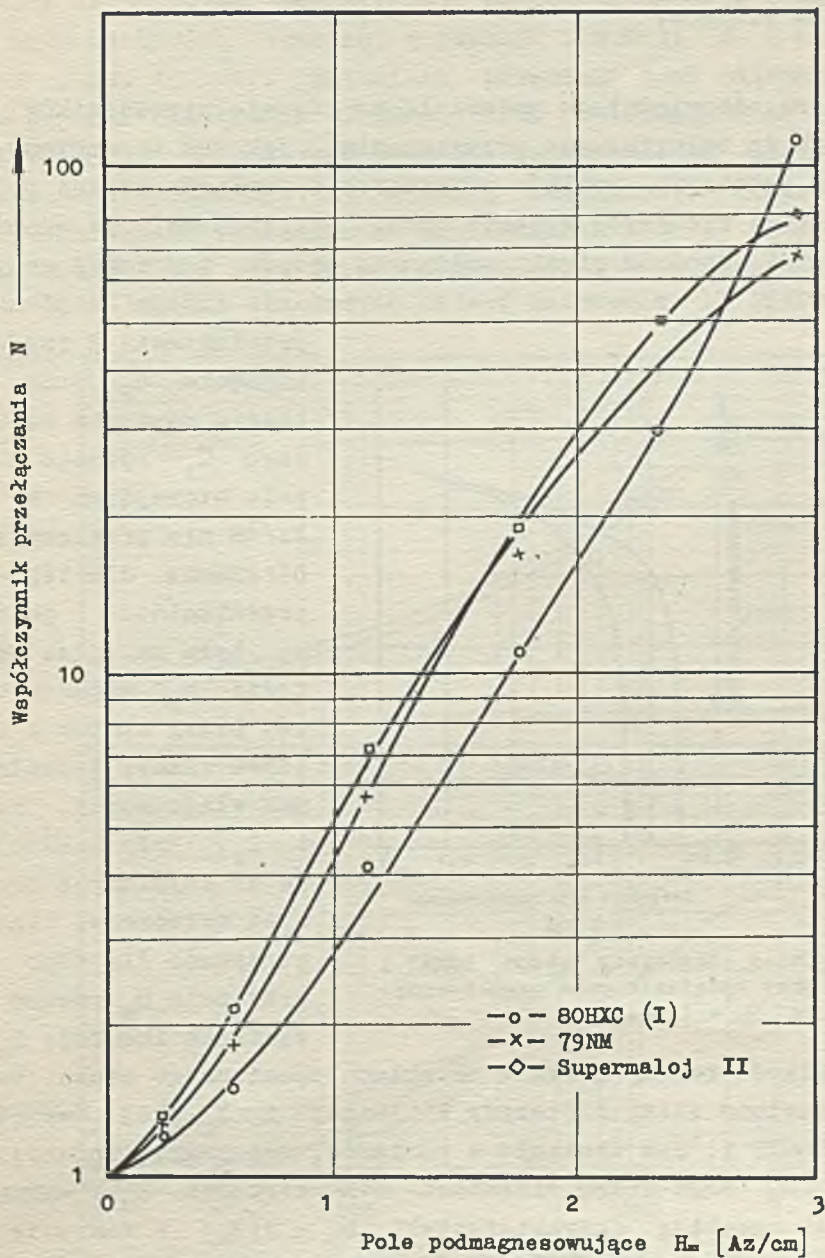
#yniki pomiarów dynamicznych

Tablica 6

Cecha stopu	Zmienne zależne od $H_{\underline{}}$	Pola polaryzacji $H_{\underline{}} = \alpha x/cm$						
		2,8	2,25	1,7	1,15	0,55	0,28	0
80H4C /I/	U_2 /mV/	0,2	0,8	2,5	6,2	16,4	22	25,4
	N	127	53	10,4	4,1	1,55	1,16	1
	U /dB/	42	26	20	12,2	4	1,31	0
80H4C /II/	U_2 /mV/	0,2	0,4	0,8	2,5	7,5	14	22,5
	N	112	56	28	9	3	1,6	1
	U /dB/	42	35	29	19	9,5	4	0
P78M	U_2 /mV/	0,4	1,2	2,8	5,6	12	15,7	20,0
	N	50	16,7	7,15	3,6	1,67	1,27	1
	U /dB/	34	24,3	17,4	11,3	4,3	2,17	0
79NM	U_2 /mV/	0,3	0,5	1,2	2,8	9,5	16,5	20,0
	N	67	40	16,7	7,15	2,1	1,21	1
	U /dB/	36,5	32	24,3	17,3	6,1	1,7	0
Supermaloj /I/	U_2 /mV/	0,35	0,5	1,1	2,6	9,1	14,2	20,0
	N	57	40	18,2	7,7	2,2	1,4	1
	U /dB/	35	32	25,2	17,4	6,95	3	0
Supermaloj /II/	U_2 /mV/	0,25	0,4	1,1	3,5	11,5	16,2	20,0
	N	80	50	18,2	5,7	1,75	1,25	1
	U /dB/	38	33,9	25,2	14,8	5,2	1,94	0
P78C	U_2 /mV/	0,35	0,8	2,3	7,1	14,7	17,5	20,0
	N	57	25	8,7	2,8	1,35	1,14	1
	U /dB/	35	27,8	18,24	8,7	2,6	1,14	0



Rys. 7. Krzywe $\bar{U}_2 = F(H_m)$ dla stopów 80HXC (I), 79NM, Supermaloj II.



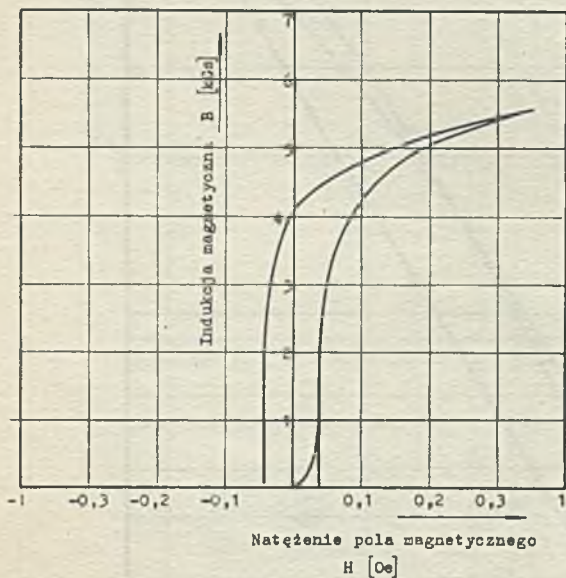
Rys. 8. Krzywe $N = F(H_m)$ dla stopów 80HXC (I), 79NM, Supermaloj II.

DYSKUSJA WYNIKÓW.

Wyboru odpowiedniego materiału na rdzenie przekładników magnetycznych do bezstykowego przełączania, jak już wspomniano, dokonano na podstawie wyników uzyskanych z pomiarów rdzeni próbnych w warunkach roboczych dynamicznych. Stwierdzono, że najbardziej odpowiedni spośród pięciu zbadanych stopów tej samej grupy był stop 80HXC I, zapewniał bowiem otrzymanie dużego współczynnika

przełączania N rzędu $95 \div 100$.

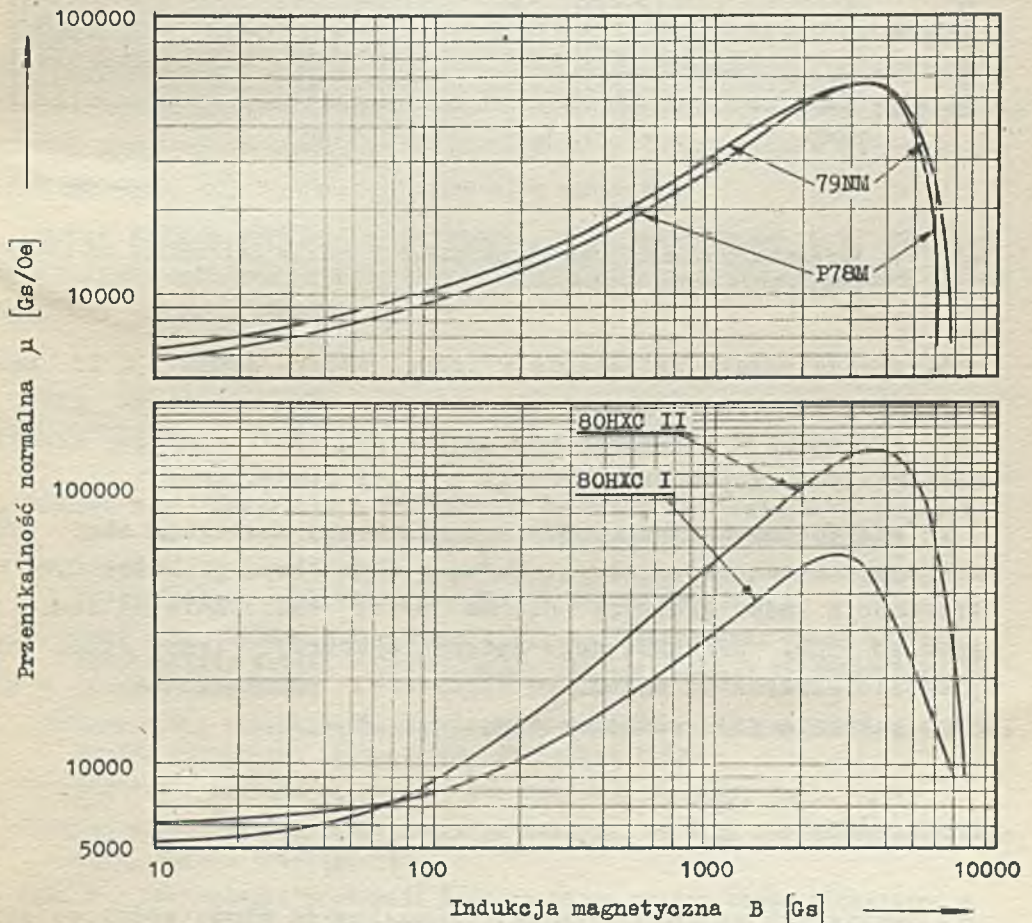
Napięcie \bar{U}_2 przy amplitudzie napięcia wzbudzającego \bar{U}_1 równego 8 mV i polu sterującym $H_m = 0,28$ Az/cm nie przekracza 1,4 dB. Otrzymana dla tego stopu przenikalność początkowa μ_0 była mniejsza od wartości μ_0 uzyskanych dla tej klasy stopów i tej grubości taśmy, pozostałe jednak właściwości, jak μ_m i H_c , były bardzo zbliżone do uzyskanych przez innych wytwórców. Natomiast otrzymano dla tego stopu, przy polu H_m równym 1 Oe, zaniżoną indukcję B_m , której



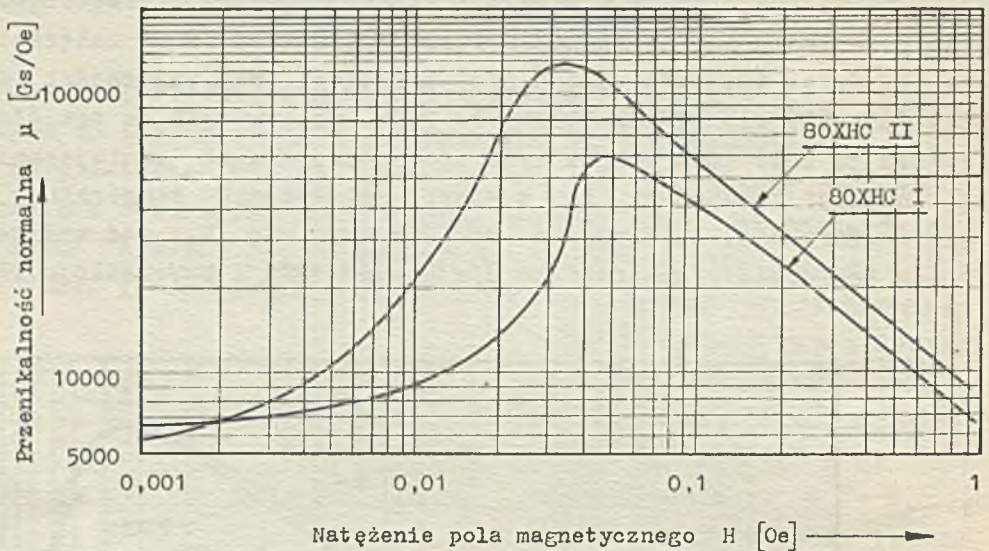
Rys. 9. Obieg histerezy stopu 80HXC I przy natężeniu pola magnetycznego $H_m = 1$ Oe.

rej wielkość zależy głównie od składu chemicznego stopu. Na rys.9 przedstawiono obieg histerezy w I-szej i II-giej ćwiartce dla stopu 80HXC I. Jak wynikało z pomiarów, otrzymanie indukcji remanencji B_r tego stopu wielkości 61% wartości B_m , warunkowało właściwy przebieg charakterystyki $U_2 = F(H_m)$ w zakresie zmian pola sterującego od 0,28 do 2,8 Az/cm. Należy przy tym podkreślić, że taśmy ze stopu 80HXC I były walcowane na zimno ze zgniotem nie większym niż 60%. Ten sam stop ale z drugiego wytopu i

walcowany ze zgniotem 86% wykazuje znaczne różnice w przebiegach zmian przenikalności normalnej w funkcji indukcji B i natężenia pola H /rys. 10, 11/. Natomiast przebiegi tych zależności są bardzo podobne dla stopów 79NM i P78M walcowanych ze zgniotem większym od 70%. Dla stopów tych nie zaobserwowano zmniejszania się indukcji remanencji B_R w miarę zwiększania temperatury i czasu wyżarzania. Nieznaczne zmniejszanie się B_R pod wpływem wzrostu temperatury obserwowano dla stopów P78C i Supermalaju II.



Rys. 10. Przenikalność normalna stopów BOHXC I i II oraz 79NM i P78M w zależności od indukcji.



Rys. 11. Przenikalność normalna stopu 80XHC I i II w zależności od natężenia pola magnetycznego.

Otrzymane przez wytapianie w próżni stopy 80XHC I i II oraz Supermaloj II wykazały znacznie mniejsze H_c niż stopy P78M i P78C otrzymane w warunkach przemysłowych. Różnice między właściwościami tych stopów potwierdzały pomiary dynamiczne.

Ze względu na małą wartość B_r , na uwagę zasługuje stop P78C otrzymany metodą przemysłową. Taśmę z tego stopu grubości 0,02 mm otrzymano z taśm grubości 0,4 mm przez walcowanie na zimno ze zgniotem 50%. Jednakże duże natężenie koercji tego stopu nie sprzyjało otrzymaniu dużego współczynnika przełączania N w badanym zakresie pola podmagnesowującego H_m .

PODSUMOWANIE

Z powyższych rozważań wynika, że najlepsze właściwości do zastosowań w przekaźnikach bezstykowych mają rdzenie ze stopu 80XHC I. Gorsze charakterystyki, dostateczne jednak dla tych zastosowań, mają rdzenie ze stopów 79NM i Supermalaju II. Pozostałe

stopy mogą być stosowane tam, gdzie wymagana jest duża wartość przenikalności maksymalnej lub stosunkowo niska wartość B_r . Otrzymane przebiegi optymalnej obróbki cieplnej dla poszczególnych stopów wykazują nieznaczne różnice. Próby przeprowadzenia innych sposobów wyżarzania, zalecanych w literaturze [2], [4], [5], nie przyniosły wyraźnych zmian właściwości, dlatego też przy wyborze optymalnej obróbki cieplnej uwzględniono również łatwość jej wykonania.

Autor wyraża podziękowanie mgr inż. W. Ciastoniowi za udzielenie cennych wskazówek i rad dotyczących technologii i właściwości rdzeni transformatorów nasyconych oraz mgr inż. W. Bojarskiemu za stronę wykonawczą pomiarów statycznych i dynamicznych prototypowych rdzeni.

Autor składa również podziękowanie J. Włodawcowi i A. Pichlowi za staranne wykonanie wszystkich czynności technologicznych związanych z tematem pracy.

Literatura

1. SIMMONS B.D.: Saturable - Transformer Switches Application to Magnetic - Drum Head Selection, Electronic Radio Engineer, March 1959.
2. PASIEWICZ L., PAC R.: Sposób wytwarzania cienkich warstw izolacyjnych na przewodnikach elektrycznych, Patent PRL nr 44595.
3. RICHARDS O.E., WALKER E.V., LYNCH A.C.: An Experimental Study of High Permeability Nickel - Iron Alloys, The Institution of Electrical Engineers, May 1956.
4. LITTMANN M.F.: Ultrathin Magnetic Alloy Tapes with Rectangular Hysteresis Loops, Electrical Engineering, September 1952.
5. BOZORTH R.M.: Ferromagnetism, D. Van Nostrand Company, Inc., 1951.
6. BOOTHBY O.L., BOZORTH R.M.: Magnetic Material of High Permeability, Journ. Appl. Phys., 1947:18, 173.
7. RUSZ J.: Technologia produkcji taśm ze stopu magnetycznie miękkiego o składzie 79%Ni, 5% Mo, reszta Fe typu "Supermaloj", Sprawozdanie Nr 775/1961.
8. RUSZ J. Technologia produkcji stopu magnetycznie miękkiego o zawartości 80 Ni, 4MoFe /permaloj 80HXC/, Sprawozdanie Nr 81/nb/1959.
9. RUSZ J.: Opracowanie metody produkcji stopu magnetycznie miękkiego mumental, Sprawozdanie Nr 170/N/1953.

PERMALLOY CORES APPLIED TO DRUM STORAGE SWITCHES.

Summary

Cores were made of wound tapes 0,02 mm thick, obtained by cold-rolling of permalloys containing 78-80% Ni, 4% Mo and 5% Cu.

The initial μ_0 permeability obtained, measured in constant field, was from 3500 to 12000 Gs/Oe, maximum permeability - from 50000 to 120000 Gs/Oe, H_c coercive force - from 0,04 to 0,07 Oe and B_S peak flux density - from 6000 to 7500 Gs. B_S was measured, the H_m force magnetizing being = 1 Oe.

Core dimensions, without coating, were the following:

$$OD = 22.5 \text{ mm}$$

$$ID = 11.5 \text{ mm}$$

$$H = 3 \text{ mm}$$

magnetic material cross-section $S_m = 0,114 \text{ cm}^2$
stacking factor = 68%

Cores were measured under dynamic operation conditions, the frequency being 88 kc/s.

Amplitudes of U_2 voltage were measured on 9-wire winding of loading, the I_m control current being then exposed to changes. During the operation the amplitude of the sinusoidal voltage U_1 , equalling 8 mV, was constant and given to a 3-wire excitation winding. The control current was changed from 0 to 500 mA /about 2.8 Aw/cm/.

The voltage ratio U_2 for the current $I = 0$ to U_2 for $I_m = 500 \text{ mA}$ was various for separate alloys, the maximal, about 100, was obtained for 80HXC I alloy.

The results of experiments permit us to state that the above given core properties can be obtained by annealing at 1200°C during 4 - 6 hours, and by cooling to 250 + 570°C at the rate 120 c/h.

Cores obtained may be applied to switches of drum storage heads in digital computers.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej

P

2225/64/65

B 9(22)