

Patent dodatkowy
do patentu _____

Kl. 21 e, 33/12

Zgłoszono: 6.X.1967 (P 122 902)

Pierwszeństwo: _____

MKP G 01 r

Opublikowano: 30.XII.1969

CZYTELNIĄ

UKD
Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórca wynalazku: mgr inż. Tomasz Postupolski

Właściciel patentu: Zakład Materiałów Magnetycznych „Polfer”, War-
szawa (Polska)

Sposób segregacji rdzeni i podzespołów magnetycznych

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób segregacji rdzeni i podzespołów magnetycznych, wykazujących efekty opóźnienia magnetycznego — pod względem ich długookresowej niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej lub parametrów równoważnych.

Dotychczasowe sposoby wyznaczania długookresowej niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej tlenkowych materiałów magnetycznych polegały na rejestracji przez bardzo długie okresy czasu zmian przenikalności magnetycznej rdzeni i podzespołów w ściśle określonych warunkach, to jest przy stałej temperaturze i braku obcych wymuszeń. Jako okres minimalny przyjęto w przemyśle elektronicznym uważać czas badania jednej próbki równy dziesięć tysięcy godzin, a tylko w przypadku badań skróconych dopuszczono zmniejszenie tego okresu do tysiąca godzin. Czas ten powodował blokowanie drogocennych urządzeń pomiarowych na bardzo długie okresy czasu a wobec małej wydajności tych urządzeń na ich zwielokrotnianie i na znaczny wzrost nakładów inwestycyjnych na te cele. Wyniki tych pomiarów nie mogły być naturalnie wykorzystywane do bieżącej kontroli jakości produkcji. Przykład przebiegu zmian przenikalności magnetycznej rdzeni wykonanych z ferrytu manganowo-cynkowego o początkowej przenikalności magnetycznej bliskiej 1000 Gs/Oe w czasie od 10^{-4} do 10^{12} dni, w temperaturach zbliżonych do temperatury pokojowej, przedsta-

2

wiono na fig. 1. W tym okresie czasowym możemy wyróżnić trzy zasadnicze obszary czasowe.

Obszar czasowy 3 odpowiadający czasokresowi wyprodukowania i pierwszego pomiaru własności rdzenia.

Obszar czasowy 2 odpowiadający czasokresowi magazynowania rdzeni, ich zamontowania do urządzenia oraz eksploatacji tego urządzenia.

Obszar czasowy 1 odpowiadający czasokresowi leżącemu poza obszarami 3 i 2, nie mający technicznego znaczenia.

Znane i badane są również odwracalne, krótkotrwałe zmiany przenikalności magnetycznej rdzeni lub parametru równoważnego podzespołów magnetycznych po ich rozmagnesowaniu zmiennym polem magnetycznym o malejącej amplitudzie. Zmiany te mają charakter odwracalny i są następstwem dyfuzyjnego opóźnienia magnetycznego typu Richtera. Zmiany te można opisać wzorem ogólnym

$$\frac{\Delta x}{x} \bigg|_{\tau_1, \tau_2} = \frac{x(\tau_1) - x(\tau_2)}{x(\tau_1) \cdot \log \frac{\tau_2}{\tau_1}} \quad (1)$$

w którym $\frac{\Delta x}{x}$ oznacza względną zmianę przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego x badanego rdzenia lub podzespołu magnetycznego w czasie odcinka czasowego między punktami czasowymi τ_1 i τ_2 mierzonymi od chwili zakończenia ich rozmagnesowania.

W odniesieniu do przenikalności magnetycznej rdzeni μ wzór (1) przybierze postać

$$\left. \frac{\Delta \mu}{\mu} \right|_{\tau_1, \tau_2} = \frac{\mu(\tau_1) - \mu(\tau_2)}{\mu(\tau_1) \cdot \log \frac{\tau_2}{\tau_1}} \quad (2)$$

w którym względną wielkość zmian przenikalności magnetycznej nazwano dezakomodacją przenikalności magnetycznej rdzeni.

Szczególnym przypadkiem dezakomodacji przenikalności magnetycznej rdzeni jest wartość tych zmian dla przypadku, gdy stosunek czasów $\frac{\tau_2}{\tau_1}$ jest

równy dziesięć. Wartość ta zwana dezakomodacją dziesiętną przenikalności magnetycznej i oznaczana jest symbolem d . Dezakomodacja dziesiętna określona jest z wyrażenia

$$d = \frac{\mu(\tau_1) - \mu(\tau_2)}{\mu(\tau_1) \cdot \log \frac{\tau_2}{\tau_1}} \quad \text{dla } \frac{\tau_2}{\tau_1} = 10 \quad (3)$$

i stanowi jedną z cech charakterystycznych materiału magnetycznego oraz podawana jest przez producenta w katalogach materiałowych producentów tych materiałów. Wzory (1), (2) i (3) nie nadają się jednak do wyznaczania długookresowej niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej większości rdzeni i podzespołów magnetycznych.

W materiałach i podzespołach magnetycznych badane są również przebiegi temperaturowe dezakomodacji dziesiętnej przenikalności magnetycznej. Przebiegi te zwane są widmami temperaturowymi dezakomodacji dziesiętnej przenikalności magnetycznej. Charakterystyczną rzeczą jest, że w przypadku ferrytów, a w przypadku ferrytów manganowo-cynkowych w szczególności, widma te różnią się między sobą, nawet co do charakteru zmian, podczas gdy pozostałe parametry magnetyczne rdzeni mogą być prawie identyczne. Widać to z porównania widm temperaturowych dezakomodacji dziesiętnej przenikalności magnetycznej trzech ferrytów manganowo-cynkowych o zbliżonej przenikalności magnetycznej, przedstawionych na fig. 2, fig. 3 i fig. 4. Widma temperaturowe dezakomodacji dziesiętnej przenikalności magnetycznej przedstawione na tych figurach wykazują charakterystyczne trzy maksima, występujące w ściśle określonym zakresie temperatur. Pierwsze maksimum, zwane też pierwszym efektem relaksacji magnetycznej występuje w zakresie temperatur 300–400°C drugie maksimum, zwane drugim efektem relaksacji magnetycznej występuje w zakresie temperatur 100–200°C i trzecie maksimum, zwane trzecim efektem relaksacji magnetycznej występuje w zakresie temperatur bliskich temperaturze pokojowej. Ilościowo maksima pierwszego, drugiego i trzeciego efektu relaksacji magnetycznej scharakteryzowane są przez wartości d_1 , d_2 i d_3 zwane odpowiednio intensywnością pierwszego, drugiego lub trzeciego efektu relaksacji magnetycznej. Nie zawsze widma temperaturowe dezakomodacji dziesiętnej przenikalności magnetycznej wykazują wszystkie trzy efekty relaksacji magnetycznej i tak np. widmo temperaturowe dezakomodacji dziesiętnej przenikalności magnetycznej ferrytów niklowo-cynkowych,

przedstawione na fig. 5, charakteryzuje się brakiem efektu drugiego relaksacji magnetycznej, podobnie jak widma temperaturowe dezakomodacji przenikalności magnetycznej niektórych ferrytów manganowo-cynkowych, które nie wykazują pierwszego efektu relaksacji magnetycznej itp.

Nieznane było dotychczas jednoznacznie powiązanie między długookresową niestabilnością czasową przenikalności magnetycznej rdzeni lub parametru równoważnego podzespołów magnetycznych a widmem temperaturowym dezakomodacji przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego tych elementów, aczkolwiek stwierdzono, że przebieg zmian przenikalności magnetycznej w długich okresach czasu związany jest z charakterem przebiegu temperaturowego dezakomodacji dziesiętnej przenikalności magnetycznej, co uwiadamiają przykłady tych przebiegów przedstawione w postaci dwóch rodzin krzywych na rysunku fig. 6.

Celem wynalazku jest znalezienie zależności między długookresową niestabilnością czasową przenikalności magnetycznej rdzeni lub parametru równoważnego podzespołów magnetycznych a intensywnością poszczególnych efektów relaksacji magnetycznej widma temperaturowego dezakomodacji przenikalności magnetycznej rdzeni lub parametru równoważnego podzespołów magnetycznych i w konsekwencji poprzez krótkotrwały pomiar uzyskanie możliwości oceny tej długookresowej niestabilności czasowej, a co się z tym łączy, możliwość kontroli i segregacji produkowanych rdzeni lub podzespołów na ten parametr.

Cel ten został osiągnięty przez obliczenie współczynnika stosunkowego γ , równego stosunkowi intensywności drugiego efektu relaksacji magnetycznej d_2 do intensywności trzeciego efektu relaksacji magnetycznej d_3 oraz współczynnika niestabilności długookresowej przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego $k(\gamma)$, który oblicza się ze stosunku wartości dezakomodacji przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego, wyznaczonej doświadczalnie dla temperatury otoczenia, do wartości dezakomodacji przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego, wyznaczonej doświadczalnie dla temperatury podwyższonej, korzystnie dla temperatury leżącej w zakresie 120°C–160°C, a następnie wprowadza się wyznaczoną wielkość współczynnika niestabilności długookresowej $k(\gamma)$ do sprawdzonego empirycznie wzoru na wartość względną, długookresowej zmiany niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej $\frac{\Delta \mu}{\mu}$ lub parametru równoważnego według zależności przy czym t_1 oznacza

$$\left. \frac{\Delta \mu}{\mu} \right|_{t_1, t_2} = k(\gamma) \frac{\mu(\tau_1) - \mu(\tau_2)}{\mu(\tau_1) \cdot \log \frac{\tau_2}{\tau_1}} \cdot \log \frac{t_2}{t_1} \quad (4)$$

czas jaki upłynął od chwili wyprodukowania lub ostatniego rozmagnesowania podzespołu do chwili jego zamontowania w urządzeniu, t_2 oznacza czas jaki upłynie od chwili zamontowania podzespołu magnetycznego w urządzeniu do momentu przewidywanego zakończenia eksploatacji, natomiast τ_1 i τ_2 — czasy po których wyznaczono wartości

przenikalności magnetycznej $\mu(\tau_1)$ i $\mu(\tau_2)$ podzespołów, lub wartości parametru równoważnego, od chwili zakończenia ich rozmagnesowania polem zmiennym o malejącej amplitudzie. Przy założonej granicznej wartości długookresowej niestabilności

czasowej przenikalności magnetycznej $\frac{\Delta\mu}{\mu}$ lub parametru równoważnego, dla czasokresu t_1-t_2 , odpowiadającego okresowi eksploatacji urządzenia od chwili zamontowania elementu magnetycznego w urządzeniu do chwili przewidywanego zakończenia eksploatacji urządzenia, oblicza się ze wzoru (4) wartość graniczną przenikalności magnetycznej $\mu(\tau_2)_{\text{maks}}$, lub wartość graniczną parametru równoważnego $x(\tau_2)_{\text{maks}}$, jaką może wykazać element magnetyczny, którego wartość przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego w momencie od chwili zakończenia rozmagnesowania polem zmiennym o malejącej do zera amplitudzie do chwili pomiaru, wynosiła odpowiednio $\mu(\tau_1)$ lub $x(\tau_1)$ a następnie rdzenie lub podzespoły magnetyczne segreguje się przez pomiar wartości przenikalności magnetycznej $\mu(\tau_1)$ i $\mu(\tau_2)$ lub przez pomiar parametrów równoważnych $x(\tau_1)$ i $x(\tau_2)$, w odpowiednim urządzeniu pomiarowym, odrzucając rdzenie lub podzespoły wykazujące wartości przenikalności magnetycznej $\mu(\tau_2)$ lub parametru równoważnego $x(\tau_2)$ większe od obliczonych wartości maksymalnych $\mu(\tau_2)_{\text{maks}}$ lub $x(\tau_2)_{\text{maks}}$.

Widoczne są stąd zalety segregacji rdzeni lub podzespołów magnetycznych sposobem według wynalazku, który pozwala na skrócenie czasu badania długookresowej niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego tych elementów do okresu rzędu kilkunastu minut i krócej w stosunku do czasu rzędu dziesięciu tysięcy godzin do tysiąca godzin w przypadku badań metodami dotychczasowymi, a przez to umożliwia kontrolę większej liczby wyrobów i znacznie większej ilości badanych próbek.

Istotną zaletą sposobu według wynalazku jest również to, że wnioski wynikające z przeprowadzonej segregacji mogą być wykorzystywane do bieżącej produkcji, operatywnego usuwania niedociągnięć technologicznych oraz systematycznej poprawy jakości wyrobów.

Praktyczne przeprowadzenie segregacji rdzeni lub podzespołów magnetycznych pod względem ich długookresowej niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego sposobem według wynalazku obrazują przykłady 1 i 2.

Przykład 1.

Z produkowanych seryjnie rdzeni pierścieniowych z materiału Ferroxyd 1001 należało wysegregować rdzenie, które w okresie eksploatacji wynoszącym cztery lata czyli w czasie t_2 równym 48 miesięcy, wykazywałyby względną zmianę przenikalności magnetycznej rdzeni pierścieniowych $\frac{\Delta\mu}{\mu}$ nie większą od 1,2 procenta.

Uzgodniono, że rdzenie w badanej serii produkcyjnej zostaną zamontowane do urządzenia po czasie t_1 równym trzy miesiące od daty ich wyprodukowania.

Dla przeprowadzenia praktycznej segregacji rdzeni wybrano losowo z badanej serii produkcyjnej cztery próbki, dla których wyznaczono widma temperaturowe dezakomodacji dziesiętnej d i obliczono wartość średnią współczynnika stosunkowego γ , który wynosił — $\gamma = 0,78$.

Następnie próbki rozmagnesowano oraz umieszczono w termostacie w temperaturze $+20^\circ\text{C}$ i w okresie $t_3 = 1$ minuta do okresu $t_4 = 5$ godzin wyznaczono zależności zmian przenikalności od czasu. Przebieg ten wykreślono w postaci krzywej.

Czynność tę powtórzono po podniesieniu temperatury termostatu do $+130^\circ\text{C}$, wykreślając przebieg zmian przenikalności od czasu $\mu = f(t)$ dla czasokresu około 5 godzin to jest okresu $t_5 = 1$ minuta do okresu $t_6 = 5$ godzin, na poprzednio wykonanym rysunku. Dla wykreślonych krzywych zależności przenikalności magnetycznej w 20°C od czasu $\mu = f(t)$ 20°C i zależności przenikalności magnetycznej w 130°C od czasu $\mu = f(t)$ 130°C , wyznaczono ich nachylenie i stąd wyznaczono współczynnik niestabilności długookresowej przenikalności magnetycznej $k(\gamma)$, który wyniósł

$$k(\gamma) = \frac{d_{20^\circ\text{C}}}{d_{130^\circ\text{C}}} = 1,18$$

Wartość ta pokrywała się z wartością współczynnika niestabilności odczytaną z krzywej zależności współczynnika niestabilności długookresowej $k(\gamma)$ od współczynnika stosunkowego γ na fig. 7, którą to krzywą wykreślono na podstawie pomiarów współczynnika stosunkowego γ i współczynnika niestabilności długookresowej $k(\gamma)$ dla szeregu uprzednio wykonanych serii produkcyjnych wymienionych wyrobów. Uzyskane wyniki świadczą o dobrej powtarzalności technologii produkcji. Korzystając ze wzoru (4) obliczono dopuszczalne wartości zmian przenikalności magnetycznej rdzeni pierścieniowych dla warunków segregacji dla czasu τ_1 równego jedna minuta i czasu τ_2 równego dziesięciu minutom

$$\frac{\Delta\mu\tau}{\mu\tau} = \frac{\mu(\tau_1) - \mu(\tau_2)}{\mu(\tau_1)} = \frac{\frac{\Delta\mu\tau_1\tau_2}{\mu\tau_1} \cdot \log \frac{\tau_2}{\tau_1}}{k(\gamma) \cdot \log \frac{\tau_2}{\tau_1}} =$$

$$= \frac{1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 1}{1,18 \log \frac{48}{3}} = 8,4 \cdot 10^{-3}$$

Dla tych wartości granicznych przeprowadzono segregację rdzeni odrzucając rdzenie, dla których wartość względna zmian przenikalności w czasie $\tau_1 - \tau_2$ równa $\frac{\Delta\mu\tau}{\mu\tau}$ była większa od dopuszczalnej zmiany przenikalności magnetycznej równej $8,4 \cdot 10^{-3}$. Obrane warunki segregacji, to jest czas $\tau_1 = 1$ minuta i czas $\tau_2 = 10$ minut. Z przekazanej do odbiorcy partii wysegregowanych rdzeni pobrano losowo po dziesięć sztuk próbek z każdego wyrobu i próbki te umieszczono w odizolowanej, termostатованей komorze układu pomiarowego, rejestrując w okresie 51 miesięcy wartości przenikalności magnetycznej rdzeni pierścieniowych. Stwierdzono, że w tym okresie żaden z wyrobów nie wykazał wartości względnej zmian przenikalności magnetycznej w czasie od założonej do segregacji, to jest 1,2 procent.

Przykład 2.

Z produkowanych seryjnie filtrów radiowych częstotliwości pośredniej o częstotliwości środkowej równej 465 kHz należało wysegregować filtry, które w okresie eksploatacji, wynoszącym cztery lata, to jest w okresie t_2 równym czterdzięci osiem miesięcy, wykazywałyby przestrojenie częstotliwości Δf nie większe niż 150 Hz, przy czym przewidywany okres t_1 , magazynowania filtrów przed ich zamontowaniem do urządzenia miał wynosić trzy miesiące.

Analogicznie jak w przykładzie pierwszym wyznaczono dla losowo wybranych próbek wartości współczynnika stosunkowego γ i współczynnika niestabilności długookresowej $k(\gamma)$. Wartość współczynnika stosunkowego γ wyniosła 1,92 a wartość współczynnika niestabilności długookresowej $k(\gamma)$ wyniosła 2,2. Dla warunków segregacji o czasie τ_1 równym jednej minucie i czasie τ_2 równym dziesięciu minutom wyznaczono dopuszczalną wartość przestrojenia częstotliwości Δf . Podobnie jak w przykładzie pierwszym długookresowe badania zmian częstotliwości filtrów wykazały całkowitą poprawność segregacji, bowiem żaden z filtrów dostarczonych do odbiorcy nie wykazał przestrojenia częstotliwości Δf większego od 150 Hz.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób segregacji rdzeni i podzespołów magnetycznych, wykazujących efekty opóźnienia magnetycznego, pod względem ich długookresowej niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej $\frac{\Delta\mu}{\mu}$ lub parametrów równoważnych, których widmo temperaturowe dezakomodacji przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego jest znane, **znamienny tym**, że oblicza się współczynnik stosunkowy (γ) równy stosunkowi intensywności drugiego efektu relaksacji magnetycznej (d_2) do intensywności trzeciego efektu relaksacji magnetycznej (d_3), oraz współczynnik niestabilności długookresowej przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego $k(\gamma)$, obliczony ze stosunku wartości dezakomodacji prze-

nikalności magnetycznej lub parametru równoważnego, wyznaczonej doświadczalnie dla temperatury bliskiej temperaturze otoczenia, do wartości dezakomodacji przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego, wyznaczonej doświadczalnie dla temperatury podwyższonej, korzystnie dla temperatury leżącej w zakresie $+120^\circ\text{C} - +160^\circ\text{C}$, a następnie wprowadza się wyznaczoną wielkość współczynnika niestabilności długookresowej $k(\gamma)$ do sprawdzonego empirycznie wzoru

$$\left. \frac{\Delta\mu}{\mu} \right|_{t_1, t_2} = k(\gamma) \frac{\mu(\tau_1) - \mu(\tau_2)}{\mu(\tau_1) \log \frac{\tau_2}{\tau_1}} \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

w którym (t_1) oznacza czas jaki upłynął od chwili wyprodukowania lub ostatniego rozmagnesowania elementu od chwili jego zamontowania w urządzeniu, (t_2) — czas, jaki upłynie od chwili zamontowania elementu magnetycznego w urządzeniu do momentu przewidywanego zakończenia eksploatacji urządzenia, a (τ_1) i (τ_2) — czasy, po których wyznaczono wartości przenikalności magnetycznej elementów $\mu(\tau_1)$ i $\mu(\tau_2)$ od chwili zakończenia ich rozmagnesowania polem zmiennym o malejącej amplitudzie, przy czym korzystnie obiera się wartości czasu τ_1 równego jedna minuta, i czas τ_2 równy dziesięć minut i segreguje rdzenie lub podzespoły magnetyczne dla założonej granicznej wartości długookresowej niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej. $\left(\frac{\Delta\mu}{\mu} \right)_{\text{maks}}$ lub parametru równoważnego dla czasokresu t_1 równego t_2 narzuconej przez konstruktora urządzenia, przez pomiar dopuszczalnej wartości przenikalności magnetycznej $\mu(\tau_2)_{\text{maks}}$, obliczonej ze sprawdzonego empirycznie wzoru.

2. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że współczynnik długookresowej niestabilności czasowej przenikalności magnetycznej lub parametru równoważnego $k(\gamma)$ jest funkcją współczynnika stosunkowego (γ), przy czym wartość tego pierwszego dla rdzeni z ferrytów manganowo-cynkowych i podzespołów magnetycznych z tymi rdzeniami zawiera się w granicach od 0,2 do 10.

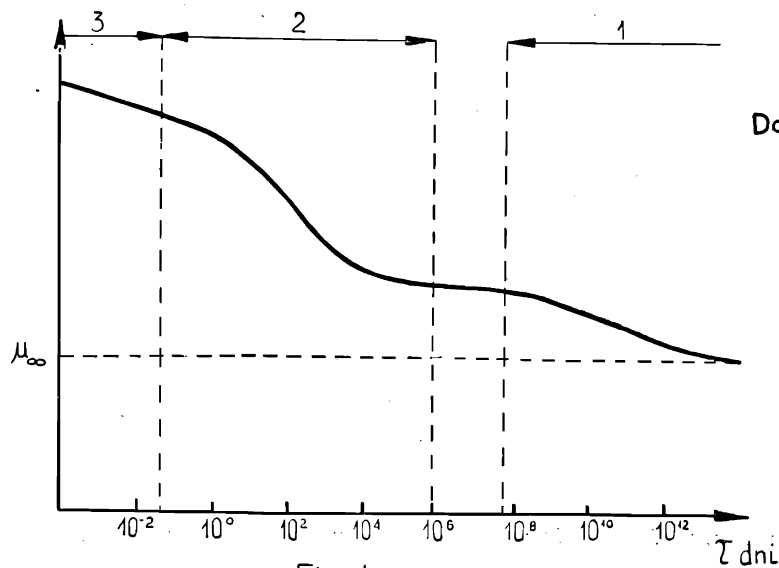


Fig. 1

Dokonano trzech poprawek

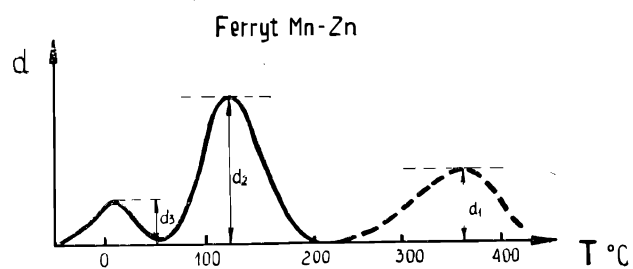


Fig. 2

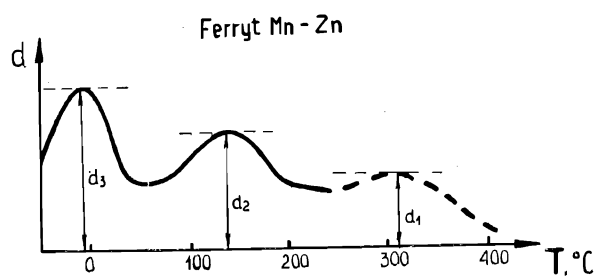


Fig. 3

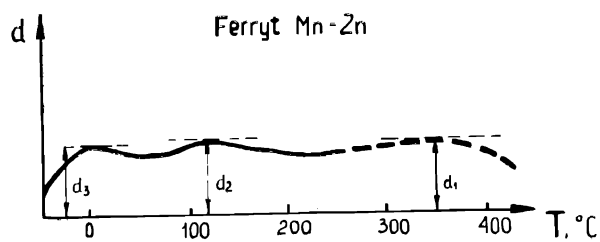


Fig. 4

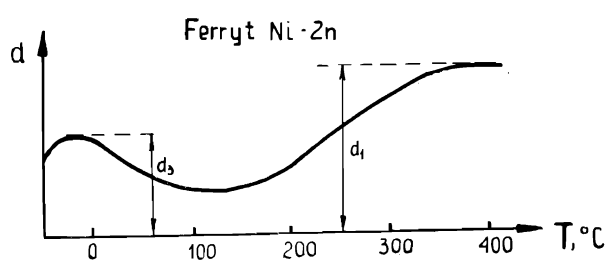


Fig. 5

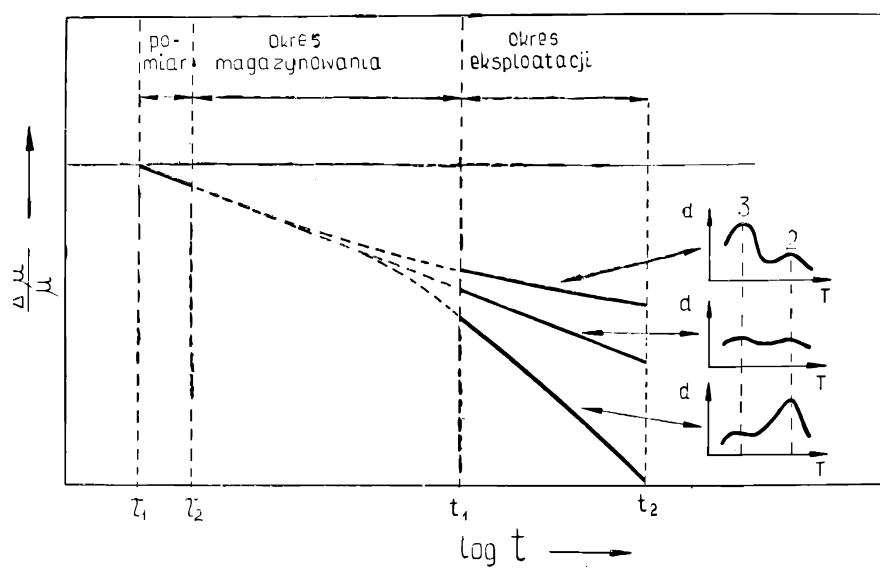


Fig. 6

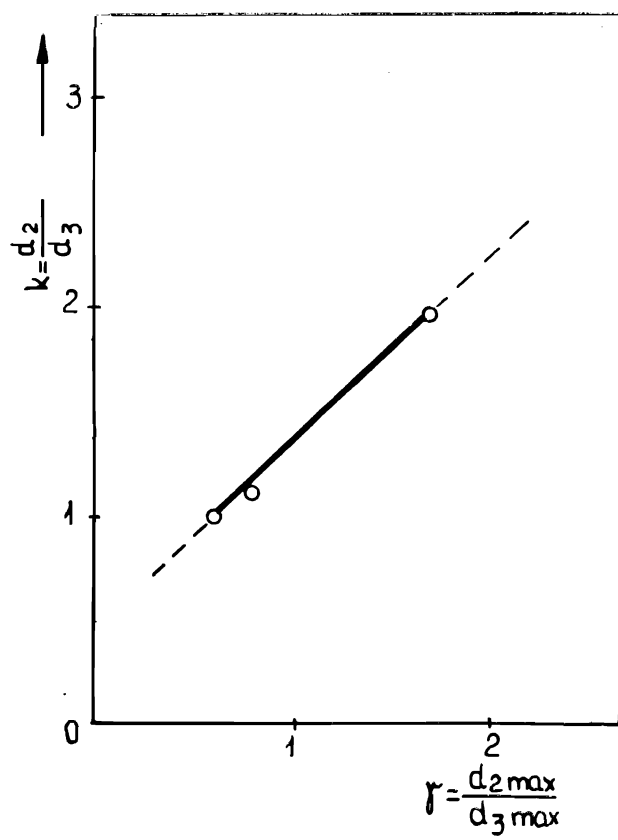


Fig. 7