

10 października 1931 r.

Hof 1/00

URZĄD PATENTOWY



RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 14169.

Kl. 21 g 31.

Electrical Research Products, Inc.
(New York, N. Y., Stany Zjednoczone Ameryki).

Żelaznikowy stop magnetyczny oraz sposób jego wyrobu.

Zgłoszono 20 maja 1922 r.
Udzielono 15 lipca 1931 r.

Wynalazek niniejszy dotyczy żelaznikowego stopu magnetycznego i ma na celu stworzenie materiału takiego o właściwościach pożądanых, zaznaczonych wybitniej, niż wykazują to materiały znane obecnie. Z pomiędzy właściwości tych należy podnieść wielką przenikalność magnetyczną zwłaszcza przy małych natężeniach pola magnetycznego oraz małe straty związane z histerezą. Podobne materiały magnetyczne mogą zastępować żelazo w rdzeniach przyrządów magnetycznych lub elektromagnetycznych, np. przekładników elektrycznych, transformatorów lub cewek indukcyjnych, nadając się również na po-

włokę ciągłą lub przerywaną przewodów używanych w telefonji lub telegrafji.

Doniosłość żelaza w praktyce elektrotechnicznej dostatecznie jest znana. Znaczna przenikalność magnetyczna żelaza uczyniła je materiałem niezastąpionym do wyrobu rdzeni elektromagnesów np. w prądnicach, silnikach, słuchawkach telefonicznych lub przekładnikach telegraficznych. Niekiedy bywa korzystne dodanie do żelaza nieznacznych ilości innego materiału, np. krzemu. Wielka przenikalność magnetyczna żelaza sprawia, że jest to jedyne tworzywo, jakie nadaje się do przeistaczania energii elektrycznej na energję me-

chaniczną lub przeciwnie do przekształcania energii mechanicznej, na elektryczną. W maszynach elektrycznych stosuje się żelazne rdzenie uwarstwione, w których natężenie pola magnetycznego wynosi zwykle od 2 do 5 lub więcej jednostek C. G. S. a indukcja magnetyczna od 10.000 do 20.000 linii sił na 1 cm² przekroju. Wyrobowi żelaza o wielkiej przenikalności magnetycznej w warunkach wymienionych powyżej poświęcano wiele uwagi. Od tych własności żelaza zależy jego pożytek w większości elektromagnesów.

Stal krzemowa przewyższa pod względem własności magnetycznych żelazo zwyczajne, zastosowanie jej jednak utrudnia kruchość tego materiału oraz trudność jego obróbki. Wobec tego żelazo miękkie stanowi dotąd materiał najodpowiedniejszy do wyrobu elektromagnesów. Najbardziej zbliżone do żelaza metale: kobalt i nikiel posiadają przenikalność magnetyczną w stopniu znacznie mniejszym. Na tym samym poziomie co nikiel i kobalt, stoi stop Heusler'a złożony z glinu, manganu i miedzi. Prócz glinu wszystkie wymienione tu metale posiadają zbliżony ciężar i wartość atomową. Wartość atomową metali: manganu, żelaza, niklu i kobaltu charakteryzują liczby 25, 26, 27 i 28. Metale te nazywać będziemy pierwiastkami grupy magnetycznej.

Przenikalność magnetyczna nie decyduje wyłącznie przy wyborze odpowiedniego materiału magnetycznego. Przy szybkich zmianach siły magnetomotorycznej i powstającego pod jej wpływem strumienia magnetycznego chodzi jeszcze o możliwie małe straty na histerezę. Powstawaniu prądów wirowych można zapobiegać przez użycie możliwie cienkich blaszek, przyczem wchodzi tu w grę oporność właściwa materiału. Im znaczniejsza jest oporność właściwa materiału, tem łatwiej usunąć prądy wirowe.

Materiały magnetyczne posiadają i po-

za elektromagnesami liczne zastosowania. Za przykład służyć mogą rdzenie transformatorów. Częstość zachodzi potrzeba zwiększenia oporności indukcyjnej przewodnika elektrycznego. W takich razach wprowadzamy materiał magnetyczny w pole magnetyczne przewodnika. Na tej zasadzie zbudowane są cewki stosowane w liniach telefonicznych.

Prądy telegraficzne i telefoniczne są nader słabe w porównaniu z prądami elektrycznymi, stosowanymi do przenoszenia energii. Z tego powodu dla zwiększenia indukcyjności przewodów sygnalizacyjnych włączamy w nie cewki na rdzeniach żelaznych.

Wynalazek niniejszy dotyczy nowego materiału magnetycznego, złożonego z metalów grupy magnetycznej w odpowiednim stosunku, który po właściwej obróbce cieplnej nie wykazuje szkodliwych naprężeń wewnętrznych i wyróżnia się wyjątkowo wielką przenikalnością przy małych natężeniach pola magnetycznego oraz małymi stratami na histerezę. Materiałem tym jest stop żelazoniklowy zawierający np. 78½% niklu.

Materiał ten może być z pożytkiem użyty na powłokę ciągłą przewodów sygnałowych, gdzie zapewnia on wyniki najpożytniejsze.

Materiał po nadaniu mu kształtu ostatecznego, w wypadku przewodów na kable (Krarupa) o powłoce ciągłej, najwłaściwiej po nałożeniu go na przewód, poddaje się obróbce na gorąco czyli wyżarzaniu. W tym celu nagrzewa się go do temperatury około 875°C w piecu muflowym lub innym, a następnie chłodzi. Dla uzyskania jaknajwiększej przenikalności szczególniejszą doniosłość posiada w myśl wynalazku niniejszego szybkość chłodzenia nagrzanego w piecu materiału. Dla wzmiankowanych powyżej przewodów sygnalizacyjnych nader wysoka przenikalność nie posiada szczególniejszego znaczenia; przenikalność oko-

ło 2400, wystarczającą w zupełności do tego celu, osiąga się chłodzeniem w powietrzu po wyjęciu przewodu z pieca. W pewnych znowu przypadkach, do czego powrócimy jeszcze poniżej, wypada stosować staranniejsze zabiegi chłodnicze.

Przy posługiwaniu się materiałem w postaci paska nakładanego na kabel, kabel ten wraz z paskiem przepuszcza się przez rurę żelazną, zaopatrzoną w wewnętrzną powłokę miedzianą o średnicy około 1,27 cm. Rura posiada długość około 140 cm, wystając końcami mniej więcej o 20 cm z pieca, w którym jest ona osadzona. Temperaturę pieca muflowego lub innego utrzymuje się na poziomie około 875°C, szybkość zaś przeciągania obwiniętego przewodu przez rurę wynosi około 23 cm na minutę. W ten sposób przewód poddany zostaje działaniu temperatury około 875°C, a po wyciągnięciu z rury studzi się go w powietrzu do temperatury pokojowej około 20°C. W warunkach podobnych i przy wskazanych wymiarach osiąga się pożądaną szybkość stygnięcia nagrzanego w piecu przewodu. Przewód należy odprowadzać od pieca w stanie wyprostowanym, zginanie go bowiem w tem stadium wyrobu obniża przenikalność magnetyczną. Przy zwijaniu przewodu należy również stosować promień przynajmniej 60 cm, ponieważ naprężenia, jakie powstają przy zwijaniu lub rozwijaniu drutu na bębnach o średnicy mniejszej, mogą obniżyć przenikalność.

Przytoczony powyżej stosunek niklu i żelaza w stopie (78½ i 21½%) może się silnie zmieniać, szczególnie jeżeli stop składa się nie tylko z tych metali. Jeżeli nikiel i żelazo stanowią jedyne składniki stopu, stosunek ten zapewnia największą przenikalność magnetyczną przy małym natężeniu pola magnetycznego. Inne domieszki poza niklem i żelazem mogą znaleźć zastosowanie dla różnych bardzo powodów i to nie tylko w celu nadania stopo-

wi największej przenikalności magnetycznej, lecz również i dla celów innych. Pożądaną być może np. domieszka chromu, ponieważ chrom w ilości stosunkowo niewielkiej podnosi oporność stopu, ta zaś okoliczność sprzyja obniżeniu strat wskutek prądów wirowych w materiale. Stop złożony z 55% niklu, 34% żelaza i 11% chromu po należytej obróbce cieplnej daje materiał o wielkiej przenikalności przy małym natężeniu pola magnetycznego.

Próby podobnego stopu przy małym natężeniu pola magnetycznego wykazują, że przenikalność jego wynosi 1000 i więcej, co znacznie przewyższa przenikalność żelaza. Doskonała stal krzemowa przy natężeniu pola magnetycznego bliskim do zera posiada przenikalność wynoszącą około 400. Stąd wynika, że większy dodatek chromu czyni przenikalność stopu wyższą od przenikalności żelaza, aczkolwiek niekiedy nieco niższą niż możnaby ją osiągnąć bez obecności chromu. Oporność właściwa wskazanego zawierającego chrom stopu wynosi 0,1 Ω cm³, podczas gdy oporność właściwa żelaza — zaledwie 0,011 Ω cm³, a oporność właściwa stopu 78½% niklu i 21½% żelaza — około 0,017 Ω cm³ (fig. 1).

Pomiary przenikalności innych stopów niklu i żelaza wykazały, że pomimo znacznych odchyień w składzie stopu przenikalność nie ulega silniejszej zmianie. Przenikalność magnetyczna stopu zawierającego 70% niklu zamiast 78½% po odpowiednim jego wyżarzeniu i ostudzeniu wynosi przy natężeniu pola magnetycznego bliskim zera 1400, a przy natężeniu pola około 0,2 jednostek układu C. G. S. — około 15000, podczas gdy przy 78½% niklu odpowiednie wartości przenikalności wynoszą 7000 i 38500. Są to więc liczby znacznie większe niż dla stali krzemowej, która przy tych samych natężeniach pola magnetycznego posiada przenikalność równą tylko 400 i 1500.

Przy składzie $78\frac{1}{2}\%$ niklu i $21\frac{1}{2}\%$ żelaza zginanie wyrobionych ze stopu drutów lub pasków zmniejsza przenikalność magnetyczną w stopniu mniejszym, aniżeli w stopach, zawierających 70% i 30% tych metali. Innymi słowy stop żelazonikłowy posiadający największą przenikalność jest odporniejszy na rozciąganie lub naprężenia wewnętrzne niż stop o innej zawartości niklu. Okoliczność ta nie posiada jednak znaczenia jeżeli materiał nie ulega wskazanym naprężeniom.

Stop o $78\frac{1}{2}\%$ niklu i $21\frac{1}{2}\%$ żelaza przy natężeniu pola magnetycznego prawie równem zeru posiada przenikalność magnetyczną od 6000 do 9000. Liczby te otrzymano z szeregu doświadczeń prowadzonych przy bardzo małych natężeniach pola magnetycznego, wynoszących od 0,01 do 0,05 jednostek C. G. S. Po wyznaczeniu wyników tych doświadczeń można je ekstrapolować graficznie dla wartości $H = 0$ i w ten sposób otrzymać podaną powyżej wartość przenikalności przy natężeniu pola magnetycznego równem zeru. Najwyższą osiągniętą przenikalność, wynoszącą 45000 do 50000 posiada stop zawierający $78\frac{1}{2}\%$ niklu przy natężeniu pola magnetycznego około 0,1 jednostki C. G. S., przyczem odpowiadająca wartość indukcji B wynosiła 4500 do 5000 jednostek C. G. S.

Własności nowego stopu niklowo-żelaznego nie dają się wytłómaczyć prostym zsumowaniem własności obu składników. Przenikalność stopu przy małych natężeniach pola magnetycznego przewyższa przenikalność niklu i żelaza, pomimo tego, że nikiel, który wzięty oddzielnie posiada przenikalność mniejszą od żelaza, stanowi większą część stopu, żelazo zaś najbardziej magnetycznie przenikalne stanowi mniej niż $\frac{1}{4}$ część tego stopu.

Należy zaznaczyć, że stop zawierający żelazo i nikiel w stosunku, zapewniającym przenikalność najwyższą przy małych na-

tężeniach pola magnetycznego oraz najmniejsze straty wskutek histerezy, nie wydłuża się wcale pod wpływem pola magnetycznego o wielkiem natężeniu ($H = 50$ do $H = 500$).

Na rysunku fig. 1 przedstawia krzywą zależności pomiędzy opornością stopu magnetycznego według wynalazku a jego składem procentowym; fig. 2 przedstawia krzywą zależności pomiędzy stratami wskutek histerezy i składem stopu, fig. 3 — charakterystykę przenikalności w zależności od temperatury dla pewnej odmiany materiału magnetycznego.

Zależność oporności właściwej stopu niklowo-żelaznego od składu stopu wskazuje krzywa na fig. 1, na której rzędne przedstawiają oporność właściwą w mikroomach na cm^3 , odcięte zaś procentową zawartość niklu w stopie. Przy $78\frac{1}{2}\%$ niklu oporność stopu przewyższa zarówno oporność niklu jak żelaza o 50%.

Mniejsza domieszka niklu nadaje stopowi jeszcze większą oporność właściwą, jednak kosztem zmniejszenia się przenikalności. Niezawsze potrzebna jest najwyższa przenikalność, a wówczas zaleca się obniżenie ilości niklu celem otrzymania stopu o większej oporności właściwej (fig. 1).

Fig. 2 przedstawia straty na histerezę poszczególnych gatunków stopu, które odpowiednio do zawartości niklu zmieniają się w granicach bardzo szerokich. Na tym wykresie rzędne przedstawiają straty na histerezę w ergach na cm^3 , przy największej indukcji, wynoszącej 5000 linji na cm^2 przekroju poprzecznego, odcięte zaś procentową domieszkę niklu w stopie.

Przy $78\frac{1}{2}\%$ niklu strata na histerezę wynosi 100 ergów. Minimum strat na histerezę odpowiada więc maksimum przenikalności. Straty na histerezę w stopie według wynalazku są znacznie mniejsze niż w innych materiałach magnetycznych; w bardzo dobrym żelazie wynoszą one np. 925

ergów na cm^3 a w niklu nie mniej od 2200 ergów na cm^3 .

Samo dokładne połączenie składników nowego materiału magnetycznego nie wystarcza jednak jeszcze do uzyskania wielkiej przenikalności przy małych natężeniach pola magnetycznego. Zachodzi tu jeszcze konieczność właściwej obróbki cieplnej.

Jak poucza doświadczenie, stop żelaza i niklu poddać należy temperaturze nie niższej od 825°C . Po ogrzaniu należy stop ostudzić, co powinno się odbywać z określoną szybkością. W opisanym przykładzie stosujemy w tym celu studzenie w powietrzu.

Obróbkę cieplną należy przystosować do składu stopu.

Materiał magnetyczny według wynalazku posiada t. zw. krytyczną temperaturę wyżarzania na podobieństwo żelaza oraz innych materiałów magnetycznych. W miarę ogrzewania przenikalność magnetyczna materiału ostudzonego ciągle wzrasta do pewnej temperatury, poczem raptownie zaczyna spadać. Temperatura odpowiadająca punktowi zwrotu nosi nazwę temperatury krytycznej (por. Ewing „Magnetic Induction in Iron and Other Metals” 1900 r. str. 166). Temperatura owa leży dla stopu, o jakim mowa, znacznie niżej od 900°C i zmienia się zależnie od składu stopu. Naogół temperatura krytyczna stopu według wynalazku wynosi od 500 do 600°C .

Po dokładnem wyżarzeniu materiału w temperaturze około 900°C studzi się go do punktu w pobliżu wskazanej temperatury, najwłaściwiej jednak do temperatury nieco wyższej. Dla stopu składającego się tylko z niklu i żelaza, zawierającego np. 55% do 80% niklu wzmiankowana temperatura krytyczna przypada między 550 i 625°C . Studzenie z 900°C do tej temperatury należy uskuteczniać stopniowo w ciągu np. 20 minut. Chłodzenie wolniejsze nie może jednak zaszkodzić.

Następnie materiał chłodzi się dalej, doprowadzając go do temperatury otoczenia. Stygnięcie materiału nie powinno się odbywać tak szybko, by mogły powstawać niepożądane naprężenia wewnętrzne w materiale, w tym bowiem przypadku przenikalność magnetyczna materiału stałaby się niewielką. Z drugiej jednak strony stygnięcie nie powinno zachodzić zbyt wolno, lecz z taką szybkością, by materiał w temperaturze normalnej otoczenia posiadał możliwie najwyższą przenikalność.

Wyniki stygnięcia stopu z rozmaitymi szybkościami wskazuje fig. 3, na której przenikalność materiału w rozmaitych temperaturach podczas stygnięcia jest przedstawiona rzędnymi, a odpowiednia temperatura — odciętymi krzywych R i S . Krzywe te uwidoczniają przenikalność magnetyczną dwu próbek materiału nagrzanych powyżej ich temperatury krytycznej i chłodzonych z rozmaitą szybkością. Krzywa R podaje w rozmaitych temperaturach poniżej temperatury krytycznej przenikalność materiału, chłodzonego poniżej temperatury krytycznej z szybkością najkorzystniejszą. Krzywa S natomiast uwidocznia w rozmaitych temperaturach przenikalność materiału nagrzanego powyżej temperatury krytycznej i chłodzonego następnie bądźto za szybko, bądź za wolno. W obu przypadkach przenikalność mierzono przy natężeniu pola magnetycznego $H = 0,03$.

Wynika stąd, że materiał chłodzony z szybkością najwłaściwszą stygnąc od temperatury 600°C wykazuje największą przenikalność w punkcie Q w sąsiedztwie 550°C . W temperaturze niższej przenikalność materiału tego uzyskuje wartość najmniejszą P w sąsiedztwie 480°C , a w niższej jeszcze temperaturze przenikalność osiąga drugie maximum około 320°C . Krzywa S wykazuje, że materiał, któremu pozwolono ostygnąć zbyt szybko lub zbyt wolno, posiada przenikalność największą

w temperaturze około 550°C, a mianowicie w punkcie Q a w temperaturach niższych przenikalność maleje wraz z obniżeniem temperatury. Materiał chłodzony z szybkością właściwą wykazuje znaczną przenikalność w normalnej temperaturze otoczenia, gdy tymczasem materiał traktowany niewłaściwie w temperaturze otoczenia posiada niewielką tylko przenikalność około 700—800, jak to wykazuje krzywa S.

Wynika stąd, że chłodzenie od temperatury krytycznej odbywać się powinno nie za prędko, dosyć jednak szybko, by uzyskać największą przenikalność magnetyczną przy małym natężeniu pola magnetycznego w temperaturze normalnej. Odpowiednią szybkość stygnięcia można z łatwością wyznaczyć, sprawdzając szereg próbek chłodzonych z różną szybkością i ustalając, czy otrzymamy krzywą typu krzywej R z minimum pośrednim P, czy też krzywą typu S, minimum tego pozbawioną.

W związku z powyższem należy przypomnieć: 1) że dla pewnych celów najwyższa przenikalność nie jest ani potrzebna ani pożądana, 2) że szybkość chłodzenia, zapewniająca najwyższą przenikalność, nie może być dokładnie i ściśle określona i że zbliżony doń tryb chłodzenia wydać może również przenikalność najwyższą lub prawie najwyższą; 3) że niejaki doświadczenie w związku z przykładem fig. 3 pozwoli określić najodpowiedniejszy sposób postępowania, 4) że, jeżeli trudno jest przeprowadzić próby chłodzenia na większej ilości wzorców, jeden i ten sam wzorek można poddać po kolei szeregowi takich prób. Zaznacza się również, że po wykryciu najkorzystniejszej szybkości chłodzenia, można powtarzając obróbkę wywołać największą przenikalność w tym samym wzorcu.

Zaleca się chronić materiał magnetyczny od naprężeń po osiągnięciu przezeń wysokiej przenikalności w drodze właściwych

zabiegów wyżarzania i chłodzenia. Stwierdzono przy próbach owijania rdzenia miedzianego paskiem poddanym uprzednio wyżarzaniu i chłodzeniu, że przenikalność ulegała zmniejszeniu. Wynika stąd, że naprężenia, powstające przy skręcaniu paska na przewodzącym rdzeniu obniżają przenikalność, jaką pasek ów już posiadał. Najwłaściwiej przeto uskutecznić obróbkę cieplną po nadaniu materiałowi magnetycznemu właściwego położenia względem współpracującego z nim przewodu elektrycznego.

Materiał magnetyczny według wynalazku nadaje się np. na kotwice przekładników lub rdzenie transformatorów częstotliwości lub cewek tłumikowych o dużej indukcyjności własnej przy małej oporności. Nadaje się on również do wyrobu powłok ciągłych lub przerywanych do kabli. Zajmuje on mało miejsca, daje oszczędność na materiale i zmniejsza koszty wytwórcze. Cewki z rdzeniami z materiału tego znalazły zastosowanie w roli boczników magnetycznych w przyrządach odbiorczych podmorskich linii telegraficznych. Materiał ten służyć może również do budowy rdzeni transformatorów, szczególnie takich, które pracują przy małym natężeniu pola magnetycznego np. transformatorów wejściowych linii telefonicznych.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Stop magnetyczny, składający się przeważnie lub wyłącznie z niklu i żelaza, poddawany obróbce cieplnej celem rozwinięcia w nim wysokiej przenikalności przy małych natężeniach pola magnetycznego, znamienny tem, że zawiera powyżej 70% niklu, a najwłaściwiej około 78½% niklu.

2. Stop według zastrz. 1, znamienny tem, że zawiera domieszkę chromu.

3. Sposób wywoływania wielkiej przenikalności przy małych natężeniach pola magnetycznego w stopie magnetycznym we-

dług zastrz. 1 lub 2, znamieny tem, że stop nagrzewa się do temperatury wystarczająco wysokiej do usunięcia w nim wewnętrznych naprężeń, a następnie chłodzi z taką szybkością, by nie powstawały w stopie tym naprężenia wskutek gwałtownego stygnięcia.

4. Odmiana sposobu według zastrz. 3, znamienna tem, że stop nagrzewa się powyżej temperatury, w jakiej traci swą magnetyczność, t. j. powyżej jego tempe-

ratury krytycznej, a następnie chłodzi zwolna poprzez tę temperaturę krytyczną i dalej z szybkością mniejszą od tej, jaka mogłaby uszkodzić właściwości magnetyczne stopu.

Electrical
Research Products, Inc.
Zastępca: M. Skrzypkowski,
rzecznik patentowy.

Fig. 1.

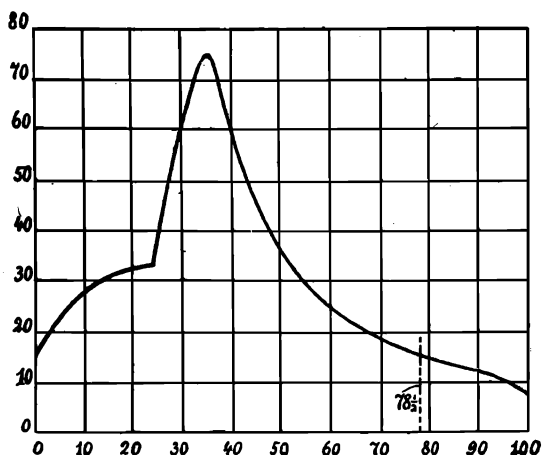


Fig. 2.

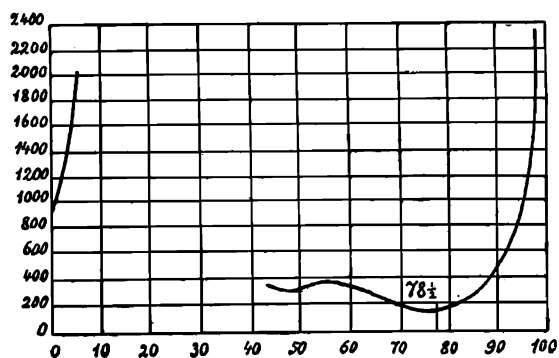


Fig. 3.

