



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

MKP C22c 39/46

Zgłoszono: 16.07.1969 (P. 134866)

Pierwszeństwo: 17.07.1968 Węgry

Int. Cl.²
C22C 38/08

Zgłoszenie ogłoszono: 10.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 18. 02. 1976

CZYTELNIA

Urząd Patentowy
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Mihály Stefán, Fülöp Balázs, Zoltán Hegedüs,, László Tapolcai

Uprawniony z patentu: CSEPELI FÉMMŰ, Budapeszt (Węgry)

**Taśma transformatora z blachy walcowanej na zimno
o przestrzennym zgrupowaniu składników i sposób jej
wytwarzania**

1

Przedmiotem wynalazku jest taśma transformatorowa i blacha walcowana na zimno o przestrzennym zgrupowaniu składników i sposób ich wytwarzania.

Jak wiadomo, ukazanie się w roku 1935 taśm transformatorowych o tak zwanym przestrzennym zgrupowaniu składników spowodowało znaczny postęp techniczny w budowie transformatorów. Takie taśmy dają się bardzo łatwo magnesować w kierunku walcowania, a ich własności magnetyczne są szczególnie dobre w kierunku wzdłużnym. I tak na przykład strata mocy V_{10} taśmy o grubości 0,35 mm wynosi nie więcej niż 0,48 W/kg, a jej indukcja w polu magnetycznym 25 AW/cm $B_{25} = 18\ 900$ G.

Własności magnetyczne taśmy w kierunku poprzecznym, to znaczy prostopadle do kierunku walcowania są jednak mniej korzystne, ponieważ strata mocy V_{10} wynosi 1,37 W/kg, a $B_{25} =$ około 12 200 G. Wskutek złych własności magnetycznych w kierunku poprzecznym mogą być wytworzone z taśm transformatorowych o przestrzennym zgrupowaniu składników tylko takie transformatory, w których kierunek linii natężenia pola magnetycznego zgadza się z kierunkiem walcowania taśmy (na przykład magnetowody taśmowe przecina-
ne).

Jest również znane, że własności magnetyczne odbiegają nieznacznie w kierunku walcowania i w kierunku poprzecznym nie tylko w taśmach

2

transformatorowych i blachach walcowanych na zimno, ale także w tych wyrobach o izotropowych własnościach magnetycznych, lecz osiągane w tych taśmach optymalne własności magnetyczne są znacznie gorsze niż odpowiednie własności taśm o przestrzennym zgrupowaniu składników. Strata mocy V_{10} wynosi tu bowiem od 0,8 do 1,5 W/kg, a indukcja przy natężeniu pola 25 AW/cm ma wartość 14500 G.

Własności magnetyczne taśm izotropowych i blach nie są jednak wystarczające do celów elektrotechnicznych o dużych wymaganiach. Tego rodzaju wymagania mogą być zadawające tylko w przypadku zastosowania taśm transformatorowych o sześciennym zgrupowaniu składników dających się bardzo łatwo magnesować w dwóch kierunkach, to znaczy w kierunku walcowania i w kierunku poprzecznym w płaszczyźnie blachy.

Taśmy transformatorowe o sześciennym zgrupowaniu składników posiadają szereg zalet, polegających szczególnie na tym, że ich własności magnetyczne są bardzo korzystne, ponieważ strata mocy V_{10} wynosi zarówno w kierunku wzdłużnym, jak i poprzecznym od 0,4 do 0,6 W/kg, przenikalność magnetyczna początkowa U_5 wynosi od 1500 do 5000 G/Oe, a maksymalna przenikalność U_5 osiąga wartość od 25000 do 50000 G/Oe. Korzystne jest również to, że wartości magnetyczne w kierunku wzdłużnym są prawie takie same, jak w kierunku poprzecznym. Dzięki temu umożliwione jest

wytwarzanie różnych rdzeni w kształcie litery "E", "U", i "M" za pomocą prostych sposobów.

Za pomocą taśm transformatorowych walcowanych na zimno o sześciennym zgrupowaniu składników mogą być osiągnięte takie same własności magnetyczne jak w 45-procentowych stopach żelaza i niklu, na przykład Permalloy B, a indukcja znacznie przewyższa wartości osiągane w stopach żelaza i niklu.

Do wytwarzania taśm i blach o sześciennym zgrupowaniu składników stosuje się szereg znanych sposobów. Jednym z nich jest sposób, polegający na zastosowaniu stopu, zawierającego od 2 do 4% Si, lub zamiast części składników Si aluminium. Ze stopem tym stapia się jeszcze od 0,05 do 0,3% manganu i nieco niklu, po czym walcuje się ten stop na gorąco do grubości około 3 mm, a następnie walcuje się go na zimno z trzema do pięciu wyżarzzeniami międzyoperacyjnymi do grubości od 0,04 do 0,20 mm, a w końcu ogrzewa się go przez dłuższy czas trwający co najmniej 24 godziny w temperaturze od 1200 do 1300°C w suchej atmosferze wodoru o punkcie rosy poniżej -50°C.

Sześciennie zgrupowanie składników może być w znany sposób polepszone przez zastosowanie w czasie ostatniej obróbki cieplnej w pobliżu powierzchni taśmy stopu niklu lub materiałów ceramicznych zawierających nikiel.

Tworzenie sześciennego zgrupowania składników może być osiągnięte również w ten sposób, że dwa ostatnie wyżarzenia międzyoperacyjne przeprowadza się w temperaturze od 1100°C do 1300°C.

Na sześciennie zgrupowanie składników można również wpływać korzystnie przy zachowaniu określonych warunków atmosfery gazowej w czasie ostatniej obróbki cieplnej przez doprowadzenie małej ilości siarkowodoru.

Taśmy transformatorowe o sześciennym zgrupowaniu składników mogą być także wytwarzane ze stali krystalicznej przez walcowanie jej na gorąco, a następnie przez obróbkę cieplną, przy zastosowaniu międzyoperacyjnego walcowania na zimno, jeżeli w czasie ostatniej obróbki cieplnej stosuje się suchą atmosferę wodoru lub próżnię.

Do wytwarzania taśmy o sześciennym zgrupowaniu składników można stosować gotową taśmę o przestrzennym zgrupowaniu składników przez dalsze jej walcowanie z dwustopniowym wyżarzeniem międzyoperacyjnym oraz przez opisaną już ostatnią obróbkę cieplną. Znane jest wreszcie wytwarzanie taśm krzemowo-żelaznych o sześciennym zgrupowaniu składników przez walcowanie ich pod kątem 45 lub 90° w płaszczyźnie blachy.

Wszystkie te znane sposoby mają tę wspólną niedogodność, że wymagają one bardzo dokładnego przestrzegania technologii wytwarzania. Już nieznaczne bowiem odchylenie w sposobie walcowania (liczba odkształceń i ich wymiar), albo w wyżarzeniach międzyoperacyjnych, względnie nieznaczne tylko zmiany w zawartości zanieczyszczeń stopu wpływają niekorzystnie na powstawanie sześciennego zgrupowania składników. Także okoliczność, że przy jednakowym umieszczeniu rdzenia mogą powstać różniące się własności

ci magnetyczne, stanowi również niedogodność znanych sposobów. Z tych właśnie powodów jest bardzo trudno wytwarzać taśmy transformatorowe o sześciennym zgrupowaniu składników na skalę przemysłową.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie niedogodności znanych sposobów oraz podanie sposobu, za pomocą którego mogą być wytwarzane w sposób prosty, tani i masowy taśmy transformatorowe i blachy o sześciennym zgrupowaniu składników.

Sposób ten polega na dodaniu określonej ilości galu do stali, zawierającej maksimum 4% wagowych Si, wskutek czego zmieniają się nadzwyczaj korzystnie własności magnetyczne stopów żelaza i krzemu oraz podwyższa się znacznie tworzenie się sześciennego zgrupowania składników, a ponadto materiał ten jest mniej wrażliwy na odchylenia od technologii walcowania i obróbki cieplnej.

Stop zawierający gal daje szereg korzystnych efektów, ponieważ pozwala na zmianę temperatury pierwotnej rekrytalizacji, a liczba ziaren powstałych w czasie pierwotnej rekrytalizacji jest znacznie podwyższona tak, że wtórna rekrytalizacja może być przeprowadzona w niższych temperaturach, a wielkość ziaren jest bardziej równomierna. Wszystko to oddziałuje korzystnie na własności magnetyczne i ilość ziaren o sześciennym zgrupowaniu składników ustawionych właściwie osiąga wielkość od 80 do 90%.

Wskutek obecności śladów galu rozpuszczonego w metalu zmieniają się znacznie w czasie ostatniej obróbki cieplnej energie powierzchni krystalicznej i granice krystalizacji lub wartości te wpływają korzystnie na kierunek tworzenia się sześciennego zgrupowania składników.

Wskutek zmiany czasu trwania ostatniej obróbki cieplnej i zastosowania w danym przypadku pola magnetycznego możliwe jest w czasie chłodzenia ustalenie stosunku maksymalnej przepuszczalności taśm do sześciennego zgrupowania składników wewnątrz dalszych granic.

Efekt stopu galu może być podwyższony przez dodanie określonej ilości jednego lub kilku dalszych metali, na przykład niklu lub miedzi.

Wszystkie te zalety okazały się nadspodziewanie korzystne, ponieważ dotychczas uważano, że jest celowe utrzymywanie zanieczyszczeń i materiałów stopowych stopu żelaza i krzemu, używanych do wytwarzania taśm transformatorowych, w jak najmniejszej ilości lub obecność wszystkich części stopu oprócz manganu, aluminium i krzemu uważano jako nadzwyczaj niedogodne.

W przypadku zastosowania galu lub innego stopu z innymi metalami można osiągnąć przy sklejananiu uzwojeń lub przy utlenianiu, albo przy zanieczyszczeniu powierzchni taśmy w czasie końcowej obróbki cieplnej korzystny wynik przez włączenie lub włożenie drutu lub taśmy, wykonanej ze stopu żelaza, zawierającego od 0,5 do 6% aluminium.

Taśma transformatorowa walcowana na zimno o sześciennym zgrupowaniu składników według wynalazku zawiera maksimum 4% wagowych krzemu, od 0,0001 do 0,20% wagowych, a zwłaszcza

cza od 0,04 do 0,06% wagowych galu oraz 0,05% wagowych, a zwłaszcza od 0,2 do 0,4% wagowych niklu i od 0 do 0,5% wagowych, a zwłaszcza od 0,2 do 0,3% wagowych miedzi.

Przedmiotem wynalazku jest również sposób wytwarzania taśmy transformatorowej i blachy, polegający na tym, że mikrostapianie przeprowadza się przez zastosowanie stali zawierającej maksimum 4% wagowych krzemu i stapianie jej z 0,0001 do 0,20% wagowych, a zwłaszcza od 0,04 do 0,06% wagowych galu, z 0 do 0,5% wagowych, a zwłaszcza od 0,2 do 0,4% wagowych niklu i z 0 do 0,5% wagowych, a zwłaszcza od 0,2 do 0,3% wagowych miedzi oraz przed ostatnią obróbką cieplną przy nawijaniu taśmy stosuje się pomiędzy zwojami, lub częściami rdzeniowymi jako materiał rozdzielający drut lub taśmę wykonane ze stopu żelaza, zawierającego od 0,5 do 6,0% aluminium.

Ten sposób ma szereg zalet, ponieważ jest on znacznie prostszy od znanych sposobów i pozwala na jego stosowanie przy wyższych tolerancjach technologicznych. Polepszona jest również znacznie siła koercji i indukcja, a także strata mocy taśmy. W produkcji końcowym około 80 do 90% ziarn znajduje się w prawidłowym położeniu.

Końcowej obróbce cieplnej mogą być poddane zarówno taśmy, jak i gotowe rdzenie.

Sposób ten może być przeprowadzany także przez zastosowanie znanych urządzeń, używanych dotychczas do wytwarzania taśm transformatorowych o przestrzennym zgrupowaniu składników.

Sposób według wynalazku jest wyjaśniony bliżej na kilku przykładach.

Przykład I W indukcyjnym piecu próżniowym wytwarza się stop żelaza i krzemu o zawartości minimalnej krzemu 3,2%, 0,05% galu i 0,35% niklu, przy bardzo małej zawartości zanieczyszczeń, z wsadu czystego żelaza dobrej jakości, z żelazo-krzemu o zawartości 98,5% krzemu i aluminium o zawartości mniej niż 0,5%, a także z niklu metalicznego. Zanieczyszczenia stopu nie przekraczają następujących wartości: 0,05% wodoru, 0,015% siarki, 0,03% chromu, 0,03% molibdenu, 0,03% wanadu, 0,03% wolframu, 0,01% tytanu i 0,005% tlenu.

Ten stop walcuje się no gorąco w temperaturze wyjściowej od 1100 do 1150°C do grubości 3 mm. Przed ostatnim stołem walcowniczym temperaturę taśmy utrzymuje się powyżej 900°C.

Z taśm usuwa się zgorzelinę za pomocą bejcy zawierającej kwas siarkowy, a następnie taśmę wyżarza się w temperaturze 800°C w ciągu 2 godzin w atmosferze wodoru o punkcie rosy +20°C. Z kolei taśmę walcuje się na zimno do grubości 0,80 mm, po czym po odtłuszczeniu przeprowadza się w ciągu 2 godzin jej obróbkę cieplną w temperaturze 850°C w atmosferze wodoru o punkcie rosy -30°C, a następnie walcuje się taśmę ponownie na zimno do grubości 0,30 mm i po odtłuszczeniu jej w ciągu 2 godzin w temperaturze 1000°C ogrzewa się ją w próżni 10⁻³.

Taśmę, której powierzchnia jest czysta metalicznie, walcuje się znowu na zimno za pomocą walców polerowanych do grubości 0,10 mm. Pomiędzy

uzwojeniami odtłuszczonej taśmy wkłada się taśmę żebrowaną o czystej powierzchni wykonaną ze stali zawierającej aluminium.

Przygotowaną w ten sposób cewkę taśmową poddaje się z kolei obróbce cieplnej w próżni 10⁻³ torów w temperaturze od 550 do 700°C przez 2 godziny, a następnie podwyższa się temperaturę do 1100°C i w tej temperaturze utrzymuje ją przez 20 godzin. Po zakończeniu obróbki cieplnej wsad chłodzi się w piecu do temperatury 500°C. 85% ziaren tak wytworzonej taśmy ma właściwe ułożenie zgrupowania składników, przenikalność początkowa U₅ taśmy wynosi 4200 G/Oe, a maksymalna przenikalność 45000 G/Oe.

Przykład II. Z taśmy wykonanej ze stopu o składzie podanym w przykładzie I usuwa się za pomocą bejcy zawierającej kwas siarkowy zgorzelinę, a następnie taśmę tę poddaje się temperaturze 800°C w ciągu 2 godzin obróbce cieplnej w mokrej atmosferze wodoru o punkcie rosy +20°C. Z kolei taśmę tę walcuje się na zimno na kilku stołach walcowniczych do grubości 1,0 mm a po odtłuszczeniu jej poddaje się ją obróbce cieplnej w temperaturze 850°C przez 2 godziny w atmosferze wodoru o punkcie rosy -30°C. Po tej czynności walcuje się znowu do grubości 0,45 mm, a następnie po jej odtłuszczeniu poddaje się ją powtórnie obróbce cieplnej w ciągu 2 godzin w próżni 10⁻³ torów, w temperaturze 1000°C.

Taśmę, której powierzchnia jest czysta metalicznie, walcuje się później na zimno polerowanymi krążkami na kilku stołach walcowniczych aż do grubości 0,20 mm. Po tym walcowaniu postępuje się podobnie, jak w przykładzie I.

Przepuszczalność początkowa U₅ tak wytworzonej taśmy wynosi 4100 G/Oe, a maksymalna przepuszczalność 37000 G/Oe.

Przykład III. W tym przypadku postępuje się również, jak w przykładzie I, jednakże zawartość krzemu w stopie ustala się na 2,6% wagowych, niklu na 0,30% wagowych, a zawartość galu na 0,05% wagowych.

Przepuszczalność początkowa U₅ tak otrzymanej taśmy wynosi 4000 G/Oe, a maksymalna przepuszczalność 37000 G/Oe.

Przykład IV. Tu postępuje się, jak w przykładzie I, jednakże ostatnią obróbkę cieplną przeprowadza się w temperaturze 1100°C w ciągu 5 godzin.

Przepuszczalność początkowa U₅ wynosi tu 3300 G/Oe, a maksymalna przepuszczalność 24500 G/Oe.

Przykład V. Tu postępuje się również, jak w przykładzie I, jednak ostatnią obróbkę cieplną przeprowadza się w suchej atmosferze wodoru o punkcie rosy -50°C w temperaturze 1200°C i temperaturę tę utrzymuje się przez 20 godzin. W ten sposób otrzymuje się taśmę, której przepuszczalność początkowa wynosi 3700 G/Oe, a przepuszczalność maksymalna 37000 G/Oe.

Przykład VI. W tym przypadku postępuje się także jak w przykładzie I, tylko z taśmy wycina się przed ostatnią obróbką cieplną wymagane blachy rdzeniowe, a obróbkę cieplną przeprowadza się w ten sposób, że blachy rdzeniowe pod-

daje się w czasie chłodzenia przy osiągnięciu temperatury 700°C działaniu pola magnetycznego o natężeniu pola od 10 do 20 Oe. Przepuszczalność początkowa U_5 tak wykonanych blach rdzeniowych wynosi 4000 G/Oe, a ich przepuszczalność maksymalna 63000 G/Oe.

Zastrzeżenia patentowe

1. Taśma transformatorowa z blachy walcowanej na zimno o przestrzennym zgrupowaniu składników, **znamienna tym**, że zawiera najwyżej 4% wagowych krzemu, 0,0001 do 0,20% wagowych, a zwłaszcza od 0,04 do 0,06% wagowych galu, od 0 do 0,5% wagowych, a zwłaszcza od 0,2 do 0,4 wagowych niklu i od 0 do 0,5% wagowych, a zwłaszcza od 0,2 do 0,3% wagowych miedzi, reszta żelazo.

2. Sposób wytwarzania taśmy transformatorowej i blachy według zastrz. 1. polegający na mikrostapianiu materiału podstawowego żelaza i krzemu, kształtowaniu na gorąco, usuwaniu zgorzeliny, walcowaniu na zimno, wyżarzaniu międzyoperacyjnym oraz na walcowaniu wykańczającym i na końcowej obróbce cieplnej tak otrzymanego wyrobu, **znamienny tym**, że przeprowadza się mikrostapianie stali zawierającej najwyżej 4% wagowych krzemu z od 0,0001 do 0,20% wagowych, a zwłaszcza od 0,04 do 0,06% wagowych galu, od 0 do 0,5% wagowych, a zwłaszcza od 0,2 do 0,4% wagowych niklu i od 0 do 0,5% wagowych, a zwłaszcza od 0,2 do 0,3% wagowych miedzi, a równocześnie przed ostatnią obróbką cieplną wkłada się pomiędzy zwoje taśmy lub części rdzeniowe jako materiał rozdzielający drut lub taśmę ze stopu żelaza zawierającego od 0,5 do 6,0% wagowych aluminium.

