

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

68 889

Patent dodatkowy
do patentu

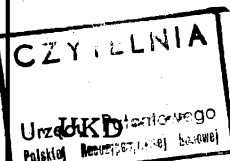
Kl. 18c, 7/02

Zgłoszono: 07.X.1968 (P 129 420)

Pierwszeństwo: 09.X.1967 Węgry

MKP C21d 7/02

Opublikowano: 10.XII.1973



Współtwórcy wynalazku: Mihály Stefan, Zoltán Hegedus, Fülöp Balázs
Właściciel patentu: Csepeli Femmü, Budapeszt (Węgry)

Blacha stalowa walcowana na zimno do celów elektrotechnicznych o izotropowych właściwościach magnetycznych oraz sposób jej wytwarzania

1

Przedmiotem wynalazku jest blacha stalowa walcowana na zimno o izotropowych właściwościach magnetycznych do celów elektrotechnicznych oraz sposób jej wytwarzania.

Znane są taśmy i blachy stalowe stosowane w produkcji transformatorów, walcowane na zimno z tak zwaną teksturą Gossa, charakteryzującą się zorientowanymi właściwościami magnetycznymi.

Wadą znanych taśm i blach wytwarzanych przez walcowanie na zimno jest to, że ich właściwości magnetyczne uzależnione są od właściwego kierunku walcowania, podczas gdy przy niewłaściwych kierunkach występują niekorzystne właściwości magnetyczne. Na przykład, stratność walcowanej na zimno taśmy o dobrej jakości z teksturą Gossa wynosi w kierunku walcowania 0,48 W/kg, względnie 1,37 W/kg w kierunku prostym, podczas gdy jej indukcja w polu magnetycznym o natężeniu 25 A/cm wynosi w kierunku walcowania 18900 Gs, natomiast w kierunku prostym tylko 14200 Gs.

W związku z powyższym z taśm, które mają takie właściwości magnetyczne, mogą być wytwarzane tylko takie transformatory, w których kierunek linii pola magnetycznego jest zgodny z kierunkiem walcowania taśm.

Przez tłoczenie walcowanych na gorąco blach transformatorowych z teksturovanymi taśm i blach transformatorowych nie mogą być wytwarzane zwykłe rdzenie w kształcie liter E, I i M. Spowodowało to rozwój sposobów wytwarzania transformatorów z rdzeniami zwijanymi względnie zwijanymi i prasowanymi. Sposoby te są jednak bardzo kosztowne.

Ze względu na wyższą cenę i trudniejszą obróbkę walc-

2

wanych na zimno taśm ze zorientowanymi właściwościami magnetycznymi, obecnie transformatory o niedużych rozmiarach wytwarza się głównie z walcowanych na gorąco blach stalowych z izotropowymi, to jest niezorientowanymi właściwościami magnetycznymi.

Wadą tego rozwiązania jest to, że w celu zmniejszenia strat przemagnesowywania, zawartość krzemu w tych blachach jest dość wysoka i przekracza 4%. W następstwie wyższej zawartości krzemu, blachy walcowane na gorąco przy takiej samej stratności charakteryzują się mniejszą indukcją niż blachy, walcowane na zimno. Ponadto blachy takie są bardziej łamliwe, niż blachy walcowane na zimno. Łamliwość ta jest przyczyną trudności przy tłoczeniu i zwiększa znacznie zużycie narzędzi.

Celem wynalazku jest opracowanie walcowanej na zimno blachy stalowej o izotropowych właściwościach magnetycznych do celów elektrotechnicznych oraz opracowanie takiego sposobu jej wytwarzania, który za pomocą walcowania na zimno i krótkotrwałej obróbki cieplnej umożliwia ekonomiczne wytwarzanie taśm i blach stalowych o małej stratności i izotropowych właściwościach magnetycznych dla celów elektrotechnicznych.

Zadanie to zostało rozwiązane zgodnie z wynalazkiem dzięki temu, że walcowaną na zimno dla celów elektrotechnicznych blachę stalową o izotropowych właściwościach magnetycznych przy zawartości krzemu wagowo najwyżej 4%, zawiera wagowo 0,05–0,5% glinu i/lub co najmniej 3 części na milion galu.

Przy zawartości krzemu wagowo najwyżej 4%, blacha stalowa według wynalazku zawiera wagowo 0,10–0,15% glinu

i 30–60 części na milion galu.

Sposób wytwarzania walcowanej na zimno blachy stalowej dla celów elektrotechnicznych według wynalazku polega na tym, że w walcowaniu wlewk o zawartości krzemu wagowo najwyżej 4% reguluje się zawartość glinu i galu do wartości, wynoszących wagowo 0,05–0,5% glinu i/lub co najmniej 3 części na milion galu albo 0,10–0,15% glinu i 30–60 części na milion galu walcuje się wlewk na gorąco w znany sposób, po czym w ten sam sposób walcuje się go na zimno i poddaje się obróbce cieplnej, przeprowadzając nagrzewanie do temperatury wyższej niż 700°C, a następnie przeprowadza się etapem walcowania na zimno, ewentualnie przeprowadzając również nagrzewanie do temperatury końcowej obróbki termicznej przy szybkości nagrzewania co najmniej 150°C/min, zwykle 300–500°C/min, przy czym wyżarzanie zmniejszające przeprowadza się co najmniej przez okres 2 minut w temperaturze co najmniej 700°C, a następnie przeprowadza się ostateczne walcowanie na zimno dla zmniejszenia grubości od 3 do 10%, korzystnie 4–6%, ponadto końcową obróbkę termiczną przeprowadza się w atmosferze redukującej lub obojętnej w temperaturze 800–1000°C co najmniej przez okres 2 minut.

Zgodnie ze sposobem według wynalazku podczas końcowej obróbki termicznej blach walcowanych na ostateczny wymiar, w okresie oziębiania w temperaturze pomiędzy 600°C i 300°C w atmosferze pary wodnej, na górnej powierzchni taśm tworzy się izolująca warstwa tlenku.

Przy wykonywaniu tłoczonych części i rdzeni z blach walcowanych na ostateczny wymiar, końcowa obróbka termiczna przeprowadzana jest w temperaturze 800–1150°C, co najmniej przez okres 5 minut w atmosferze redukującej albo obojętnej. W końcowej fazie obróbki termicznej tych części i rdzeni celowe jest stosowanie wirującego pola magnetycznego w okresie chłodzenia poniżej punktu Curie.

Kończąca obróbka termiczna części i rdzeni tłoczonych na ostateczny wymiar z walcowanej blachy powinna być zastosowana celowo tam, gdzie zakład posiada możliwości dla przeprowadzenia obróbki termicznej taśm stalowych dla celów elektrotechnicznych walcowanych na zimno i posiadających izotropowe właściwości magnetyczne.

W przypadku końcowej obróbki termicznej czas jej trwania zależy od temperatury, przy czym w niższych temperaturach niezbędna jest dłuższa obróbka termiczna.

Odpowiednią teksturę blach, wytwarzanych w ostatnim etapie walcowania na zimno można uzyskać przez określone zmniejszenie grubości walcówki wówczas, gdy stosuje się określone ilości glinu i/lub galu, zawartych we wlewk stalowym, a nagrzewanie do temperatury odpuszczania stosuje się przed ostatnim etapem walcowania na zimno, a następnie przeprowadza się z dużą prędkością nagrzewanie do temperatury końcowej obróbki termicznej.

W przypadku przeprowadzonej końcowej obróbki termicznej wytloczonych, ukształtowanych na pożądaną wymiar kawałków blach walcowanych na zimno właściwości magnetyczne wyrobu mogą być jeszcze bardziej poprawione przez zastosowanie wirującego pola magnetycznego w odcinku oziębianym, znajdującym się w temperaturze poniżej punktu Curie.

Magnetyczne działanie podczas obróbki termicznej było stosowane dotychczas tylko w zorientowanym polu magnetycznym, przy czym anizotropia magnetyczna została przez to działanie zwiększona. Można było więc oczekiwać, że działanie w wirującym polu magnetycznym, w przypadku rdzenia o strukturze izotropowej może być szkodliwe w następstwie zmniejszenia izotropii.

Zgodnie z wynalazkiem można więc osiągnąć korzystniejsze właściwości magnetyczne taśm i blach stalowych z izotropowymi właściwościami magnetycznymi, za pomocą krótkotrwałej obróbki termicznej, wówczas, jeżeli walcowany wlewk stalowy zawiera pewną ilość glinu i/lub galu. Okazało się również, że jeżeli stalowy wlewk zawiera pewną ilość glinu i/lub galu, to czas trwania końcowej obróbki termicznej może być wielokrotnie obniżony, przy czym nie następuje szkodliwy dla właściwości magnetycznych wpływ starzenia, jeżeli końcowe walcowanie na zimno przeprowadza się dla zmniejszenia grubości od 3 do 10%.

Ogólnie rzecz biorąc, taśmy walcowane na zimno wykazują liczne zalety w stosunku do taśm walcowanych na gorąco.

Tolerancja wymiaru, jakość płaszczyzny górnej i położenie poziome taśm walcowanych na zimno są lepsze, niż blach walcowanych na gorąco. Wynika z tego, że wypełnienie przestrzeni przy rdzeniach prasowanych z taśm walcowanych na zimno, jest bardziej korzystne, niż przy rdzeniach prasowanych z blach walcowanych na gorąco.

Przy wytwarzaniu rdzeni z taśm walcowanych na zimno, które są rozciągane na odpowiednią szerokość w zależności od celu zastosowania, ilość odpadu jest o wiele mniejsza, niż przy obróbce blach walcowanych na gorąco o zwykle stosowanych wymiarach.

Przy obróbce taśm nie występuje odpadowy ściniek boczny, jak też dzięki zastosowaniu niekończących się taśm nie występują ścinki czołowe.

Możliwe jest również zwiększenie zdolności produkcyjnej przy tłoczeniu rdzeni, gdyż zastosowanie taśm umożliwia wykorzystywanie automatów tłoczących o dużej zdolności produkcyjnej.

Szczególną korzyścią stosowania sposobu według wynalazku jest to, że eliminuje się istotne wady dotychczas stosowanych sposobów. Przy tłoczeniu części i rdzeni, szczególnie zaś przy zastosowaniu niedostatecznie przygotowanych lub zużytych narzędzi, unika się tworzenia się zagięć, oraz odkształceń, występujących wzdłuż brzegów i powodujących pogorszenie, w niektórych przypadkach do około 25% właściwości magnetycznych wyrobu.

Przy stosowaniu sposobu według wynalazku możliwe jest skrócenie czasu trwania końcowej obróbki termicznej z 4 godzin na kilka minut, przy czym należy zwrócić uwagę na fakt, że przy dotychczas stosowanych sposobach czas trwania końcowej obróbki termicznej przekraczał 100 godzin, przy czym pomimo przeprowadzonego walcowania dla zmniejszenia grubości od 3 do 10%, nie pojawiają się żadne objawy starzenia.

Sposób według wynalazku który umożliwia wytwarzanie taśm transformatorowych, walcowanych na zimno o lepszej jakości i właściwościach magnetycznych, niż właściwości blach transformatorowych walcowanych na gorąco, może być stosowany na skalę przemysłową.

Umożliwia on wytwarzanie taśm z oksydowaną górną powierzchnią, a więc zaopatrzoną w warstwę izolującą.

Przy stosowaniu sposobu według wynalazku nie tworzy się żadna szkodliwa tekstura i w związku z tym anizotropia magnetyczna produkowanych taśm nie przekracza 15%.

Podczas gdy stratność blachy na przykład o grubości 0,35 mm walcowanej na gorąco wynosi zwykle 1,1–1,8 W/kg, a uzyskanie stratności poniżej 1,1 W/kg może nastąpić tylko przez zastosowanie specjalnej technologii, a ponadto wartości indukcji B_2 , wynoszą 14400–14500 Gs, sposób według wynalazku umożliwia osiągnięcie stratności 0,8–1,1 W/kg i indukcji ponad 15500 Gs.

Sposób według wynalazku jest wyjaśniony na podstawie poniższych przykładów, odnoszących się do taśmy o grubości 0,35 mm.

P r z y k ł a d I. W piecu łukowym wytworzono stop żelazo-krzemowy, który posiada nominalną wartość krzemu około 2,9% oraz zawartość glinu około 0,18% i nieznaczne ilości zanieczyszczeń. Wlewek stalowy walcuje się na gorąco do grubości 2,0–2,2 mm. Po wytrawieniu półprodukt walcuje się na zimno, aż do osiągnięcia po wielu etapach grubości około 0,37 mm. Następnie półprodukt nagrzewa się w piecu do temperatury 860°C z prędkością nagrzewania 400–500°C/min i przez okres 3 minut utrzymuje się tę temperaturę. Wyżarzanie zmiekczonego przeprowadza się w atmosferze amoniaku rozkładowego o temperaturze rosy między + 20°C a + 50°C. Po tym następuje ostateczne walcowanie od grubości 0,37 mm do 0,35 mm.

Przewalcowane taśmy poddaje się obróbce termicznej w piecu o temperaturze 900°C, w redukującej atmosferze ochronnej, tak, by materiał pozostawał przez okres 7 minut w tej temperaturze. Dla wytworzenia warstwy izolującej, atmosferę pieca reguluje się tak, że poddane ogrzewaniu taśmy przechodzą podczas ich ochładzania od temperatury 580°C do temperatury 300°C przez strefę, która jest wypełniona redukującym gazem obojętnym i o temperaturze rosy pomiędzy + 20°C a + 50°C.

Wytwarzane w ten sposób taśmy z przylegającą warstwą oksydowaną mogą być nie tylko nawinięte na szpule, lecz także pocięte na kawałki, jak płytki.

Uzyskana stratność wynosi 1,08 W/kg.

P r z y k ł a d II. Ukształtowane kawałki blach, wytworzone tak, jak w przykładzie I, o grubości około 0,35 mm w piecu o temperaturze 900°C w redukującej atmosferze ochronnej o zawartości 25% H₂ i 75% N₂, poddaje się obróbce termicznej przez okres 1 godziny. Stratność wytworzonego wyrobu wynosi 1,03 W/kg.

P r z y k ł a d III. Proces przebiega tak, jak przedstawiono w przykładzie I, z tym, że zawartość glinu w stopie wynosi 0,09%. Otrzymane taśmy stalowe wykazują stratność około 1,09 W/kg.

P r z y k ł a d IV. W piecu łukowym wytwarza się stop żelazo-krzemowy, który ma nominalną zawartość krzemu około 2,9% i nominalną zawartość glinu około 0,10%, oraz nieznaczną ilość zanieczyszczeń. Glin został wprowadzony w przedstopie glinu i galu, zawierającym wagowo 1% galu. Następnie postępuje się tak, jak w przykładzie I. Otrzymane taśmy stalowe posiadają stratność około 0,88 W/kg.

P r z y k ł a d V. W indukcyjnym piecu tyglowym wytwarza się stop żelazo-krzemowy, który posiada nominalną zawartość krzemu około 3,1% i zawartość galu około 40 mg/kg, a tylko nieznaczne ilości zanieczyszczeń. Następnie postępuje się w taki sposób, jak w przykładzie I. Otrzymane taśmy stalowe wykazują stratność około 0,90 W/kg.

P r z y k ł a d VI. W piecu łukowym wytwarza się stop żelazo-krzemowy, zawierający 3,2% krzemu i 0,09% glinu oraz nieznaczne ilości zanieczyszczeń. Odlewanie i walcowanie na gorąco stopu przeprowadza się w sposób, przedstawiony w przykładzie I. Po wytrawieniu przeprowadza się wielostopniowe walcowanie na zimno, aż do grubości 0,50 mm, potem półprodukt przebiega w piecu w temperaturze 720°C przez okres 4 godzin dla dokonania obróbki termicznej w egzotermicznej atmosferze ochronnej. Następnie półprodukt walcuje się na zimno do grubości około 0,38 mm. Taśmy następnie nagrzewa się w piecu w atmosferze redukującej z szybkością nagrzewania 400–500°C/min, do temperatury 800°C i w tej temperaturze wytrzymuje się

je przez okres 5 minut. Następnie walcuje się je ostatecznie z grubości 0,38 mm na grubość 0,35 mm.

Przewalcowane na założony wymiar taśmy wygrzewa się w temperaturze 900°C i w atmosferze gazowego amoniaku rozkładowego o temperaturze rosy + 20°C + 50°C przez okres 12 minut.

P r z y k ł a d VII. Proces przebiega tak, jak w przykładzie II, z tym, że ukształtowane kawałki blach w okresie oziębiania podczas końcowej obróbki termicznej po osiągnięciu temperatury około 700°C, poddaje się działaniu wirującego pola magnetycznego o natężeniu około 15.

Otrzymane w ten sposób kawałki blach posiadają stratność około 0,96 W/kg.

P r z y k ł a d VIII. Proces przebiega tak, jak w przykładzie IV, z tym, że ukształtowane kawałki blach wytłacza się z walcowanych taśm o grubości około 0,35 mm bez końcowej obróbki termicznej, a następnie poddaje się je obróbce termicznej w piecu o temperaturze 900°C w atmosferze gazu obojętnego przez okres 1 godziny.

W okresie oziębiania, w sposób przedstawiony w przykładzie VII, stosuje się pole magnetyczne. Wytworzone w ten sposób kawałki blach wykazują stratność około 0,79 W/kg.

Zastrzeżenia patentowe

1. Blacha stalowa walcowana na zimno do celów elektrotechnicznych o izotropowych właściwościach magnetycznych, **znamienna tym**, że przy zawartości krzemu wagowo najwyżej do 4% zawiera wagowo 0,05–0,5% glinu i/lub co najmniej 3 części na milion galu.

2. Blacha według zastrz. 1, **znamienna tym**, że przy zawartości krzemu wagowo najwyżej do 4% zawiera wagowo 0,10–0,15% glinu i 30–60 części na milion galu.

3. Sposób wytwarzania tej blachy według zastrz. 1–2, **znamienny tym**, że w walcowanym wlewkę stalowym o zawartości krzemu wagowo najwyżej 4% reguluje się zawartość glinu i galu do wartości, wynoszących wagowo 0,05–0,5% glinu i/lub co najmniej 3 części na milion galu albo 0,10–0,15% glinu i 30–60 części na milion galu, walcuje się wlewki na gorąco w znany sposób, po czym w ten sam sposób walcuje się go na zimno i poddaje obróbce cieplnej, przeprowadzając nagrzewanie do temperatury wyżarzania zmiekczonego przed końcowym etapem walcowania na zimno, ewentualnie przeprowadzając również nagrzewanie do temperatury końcowej obróbki termicznej przy szybkości nagrzewania co najmniej 150°C/min, zwykle 300–500°C/min, przy czym wyżarzanie zmiekczonego przeprowadza się co najmniej przez okres 2 minut w temperaturze co najmniej 700°C, a następnie przeprowadza się ostateczne walcowanie na zimno dla zmniejszenia grubości od 3–10%, korzystnie 4–6%, ponadto końcową obróbkę termiczną przeprowadza się w atmosferze redukującej lub obojętnej w temperaturze 800–1000°C, co najmniej przez okres 2 minut.

4. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że podczas końcowej obróbki termicznej taśmy walcowane na ostateczny wymiar ochładza się w temperaturze między 600°C a 300°C w atmosferze pary wodnej, przez co na górnej powierzchni taśm tworzy się izolująca warstwa tlenku.

5. Sposób według zastrz. 3, **znamienny tym**, że końcową obróbkę termiczną przeprowadza się w temperaturze 800–1150°C w atmosferze redukującej lub obojętnej co najmniej przez okres 5 minut.

6. Sposób według zastrz. 5, **znamienny tym**, że podczas końcowej obróbki termicznej w okresie chłodzenia poniżej punktu Curie stosuje się wirujące pole magnetyczne.