

POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA



URZĄD
PATENTOWY
PRL

OPIS PATENTOWY

70972

Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 17.09.1971 /P. 150 565/

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 15.07.1976

MKP H01f 1/02
H02k 3/48

Int. Cl² H01F 1/02
H02K 3/48

CZYTELNICIA

Urzędu Patentowego
Państwa Rzeczypospolitej (Ludowej)

Twórca wynalazku:

Uprawniony z patentu: Kharkovsky Elektromekhanichesky Zavod imieni 50-letia
Velikoi Oktyabrskoi Sotsialisticheskoi Revoljutsii, Charków
(Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich)

Sposób wytwarzania wyrobów elektrotechnicznych z proszku ferromagnetycznego

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania wyrobów elektrotechnicznych z proszku ferromagnetycznego, zwłaszcza klinów magnetycznych do maszyn elektrycznych.

W dalszej części opisu, sposób wytwarzania wyrobów elektrotechnicznych z masy magnetycznej proszkowej rozpatrzony jest na przykładzie sposobu wytwarzania klinów magnetycznych.

Klin magnetyczny służy do zmniejszania dodatkowych strat spowodowanych pulsacją, nagrzewaniem uzwojenia i wibracją maszyn elektrycznych.

Znane jest wiele sposobów wytwarzania klinów magnetycznych, jednakże szereg istotnych wad przeszkadza szerokiemu ich wdrożeniu.

Znane są powszechnie rurkowe kliny magnetyczne wykonane ze stali. Główną wadą stalowych rurkowych klinów jest ich mała oporność właściwa i dlatego kliny te izoluje się cienkimi błonkowymi powłokami (0,1–0,15 mm), które jednak przy wsuwaniu klina do żłobka zdzierane są przez części statora. W wyniku tego klin jest niezdolny do pracy, ponieważ brak izolacji powoduje, że klin staje się otwartym przewodem, w którym podczas pracy maszyny elektrycznej, na skutek głównego pola magnetycznego indukuje się siła elektrotoryczna i klin zwierając się z rdzeniem stojana, wypala się. Taka więc konstrukcja klina nie jest pewna. Technologia wytwarzania tych klinów jest pracochłonna i droga w związku z koniecznością indywidualnej kontroli jakości powłok izolacyjnych każdego klina. Poza tym stalowy klin ma niedopuszczalnie wysoką przenikalność magnetyczną ($\mu_0 = 500-1000$) w kierunku poprzecznym co doprowadza do nadmiernego zwiększenia rozproszenia żłobkowego.

Znane są kliny magnetyczne otrzymane sposobem składania z blach ze stali elektrotechnicznej. Takie kliny oprócz pracochłonnej technologii wytwarzania mają także dużą przenikalność magnetyczną, która powoduje zwiększenie strat z tytułu żłobkowego rozproszenia strumienia magnetycznego, przy czym kliny podczas pracy pod działaniem zmiennego pola i wibracji ulegają zniszczeniu ponieważ niemagnetyczne nity służące do łączenia blach nie wytrzymują tej wibracji.

Znane kliny z ferromagnetycznymi częściami składowymi nie znalazły szerokiego zastosowania z powodu znacznych technologicznych trudności przy masowym ich wytwarzaniu. Stosowane są one tylko w specjalnych maszynach o ograniczonym zakresie pracy. Takie kliny również nie są pewne w pracy podobnie jak kliny zestawione z blach stalowych.

W szczególności kliny z siatek metalowych zapiekanych według specjalnej technologii między warstwami getinaksu lub tekstolitu, jak wykazują badania, wysychają w warunkach eksploatacyjnych i pod działaniem obciążeń termicznych i wibracyjnych wypadają ze żłobków.

Znane są kliny z żelaza i jakiegokolwiek wiążącej podstawy otrzymywane przez sprasowanie pod dużym ciśnieniem. Takie kliny posiadają małą oporność właściwą współmierną oporności stali elektrotechnicznej, co powoduje konieczność nałożenia izolacji na ich powierzchnie i zastosowania środków w celu zmniejszenia strat z tytułu rozproszenia żłobkowego. Wytwarzanie takich klinów wymaga nakładów finansowych na prasy dużego nacisku i skomplikowanej technologii izolowania każdego klina.

Znane są także kombinowane kliny składające się z magnetycznego elementu i z rozmieszczonej w środkowej części klina niemagnetycznej wstawki służącej do zmniejszania rozproszenia żłobkowego. Wytwarzanie takich klinów jest bardzo pracochłonne szczególnie przy masowej produkcji małych maszyn.

Wadą tych klinów jest także mała wytrzymałość z powodu podziału klina na części magnetyczną i niemagnetyczną.

Znane metaloceramiczne kliny prasowane i spiekane z proszku żelaznego i z tlenków metali metodami metalurgii proszków mają podstawową wadę polegającą na wysokiej ich przewodności elektrycznej i wysokiej przenikalności magnetycznej co doprowadza do wielkich strat z tytułu rozproszenia żłobkowego i skomplikowanej technologii prasowania przy nacisku 5000–6000 kg/cm².

Wymóg dokładnego izolowania klina od rdzenia, pracochłonna technologia wytwarzania, a także ograniczony zakres zastosowania (tylko w maszynach o dużych gabarytach) stanowiły podstawową przyczynę tego, że klinów tych prawie nie stosuje się w maszynach elektrycznych.

Celem niniejszego wynalazku jest usunięcie wyżej wyszczególnionych wad.

Zadaniem wynalazku jest opracowanie sposobu wytwarzania wyrobów elektrotechnicznych, zwłaszcza klinów magnetycznych, gwarantującego wysoką termiczną i mechaniczną wytrzymałość otrzymywanych wyrobów o ulepszonych właściwościach magnetodielektrycznych.

Postawione zadanie zostało rozwiązane przez zastosowanie sposobu wytwarzania wyrobów elektrotechnicznych, zwłaszcza klinów magnetycznych z masy magnetycznej proszkowej, w którym proszek żelazny i żywicę termoutwardzalną miesza się z utwardzaczem w warunkach próżni, w celu wydalenia zanieczyszczeń, powietrza i lotnych produktów termoutwardzalnych, otrzymaną masę rozdziela się na porcje, formuje półwyroby i poddaje ją stopniowej obróbce termicznej w celu utwardzenia żywicy.

Istota wynalazku polega na tym, że po rozdzieleniu masy na porcje, rozporcjowaną masę rozwałkowuje się na półwyroby w postaci płaskich arkuszy o grubości większej niż grubość gotowych wyrobów, przy czym przy formowaniu wykonuje się wstępne prasowanie w celu zagęszczenia półwyrobu, po czym półwyroby, przed stopniową obróbką termiczną poddaje się utwardzaniu w naturalnych warunkach.

Najkorzystniej jest jednocześnie ze wstępnym prasowaniem półwyrobu rozcinać go na pasma, przy czym formowanie, prasowanie wstępne i rozcinanie wykonywać drogą walcowania wałcami profilowanymi.

Celowe jest wykonywanie formowania, prasowania wstępnego i rozcinania półwyrobów drogą ściśnięcia ich w prasie w profilowych dwudzielnym formach i w procesie formowania wykonanie powierzchniowego zbrojenia półwyrobów tkaniną szklaną.

Proponowany wynalazek może być wykorzystany w dziedzinie budowy maszyn elektrycznych, gdyż kliny magnetyczne na przykład wytworzone zgodnie z wynalazkiem posiadają dobre właściwości magnetoelektryczne, termiczne i wytrzymałościowe. Montowanie w maszynach elektrycznych klinów otrzymywanych według tego sposobu istotnie poprawia ich energetyczne charakterystyki.

Kliny magnetyczne wytworzone danym sposobem mogą być wykorzystane w asynchronicznych, synchronicznych silnikach elektrycznych i w maszynach prądu stałego o mocy od 100 do 1000 kW. Celowe jest stosowanie ich także w turbogeneratorach i hydrogeneratorach, ponieważ sprawdzona w wielokrotnych doświadczeniach pewność klinów nie budzi żadnej wątpliwości.

Elektryczne maszyny z klinami magnetycznymi wytworzonymi zgodnie z wynalazkiem mają wyższość nad maszynami ze zwykłymi niemagnetycznymi klinami np. getinaksowymi, tekstolitowymi i innymi klinami we wskaźnikach ciężarowych i energetycznych.

Stosowanie klinów magnetycznych z ferromagnetycznej dielektrycznej masy daje możliwość obniżenia części dodatkowych strat o 50–75%, wielkość sumarycznych strat cieplnych można zmniejszyć o 15–25% (w zależności od typu, klasy i prędkości obrotów maszyny). W rezultacie współczynnik sprawności powiększa się o 1,5–2,5%, a współczynnik mocy o 1–3 punkty; przy tym średni przyrost temperatury nagrzewania uzwojenia obniża się o 8–19°C, co daje możliwość zwiększenia użytecznej mocy maszyny przy niezmiennych gabarytach i ciężarze o 10–15%.

Wyroby z proszkowego materiału magnetycznego zgodnie z wynalazkiem charakteryzują się nie tylko dobrymi magnetycznymi i dielektrycznymi właściwościami lecz także wysokimi wskaźnikami techniczno-eksploatacyjnymi. Eksploatacja asynchronicznych silników w wykonaniu przeciwwybuchowym o mocy 200–1600 kW

w trudnych warunkach kopalnianych w ciągu czterech lat wykazała absolutną pewność klinów magnetycznych z masy magnetycznej proszkowej. Tak więc proponowany sposób jest łatwy do stosowania i ekonomiczny a wyroby, w szczególności kliny magnetyczne otrzymywane zgodnie z proponowanym sposobem, gwarantują wysoką mechaniczną wytrzymałość na zginanie; zabezpieczenie wytrzymałości udarowej na skutek trwałości struktury klina podczas wbijania go do żłobków; możliwość regulowania względnej przenikalności magnetycznej; nie występowanie strat z tytułu prądów wirowych; dużą elektryczną oporność właściwą rzędu $\varphi = 1 \cdot 10^6 \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$; dobrą przewodność cieplną; mały współczynnik liniowej rozszerzalności klina. Można wykonywać kliny o dowolnym przekroju. Ekonomiczny efekt otrzymywany w wyniku stosowania klinów magnetycznych w asynchronicznych silnikach elektrycznych typu przeciwybuchowego, jest następujący. Oszczędza się energię elektryczną dzięki podwyższeniu współczynnika sprawności licząc średnio o 1,5% przy stosowaniu silnika elektrycznego w czasie 5000 godz., w ciągu roku zaoszczędzona energia, obliczona dla silnika o mocy 100 kW, wyniesie 7500 kWh, oraz obniża jednostkowy koszt własny wytworzenia jednego kilowata mocy silnika o 10–12% dzięki zmniejszeniu zużycia aktywnych materiałów.

W sposobie wytwarzania wyrobów elektrycznych, zwłaszcza klinów magnetycznych, materiałem wyjściowym jest masa magnetyczna proszkowa, której skład zmienia się w zależności od warunków wykorzystania otrzymywanego wyrobu. Rozpatrzmy kilka przykładów składu masy magnetycznej proszkowej dla klinów montowanych w elektrycznych maszynach różnej mocy.

P r z y k ł a d I. Skład masy magnetycznej proszkowej do wytwarzania klinów magnetycznych, montowanych w dużych elektrycznych maszynach o mocy od 300 do 5000 kW.

Podstawę masy magnetycznej proszkowej stanowi mieszanina żywicy furanowo-epoksydowej z utwardzaczem, a jako magnetyczny składnik stosuje się drobny proszek żelazny o wymiarach ziarn od 10 do 50 mikrometrów.

Skład masy jest następujący, w stosunku wagowym składników:

żywica furanowo-epoksydowa	100 części
utwardzacz (polietylenopoliamina lub sześciometylenodwuamina)	12 części
dodatek plastyfikatora (ftalan butylu)	2 części
napełniacz – proszek żelazny o wymiarach ziarn do 50 mikro:	
dla wyrobów zbrojonych	400 części
dla wyrobów niezbrojonych	300 części
oraz tkanina szklana do powierzchniowego zbrojenia wyrobów.	

P r z y k ł a d II. Dla dużych maszyn o mocy 5000–10000 kW skład masy dielektryku prasowanego jest następujący w wagowym stosowaniu składników.

żywica furanowo-epoksydowa	100 części
utwardzacz (polietylenopoliamina lub sześciometylenodwuamina)	15 części
dodatek plastyfikatora (ftalan butylu)	2 części
napełniacz - proszek żelazny o wymiarach ziarn do 50 mikrometrów	350 części

Wyrobów do maszyn o mocy 5000–10000 kW można nie zbroić tkaniną szklaną, ponieważ dostateczna jest wytrzymałość klinów dużych rozmiarów.

P r z y k ł a d III. Dla maszyn o mocy 100–300 kW skład masy magnetycznej proszkowej dla klinów jest następujący w wagowym stosunku składników.

żywica furanowo-epoksydowa	100 części
utwardzacz (polietylenopoliamina lub sześciometylenodwuamina)	15 części
dodatek plastyfikatora (ftalan butylu)	1,5 części
napełniacz - proszek żelazny o wymiarach ziarn do 50 mikrometrów	300 części

Kliny zbroi się tkaniną szklaną w celu zagwarantowania ich mechanicznej wytrzymałości.

Fizyko-mechaniczne własności otrzymywanych klinów z masy o optymalnym składzie (przykład I) określa się następującymi danymi:

ciężar właściwy	3,8 g/cm ³
wytrzymałość przy statycznym zginaniu klinów:	
bez zbrojenia tkaniną szklaną	900–110 kg/cm ²
ze zbrojeniem tkaniną szklaną	1500–200 kg/cm ²
robocza odporność cieplna	155°C
granica nasycenia magnetycznego	(8–12)·10 ³ gaussa

względna przenikalność magnetyczna	8
oporność elektryczna właściwa	$1 \cdot 10^7 \quad 1 \cdot 10^9 \frac{\text{om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
współczynnik rozszerzalności liniowej	$5,6 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$
współczynnik przewodności cieplnej	$0,6-0,7 \frac{\text{Wat}}{\text{m}^\circ\text{C}}$
współczynnik skurczu	(0,5-1,0)%
współczynnik higroskopijności praktycznie równy jest zero.	

Masa magnetyczna proszkowa jest nieczynna względem soli, kwasów, zasad, spirytusów, olejów, nafty, benzyny, freonu i innych reagentów.

Wchodząca w zestaw masy mieszana żywica furanowo-epoksydowa zawiera:

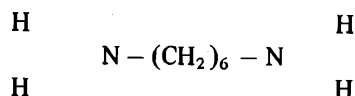
furfurolową żywicę — 40 ÷ 45%

epoksydową żywicę — 60 ÷ 55%

Żywice te łączy się ze sobą przez mechaniczne mieszanie w temperaturze 100°C w obecności bezwodnika maleinowego.

Wiadomo, że żywice epoksydowe są termoutwardzalne i że samoczynnie nie mogą przechodzić w stan nietopliwy i nierozpuszczalny. W celu nadania tym żywicom wartościowych właściwości pod względem technicznym konieczne jest oddziaływanie na ich wolne grupy frakcyjne innymi substancjami, wywołującymi reakcje utwardzania, to jest przechodzenia tych żywic w rozitolowy stan, gdy na skutek intensywnego przestrzennego łączenia się molekuł powstają twarde nietopliwe żywice, niezdolne do dalszych przemian.

Jako utwardzacz i katalizator reakcji dla masy magnetycznej proszkowej na bazie żywicy furanowo-epoksydowej zastosowano sześciometylenodwuaminę- aromatyczny aminowy utwardzacz (i jako przypadek szczególny - polietylenopoliaminę), który ma cztery wolne ogniwa z ruchomymi atomami wodoru w każdej grupie cząsteczki, która z kolei składa się z sześciu jednakowych elementarnych grup chemicznych:



Tak więc w sumie w każdej cząsteczce utwardzacza występują $4 \times 6 = 24$ atomy wodoru zdolne do wiązania grup funkcyjnych żywicy epoksydowej, których ilość wynosi 14-16% ciężaru żywicy.

Trzeba podkreślić, że proces utwardzania żywicy epoksydowej po zmieszaniu jej z utwardzaczem (sześciometylenodwuaminą lub polietylenopoliaminą) już w normalnej temperaturze otoczenia 20°C przebiega bardzo szybko, w ciągu 15-20 minut z dużym wydzielaniem ciepła, które właśnie sprzyja aktywizacji chemicznego procesu łączenia się ruchomego wodoru utwardzacza z funkcyjnymi grupami żywicy epoksydowej, przy czym zachodzi całkowite przestrzenne wiązanie całego materiału, który od razu przechodzi w rezitolowy stan, po czym masa okazuje się nieprzydatna do technologicznej przeróbki.

Bardzo krótki okres (15-20 min) trwania stanu skupienia żywicy epoksydowej, mimo jej wszystkich dobrych dielektrycznych i wytrzymałościowych charakterystyk, ze względu na technologiczne wskaźniki, czyni ją nieprzydatną dla wytwarzania klinów magnetycznych przy produkcji masowej.

Zmieszanie żywicy epoksydowej z innym utwardzaczem - metylohydroftalowym bezwodnikiem wymaga do utwardzania wysokich temperatur i dwóch stopni: pierwszy stopień wstępnego utwardzania w temperaturze 80-90°C w ciągu 8-6 godzin i drugi stopień ostatecznego utwardzania w temperaturze 160-180°C w ciągu 24-20 godz. Do wytwarzania klinów magnetycznych taka kompozycja ciekła w temperaturze do 100°C także technologicznie nie jest przydatna, ponieważ nie pozwala na zakończenie kształtowania wyrobów w formie w normalnych warunkach i oprócz tego wymaga długiej obróbki termicznej w wysokich temperaturach. Dlatego taką kompozycję zwykle wykorzystuje się jako materiał nasycająco-izolacyjny, na przykład jako laną izolację sekcji w maszynach elektrycznych. Zmieszana żywica epoksydowa z żywicą furfurolową ma łagodniejszą charakterystykę termoutwardzania, a cały proces utwardzania podlega kontroli i jest regulowany w wymaganych granicach, w wyniku czego zdolność zachowania stanu skupienia masy może być regulowana w szerokich granicach od 2 do 24 godzin, co jest bardzo ważnym czynnikiem technologicznym przy masowym wytwarzaniu klinów magnetycznych.

Technologia przygotowania masy proszkowej przy wytwarzaniu klinów magnetycznych jest następująca. Stosowana jest żywica furanowo-epoksydowa w stanie wyjściowym o temperaturze 20-25°C; żywicę trzeba podgrzać jeżeli znajdowała się w temperaturze niższej.

Stosowany jest również proszek żelazny w stanie wyjściowym lecz po uprzednim wysuszeniu w piecu o temperaturze 150-130°C w ciągu 1-1,5 godz. Podczas suszenia proszek trzeba mieszać. W proszku nie może

być zbryleń, idzcy i obcych domieszek zwłaszcza organicznych. W przypadkach koniecznych proszek przesiewa się przez drobne sito. Stosuje się utwardzacz sześciometylenodwuaminy w jego wyjściowym, krystalicznym stanie lecz przed użyciem trzeba go roztopić w kąpeli wodnej w temperaturze 50–60°C, po czym należy go ochłodzić do temperatury 40°C.

Zmieszanie składników odbywa się w następującej kolejności: do żywicy furanowo-epoksydowej wprowadza się wymaganą dawkę roztopionej sześciometylenodwuaminy o temperaturze 40°C będącej utwardzaczem, po czym od razu trzeba rozpocząć równoczesne mieszanie, które trwa 10–15 minut. Lepiej jest mieszanie wykonywać mechaniczną mieszarką o napędzie elektrycznym mającą prędkość 30–50 obr./minutę. Do wymieszanej kompozycji żywicy furanowo-epoksydowej i utwardzacza wysypuje się wymaganą porcję proszku żelaznego ochłodzonego do normalnej temperatury 20–25°C, po jego wysuszeniu, który trzeba dokładnie rozmieszać w ciągu 10–15 minut. Po zakończeniu operacji mieszania, których ciągłość trwa w granicach 20–30 minut, masę poddaje się odpowietrzeniu w próżni o ciśnieniu do $1 \cdot 10^{-2}$ do $1 \cdot 10^{-3}$ mm słupa rtęci w ciągu 40–60 minut.

Podczas załadunku proszkowej masy ferromagnetycznej do komory próżniowej, masa ta mocno pęcznieje (objętościowo 2–3 razy), a następnie osiada i zaczyna mocno burzyć się czyli kipieć. Zakończenie odpowietrzania charakteryzuje się stopniowym zanikaniem kipienia prawie do całkowitego uspokojenia. Przy odpowietrzaniu należy kontrolować temperaturę masy, która nie powinna przekraczać 35–40°C i w razie konieczności należy włączyć środki do jej wymuszonego chłodzenia. W przypadkach niezachowania tego warunku może nastąpić burzliwe termoutwardzanie z nagłym wzrostem temperatury do 100°C i proces powolnego utwardzania z pierwotnego stadium przejdzie automatycznie w drugie stadium i nastąpi całkowite nieodwracalne utwardzenie.

Po odpowietrzaniu masę rozdziela się na wymagane porcje w formy, w których przechodzi ona normalny proces utwardzania pierwszego stadium do określonej lepkości, po czym idzie do technologicznej przeróbki formowania klinów magnetycznych lub innych wyrobów.

Dalej wykonuje się dozowanie masy i jej rozwałkowanie na przykład na gładkich wałkach, tworząc półwyroby - płaskie arkusze o grubości nieco większej niż wymagana grubość wyrobów i następnie formowanie półwyrobów.

Formowanie półwyrobów klinów magnetycznych z rozwałkowanych płaskich arkuszy może być wykonane albo w dwudzielnych formach pod prasą albo drogą walcowania w walcach profilowanych płaskich arkuszy ze wstępnie utwardzonej masy w normalnych warunkach w ciągu 12–18 godz.

Do formowania klinów potrzebne są dla każdego typoszeregu klinów dwudzielne metalowe formy z wyfrezowanymi rowkami według wymiarów klina.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony na przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia dwudzielną formę do formowania wyrobów, fig. 2 - przebieg formowania półwyrobu sposobem walcowania, fig. 3 - gotowy wyrób, klin magnetyczny, fig. 4 - układ profilowanych walców.

Dwudzielna forma (fig. 1 i 2) składa się z dolnej płyty 1 i górnej płyty 2 ustawionych w stanie złożonym na kierujących kołach 3. Rowki 4 do klinów są wyfrezowane wzdłuż osi w kierunku dłuższym, przy tym długość formy (300–500 mm) należy ustalać tak, aby kliny można było później rozciąć i otrzymać całkowitą, krotną liczbę, plus naddatek na obcięcie równy 5–10%.

Jakość klinów zależy od dokładności obróbki rowków 4, formy do prasowania, którą należy wykonać według wysokiej klasy dokładności.

Przed napełnieniem formy masą, rowki 4 powinny być posmarowane co gwarantuje bezpieczne zdejmowanie klinów i zabezpiecza formy przed zanieczyszczeniem. W tym celu także może być wykorzystany specjalny papier oddzielający.

Dolną płytę 1 przykrywa się górną płytą 2 i wykonuje formowanie klinów pod prasą hydrauliczną przy następujących naciskach jednostkowych w zależności od grubości klina magnetycznego:

grubość klina do 3 mm 40 - 50 kg/cm²

grubość klina 3–6 mm 50–100 "

grubość klina 6–10 mm 100–150 "

z utrzymaniem nacisku w ciągu 10–15 min. Pod formy można ustawiać w stosie jednocześnie do 10 sztuk klinów.

Po sprasowaniu, kliny w zamkniętych formach powinny przejść etap końcowego utwardzania w naturalnych warunkach w ciągu co najmniej 12–15 godzin.

Ilość form powinna odpowiadać zdwojonemu zapotrzebowaniu dobowemu na kliny magnetyczne, przy tym jeden zestaw form wykorzystuje się przy prasowaniu kolejnej partii klinów, a drugi zestaw poddaje się obróbce cieplnej. W tym przypadku gwarantuje się wysoką jakość klinów ale w trybie wyjątkowym dopuszczalne jest wyjmowanie od razu po sprasowaniu, nieutwardzonych klinów z form za pomocą specjalnego ściągacza

w postaci grzebienia wykonanego z blachy stalowej o grubości 1–1,5 mm. Nieutwardzone kliny powinny być rozłożone na równych płytach bez narażenia na zdeformowanie poprzecznego i podłużnego przekroju klinów. W tym drugim przypadku wystarczy jeden zestaw form.

Formowanie w dwudzielnych formach jest niezwykle proste, nie wymaga specjalnego osprzętu, dużych powierzchni produkcyjnych i jest najmniej pracochłonne. Osiąga się to dzięki temu, że po operacji porcjowania, masę rozwałkowuje się w gładkich wałkach tworząc półfabrykaty płaskie arkusze o grubości większej niż grubość wytworzonych wyrobów, przy czym w procesie formowania wykonuje się wstępne prasowanie półwyrobu w celu zagęszczenia masy i nadania wyrobom wymaganych geometrycznych kształtów. Równocześnie z tym rozcina się wyroby na pasma, które zbroi się tkaniną szklaną w formie.

Wytwarzanie klinów magnetycznych o niedużym przekroju poprzecznym o szerokości 10–15 mm i o grubości do 5 mm dokonuje się poprzez walcowanie w walcach profilowych (fig. 3, 4, 5.). Cała technologia przygotowania masy pozostaje taka sama jak przy prasowaniu w dwudzielnych formach. Różnica istnieje jedynie w technologii kształtowania klinów. W tym przypadku, po uzyskaniu gotowej masy, przygotowane płaskie arkusze przepuszcza się przez walce 6 i 7 o napędzie ręcznym lub mechanicznym. Ciągłe pasmo równoległych klinów 8 wychodzące spod walców 6 i 7 rozcinane jest automatycznie przez nóż gilotynowy (na rysunkach nie pokazano) na potrzebną długość. Rozcięte kliny 8 przechodzą na przenośnik taśmowy, z którego kliny wyjęte z formy przekładane są na gładkie płyty dla odbycia cyklu utwardzania wstępnego w ciągu 12–18 godz. w warunkach naturalnych, po czym kliny podlegają stopniowej obróbce termicznej.

Odróżniającymi cechami tego sposobu formowania jest to, że proces kształtowania jest prostszy. Nie ma potrzeby wykonania form do prasowania stosowania prasy hydraulicznej, rozcinania klinów, jednakże powstają i tu dodatkowe trudności związane z koniecznością zachowania podłużnej i poprzecznej prostoliniowości nieutwardzonych jeszcze klinów, co wymaga dodatkowego wyposażenia prowadnicowego i wyrównującego.

Po przetrzymaniu sprasowanych klinów magnetycznych (12–18 godzin, zarówno w dwudzielnych formach jak i bez form, w celu końcowej polimeryzacji masy magnetykoproszkowej, kliny muszą być poddane obróbce termicznej według następującego porządku: kliny w formach lub bez form umieszcza się w suszarce z równomierną cyrkulacją gorącego powietrza. W drugim przypadku należy zabezpieczyć warunki wykluczające jakiegokolwiek zniekształcenia przekrojów klinów. Włącza się suszarkę, w której temperatura wzrasta do 180–200°C równomiernie i stopniowo w ciągu 1–2 godzin. Po osiągnięciu normalnej temperatury nagrzania 180–200°C temperatura powinna być utrzymywana za pomocą termoregulatora w ciągu 2–2,5 godzin. Po przetrzymaniu klinów zgodnie z powyższymi warunkami wyłącza się suszarkę i następuje normalne ostygnięcie do normalnej temperatury przy drzwiach zamkniętych.

Naruszenie warunków termicznej obróbki, zarówno jeśli chodzi o temperaturę końcową jak i o czas przetrzymywania może spowodować, że kliny będą miękkie, gdy proces termoutwardzania nie został zakończony, lub sztywne gdy temperatura zostanie przekroczona i w rezultacie kliny będą miały obniżone wskaźniki wytrzymałościowe.

Korzystne właściwości klinów magnetycznych z masy magnetycznej proszkowej są następujące. Kliny magnetyczne z masy pozwalają na wyraźne obniżenie dodatkowych strat w maszynach elektrycznych o 50–70%, dzięki czemu jest możliwość obniżenia temperatury nagrzewania czynnych części maszyn o 8–19°C, zwiększenia współczynnika mocy o 2–3 punkty i powiększenia współczynnika sprawności o 1–2% dla dużych maszyn o mocy do 5000 kW i o 2–4% dla maszyn o mocy do 100 kW. Moc właściwa maszyny w stosunku do 1 kg jej wagi przy niezmiennych gabarytach zwiększa się o 12–15%. Kliny magnetyczne poza tym pozwalają na istotne poprawienie wibroakustycznych charakterystyk maszyn prądu stałego. Spektrograficzne przedstawienie wibroprzyspieszeń wykazuje obniżenie vibracji magnetycznej w zakresie częstotliwości 1000–2000 Hz o wielkość 16–18 dB i szumu o 6–8 dB.

Pewność wyrobów z masy magnetycznej proszkowej wytworzonych zgodnie z wynalazkiem zapewniona jest dobrą odpornością na działanie współczynnika temperatur i na działanie drgań. Na podstawie doświadczeń i materiałów eksploatacyjnych zapewniony jest następujący okres prawidłowej pracy wyrobów z masy magnetycznej proszkowej dla różnych klas odporności termicznej:

klasy izolacji	temperatura odporności cieplnej	Zapewniony okres pewności w godzinach
A,E,B	do 130	nieograniczony
	155	80 000
H	180	20 000

Opisanym sposobem, oprócz wytwarzania klinów magnetycznych mogą być wytwarzane inne wyroby elektrotechniczne, na przykład różnego rodzaju boczniki magnetyczne, rdzenie stojana i wirnika, rdzenie stojana różnej aparatury elektrooświetleniowej, rdzenie styczników układów sterowania i inne podobne wyroby.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania wyrobów elektrotechnicznych z proszku ferromagnetycznego, zwłaszcza klinów magnetycznych do maszyn elektrycznych, w którym proszek żelazny i żywicę termoutwardzalną miesza się z utwardzaczem w warunkach próżni, w celu wydalenia zanieczyszczeń, powietrza i lotnych produktów termoutwardzania, otrzymaną masę rozdziela się na porcje, formuje półwyroby i poddaje je stopniowej obróbce termicznej w celu utwardzenia żywicy, znamienny tym, że po rozdzieleniu masy na porcje, rozporcjonowaną masę rozwałkowuje się na półwyroby w postaci płaskich arkuszy o grubości większej niż grubość gotowych wyrobów, przy czym przy formowaniu wykonuje się wstępne prasowanie w celu zagęszczenia półwyrobu, po czym półwyroby, przed stopniową obróbką termiczną poddaje się utwardzaniu w naturalnych warunkach.

2. Sposób według zastrz. 1, znamienny tym, że przy wstępnym prasowaniu półwyrobu jednocześnie rozcina się go na pasma.

3. Sposób według zastrz. 2, znamienny tym, że półwyroby formuje się, wstępnie prasuje i rozcina przez walcowanie w walcach profilowanych.

4. Sposób według zastrz. 2, znamienny tym, że półwyroby formuje się, wstępnie prasuje i rozcina przez ściśnięcie ich pod prasą w profilowanych dwudzielnych formach, przy czym w procesie formowania wykonuje się powierzchniowe zbrojenie półwyrobów tkaniną szklaną.

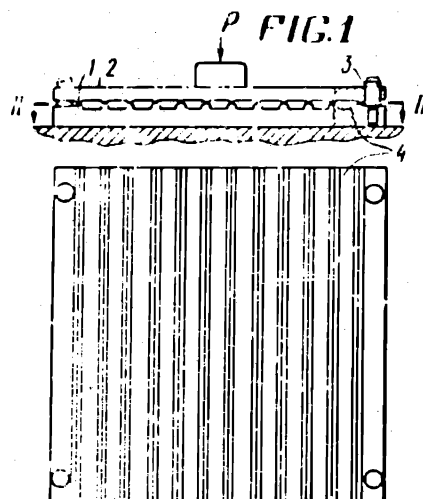


FIG.2

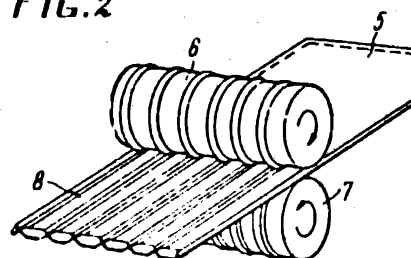


FIG.3

