

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **224171**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **395893**

(51) Int.Cl.
H02K 1/02 (2006.01)
H02K 15/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **08.08.2011**

(54)

Rdzeń magnetycznie miękki stojana silnika elektrycznego

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

18.02.2013 BUP 04/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

30.11.2016 WUP 11/16

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT METALI NIEŻELAZNYCH,
Gliwice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

ROMAN KOLANO, Gliwice, PL
ALEKSANDRA KOLANO-BURIAN, Gliwice, PL
KRZYSZTOF KRYKOWSKI, Zabrze, PL
ZBIGNIEW GAŁUSZKIEWICZ, Kalety, PL
MARCIN POLAK, Gliwice, PL
JAN SZYNOWSKI, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Magdalena Filipek-Marzec

PL 224171 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest rdzeń magnetycznie miękki stojana silnika elektrycznego, zwłaszcza silnika wysokoobrotowego.

Silniki wysokoobrotowe o prędkości obrotowej powyżej 30 000 obr/min mają szerokie zastosowanie w różnych dziedzinach techniki, takich jak przemysł maszynowy, produkcja energii elektrycznej z biogazu lub pary, przemysł samochodowy, przemysł wojskowy, i inne. Jednakże masowe wykorzystanie aktualnie produkowanych silników wysokoobrotowych w praktyce jest mocno ograniczone bardzo wysoką ich ceną wynikającą z konieczności stosowania skomplikowanych układów chłodzeniowych, co również niekorzystnie zwiększa ich gabaryty i ciężar. Aktualnie w świecie prowadzone są intensywne badania nad opanowaniem technologii nowoczesnego elektrycznego silnika wysokoobrotowego ze wzbudzeniem magnetoelektrycznym i wykorzystaniem magnesów trwałych NdFe lub SmCo. Podstawowym elementem silnika wysokoobrotowego jest rdzeń magnetycznie miękki stojana, w którym wydziela się zasadnicza część ciepła powstająca podczas pracy silnika. Silnik obracający się z prędkością 100 000 obr/min powoduje, że proces przemagnesowania rdzenia zachodzi z częstotliwością około 2 kHz. Stąd od materiału, z którego wykonuje się rdzeń magnetycznie miękki stojana, wymaga się małych strat mocy w rdzeniu.

W Polsce po raz pierwszy prace nad silnikiem wysokoobrotowym z wirnikiem z magnesów neodymowych podjęte były na Politechnice Śląskiej (K. Krykowski). Wykonano wówczas model silnika (badania niepublikowane) z zastosowaniem rdzenia magnetycznie miękkiego ze stali elektrotechnicznej FeSi3 o grubości taśmy 0.1 mm i oporze właściwym $47 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, który wykazywał nadmierne grzanie (90°C) już po kilku minutach pracy.

Rdzeń magnetycznie miękki stojana o znacznie mniejszych stratach wykonano, zgodnie z wynalazkiem, z taśmy amorficznej $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ o grubości 0,025 mm i oporze właściwym $\geq 135 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Przekrój poprzeczny rdzenia magnetycznie miękkiego stojana według wynalazku pokazano na fig. 1. Rdzeń ten składa się z pierścieni 1 o grubości 0,025 mm mających średnice zewnętrzne Φ_z i wewnętrzne Φ_w , wykonanych z taśmy amorficznej $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$. Pierścienie 1 tworzą pakiet o współczynniku wypełnienia 90%. Rdzeń jest wykonany jako jednolity, odpowiednio skonsolidowany stos pierścieniowy o wysokości h , pokryty na gorąco żywicą epoksydową 2 w celu zabezpieczenia przed rozwarstwieniem. Na fig. 2 pokazano widok rdzenia od góry.

Zaletą rdzenia magnetycznie miękkiego stojana silnika wysokoobrotowego według wynalazku jest to, że pozwala on w dużym stopniu na zmniejszenie grzania się rdzenia, spowodowanego powstawaniem w nim prądów wirowych, dzięki zastosowaniu taśmy amorficznej o grubości 0.025 mm i dużym oporze właściwym wynoszącym $135 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Tym samym w nowych silnikach wysokoobrotowych zostaną wyeliminowane bardzo drogie systemy chłodzeniowe, co z kolei będzie skutkowało znacznym zmniejszeniem gabarytów tych silników i obniży koszty wytworzenia nowej generacji silników.

Zastosowanie przedmiotu wynalazku pokazane jest w przykładowym wykonaniu na fig. 3, który przedstawia schemat ilustrujący budowę wysokoobrotowego bezszczotkowego silnika prądu stałego z magnesami trwałymi, który składa się z osi obrotu wirnika 3, z rdzenia 4 będącego przedmiotem wynalazku, uzwojenia stojana 5 i wirnika 6 wykonanego z magnesów NdFe. Zależność strat mocy od indukcji magnetycznej, zmierzoną przy częstotliwości 2 kHz dla rdzeni wykonanych z taśmy FeSi3 i taśmy amorficznej $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$, przedstawiono na fig. 4 rysunku. Jak widać na wykresie, straty mocy w rdzeniu amorficznym $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ są około 3,7 razy mniejsze od strat w rdzeniu polikrystalicznym FeSi3, zatem amorficzny rdzeń magnetycznie miękki typu $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ nie powinien się nagrzewać w ogóle, lub najwyżej o kilka stopni. Związane jest to głównie z tym, że taśma amorficzna $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ ma grubość 4 razy mniejszą niż taśma polikrystaliczna FeSi3, a jej opór właściwy jest prawie 3 razy większy. W związku z tym natężenie prądów wirowych będących źródłem grzania rdzenia, powstających w rdzeniu amorficznym $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$, jest wielokrotnie mniejsze od natężenia prądów wirowych powstających w rdzeniu polikrystalicznym FeSi3.

Jak pokazano na fig. 1 i fig. 2 rysunku, rdzeń magnetycznie miękki składa się z pierścieni o grubości 0.025 mm i o średnicy zewnętrznej $\varnothing_z = 57$ mm oraz wewnętrznej $\varnothing_w = 37$ mm, ułożonych jeden na drugim pod określonym naciskiem zapewniającym współczynnik wypełnienia rdzenia ok. 90%. Wysokość rdzenia wynosi 30 mm, a jego masa wynosi około 270 g. Podstawowe parametry magnetyczne rdzenia wynoszą (przy częstotliwości $f = 50$ Hz):

wymagana indukcja magnetyczna:	$B_m \geq 1 \text{ T}$
remanencja magnetyczna:	$B_r \cong 0.6 \text{ T}$

straty mocy dla $f = 50 \text{ Hz}$, $B = 1 \text{ T}$: $P_s \leq 0.3 \text{ W/kg}$

straty mocy dla $f = 2 \text{ kHz}$ $B = 0,6 \text{ T}$: $P_s \leq 15 \text{ W/kg}$

Rdzeń ten został zastosowany do budowy silnika prototypowego o mocy 1 kW i prędkości obrotowej 70 000 obr/min spełniając stawiane mu wymagania.

Zastrzeżenie patentowe

Rdzeń magnetycznie miękki stojana silnika elektrycznego, zwłaszcza silnika wysokoobrotowego, zbudowany w postaci pakietu pierścieniowego, **znamienny tym**, że wykonane z taśmy amorficznej $\text{Fe}_{78}\text{Si}_{13}\text{B}_9$ o grubości 0,025 mm i oporze właściwym $\geq 135 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ o średnicach zewnętrznej Φ_z i wewnętrznej Φ_w pierścienie 1 tworzą pakiet o współczynniku wypełnienia 90%, który jest pokryty żywicą epoksydową 2.

Rysunki

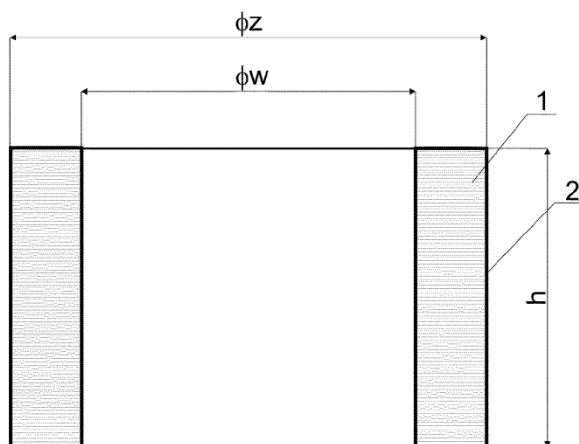


Fig.1

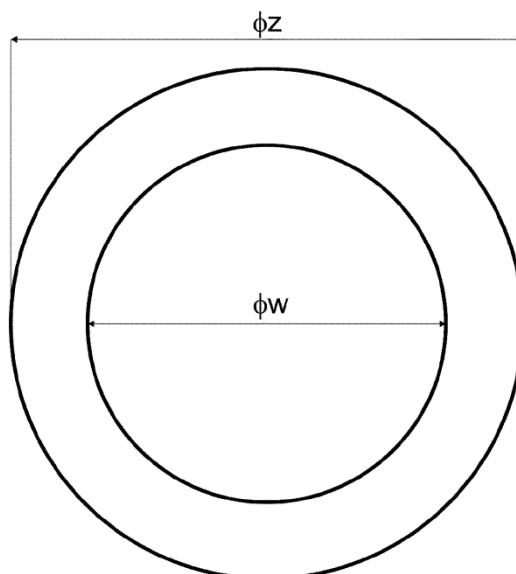


Fig.2

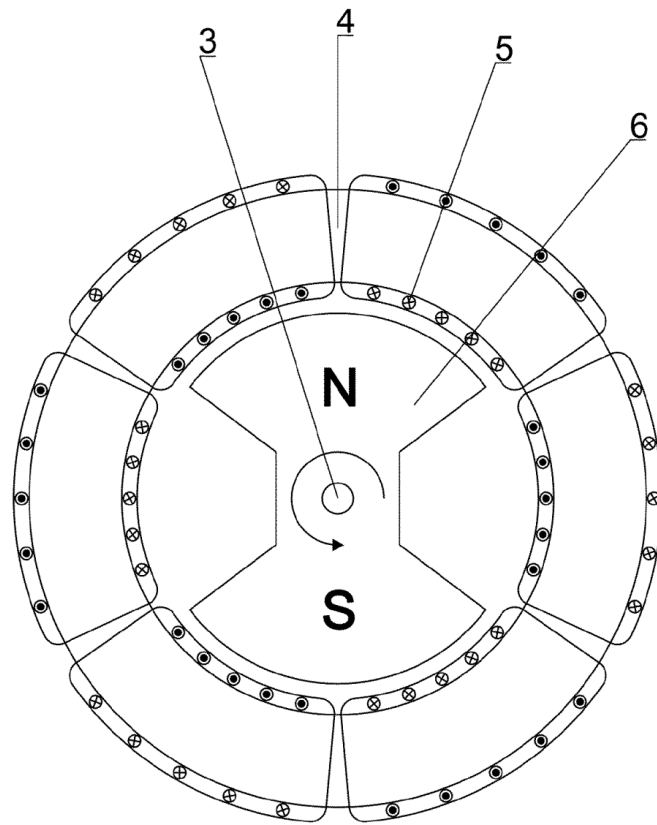


Fig. 3

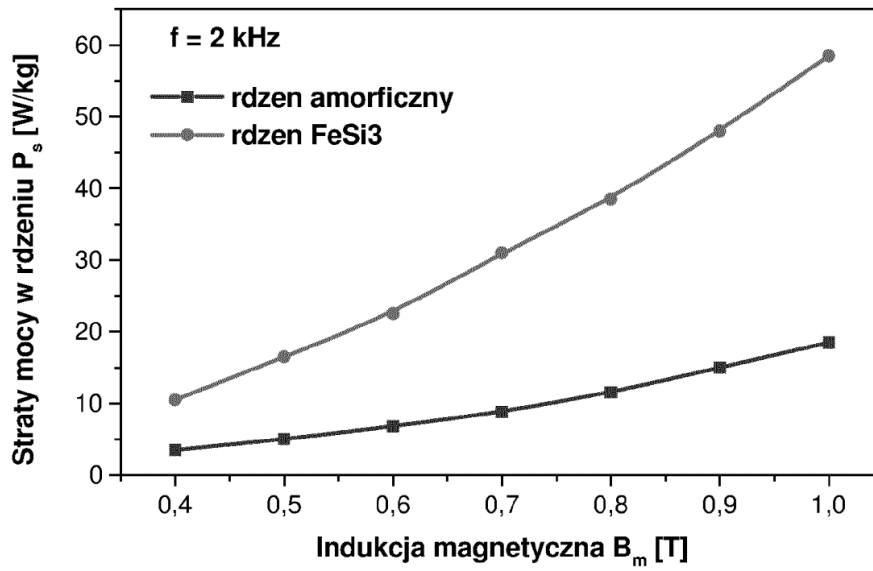


Fig.4