(19) Octrooiraad Nederland

(11) Publikatienummer: **9200515**

(12) A TERINZAGELEGGING

(21) Aanvraagnummer: **9200515**

(22) Indieningsdatum: **20.03.92**

(51) Int.Cl.[5]:
H02K 1/27, H02K 1/17

(43) Ter inzage gelegd:
18.10.93 I.E. 93/20

(71) Aanvrager(s):
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven

(72) Uitvinder(s):
Jan Haisma te Eindhoven.
Evert Marius Hendrik Kamerbeek te Eindhoven.
Gijsbertus Adrianus Cornelus Maria Spierings te Eindhoven.
Peter Wilhelmus de Haas te Eindhoven

(74) Gemachtigde:
Ir. J.E.M. Galama c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven

(54) **Elektrische machine, werkwijze voor het aan elkaar bevestigen van een zacht-magnetisch lichaam en een hard-magnetisch lichaam en werkwijze voor het aan elkaar bevestigen van twee hard-magnetische lichamen**

(57) Elektrische machine, omvattende een stationair eerste deel (1) en een ten opzichte van het stationaire deel verplaatsbaar tweede deel (5). Ten minste een van de delen is voorzien van een zacht-magnetisch gedeelte (7) en een hard-magnetisch gedeelte (9). Een oppervlak (7a) van het zacht-magnetische gedeelte en een oppervlak (9a) van het hard-magnetische gedeelte zijn door aansprengen aan elkaar bevestigd.

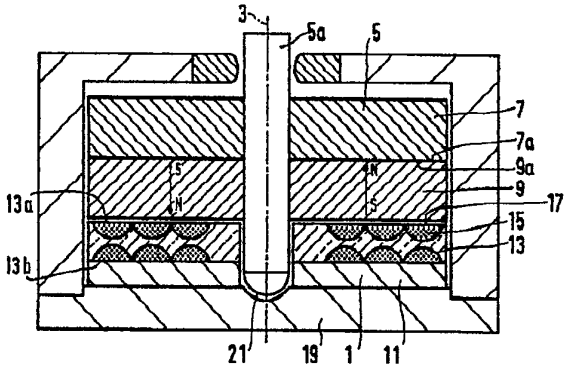

Fig. 1

NL A 9200515

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octrooiraad op verzoek worden ingezien.

Elektrische machine, werkwijze voor het aan elkaar bevestigen van een zacht-magnetisch lichaam en een hard-magnetisch lichaam en werkwijze voor het aan elkaar bevestigen van twee hard-magnetische lichamen.

De uitvinding heeft betrekking op een elektrische machine, omvattende een stationair eerste deel en een ten opzichte van het stationaire deel verplaatsbaar tweede deel, waarbij tenminste een van de genoemde delen is voorzien van een zacht-magnetisch gedeelte en een hard-magnetisch gedeelte, welke gedeelten met elkaar zijn verbonden.

Een dergelijke machine is bekend uit EP-A-0,180,753 (herewith incorporated by reference). De bekende machine is uitgevoerd als een elektromotor met een axiale luchtspleet. De bekende elektromotor omvat een op een rotoras bevestigd schijfvormig rotordeel en een tegenover het rotordeel aanwezig statordeel, waarbij de luchtspleet zich tussen het rotordeel en het statordeel uitstrekt. Het statordeel en het rotordeel vormen tezamen een magnetisch circuit. Het statordeel is voorzien van een als magnetisch juk dienend zacht-magnetisch gedeelte en een met gebruikmaking van een lijmlaag daarop bevestigd, aan de luchtspleet grenzend, meerpolig permanent magnetisch of hard-magnetisch gedeelte.

Een nadeel van de bekende elektrische machine is de aanwezigheid van een relatief grote, door de genoemde lijmlaag gevormde spleet tussen het zacht-magnetische en het hard-magnetische gedeelte van het statordeel. Daardoor zijn in het magnetische circuit, op de overgang van het ene magnetische gedeelte naar het andere magnetische gedeelte, aanzienlijke magnetische overgangsweerstanden aanwezig, hetgeen verlies van efficiency en rendement veroorzaakt. Vooral bij elektrische motoren van kleine afmetingen kunnen dergelijke overgangsweerstanden een belangrijke negatieve invloed op de motoreigenschappen hebben.

De uitvinding beoogt ondermeer een elektrische machine aan te geven, waarin een paar aan elkaar bevestigde hard- en zacht-magnetische gedeelten géén of

9200515

slechts een minimale magnetische overgangsweerstand veroorzaken.

De elektrische machine volgens de uitvinding heeft daartoe als kenmerk, dat een oppervlak van het zacht-magnetische gedeelte en een oppervlak van het hard-magnetische gedeelte door aansprengen aan elkaar zijn bevestigd.

Onder aansprengen wordt een werkwijze verstaan, waarbij de naar elkaar toegekeerde oppervlakken van twee met elkaar te verbinden lichamen zodanig worden bewerkt en vervolgens zo dicht bij elkaar worden gebracht, dat een spontane verbinding ontstaat die ten minste op grond van Van der Waals-krachten tot stand komt.

In de elektrische machine volgens de uitvinding bevinden de aangesprengde oppervlakken van de genoemde magnetische gedeelten zich op atomaire afstand van elkaar, waarbij op de oppervlakken mogelijk een geadsorbeerde monolaag van hydroxylgroepen aanwezig kan zijn. Een en ander betekent, dat er weliswaar sprake is van een materiaalovergang tussen het hard-magnetische en het zacht-magnetische gedeelte, doch dat er verrassenderwijze tussen beide materialen geen of slechts een verwaarloosbare spleet aanwezig is. Een voordeel hiervan is, dat een magnetische flux geen of nagenoeg geen demagnetisatieweerstand ondervindt bij het oversteken van het hard-magnetische gedeelte naar het zacht-magnetische gedeelte of vice versa, hetgeen een bijzonder gunstige uitwerking heeft op de eigenschappen van de machine.

De elektrische machine volgens de uitvinding is zeer geschikt als kleine electromotor, bijvoorbeeld met een diameter van ongeveer 10 mm en een hoogte van ongeveer 5 mm. Dergelijke kleine electromotoren kunnen bijvoorbeeld worden toegepast in audio-, video- of data-apparaten.

Opgemerkt wordt, dat het begrip aansprengen op zichzelf reeds geruime tijd bekend is. Aansprengen wordt namelijk toegepast in werkwijzen voor het vervaardigen van mono-kristallijne lagen op een isolator, met name de uitvoering SOI (Silicium Op Isolator). Voor meer informatie over die werkwijzen wordt verwezen naar het Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 28, No. 8, August 1989, p.p. 1426-1443 (herewith incorporated by reference). Deze bekende toepassing van aansprengen heeft betrekking op materialen, die geen magnetisch moment hebben, met andere woorden niet hard- of zacht-magnetische eigenschappen bezitten.

In de boven gedefinieerde elektrische machine volgens de uitvinding is sprake van door aansprengen met elkaar verbonden magnetische materialen waarvan er een hard-magnetisch is. In principe kunnen magnetische materialen opgedeeld worden in twee groepen: de ferro-magnetische materialen en de ferri-magnetische materialen.

Zoals bekend verondersteld, wordt magnetisme teweeg gebracht door een samenstel van magnetische deelmomenten in een energetisch bepaald volume in een kristalrooster. Daarbij is een -resulterend- magnetisch moment de som van de magnetische deelmomenten van een aantal magnetische domeinen, die energetisch en kristallografisch zijn bepaald in de materiaalopbouw. Bij ferro-magnetische materialen staan de beschikbare magnetische deelmomenten in een domein eenzelfde kan op. Zijn de magnetische deelmomenten in een domein tegengesteld gericht, doch van een verschillende grootte, dan is sprake van ferri-magnetische materialen. De zacht-magnetische materialen hebben een gemakkelijk te induceren magnetisch moment; de hard- of permanent magnetische materialen hebben na polarisatie een zelfstandig permanent magnetisch moment.

Een uitvoeringsvorm van de elektrische machine volgens de uitvinding, waarbij het tweede deel als rotor is uitgevoerd, roteerbaar is om een rotoras en een axiale luchtspleet vormt met het eerste deel, heeft het kenmerk, dat de aangesprengde oppervlakken van de zacht-magnetische en hard-magnetische, schijfvormige, gedeelten zich in een dwars op de rotoras georiënteerd vlak uitstrekken. Een dergelijke elektrische machine is bijzonder geschikt om als axiaal-veldmotor te worden toegepast.

Een praktische, in het bijzonder als kleine elektrische machine geschikte uitvoeringsvorm, waarbij een van de delen is voorzien van het zacht-magnetische gedeelte en het hard-magnetische gedeelte en het andere deel is voorzien van ten minste een spoel, heeft het kenmerk, dat de spoel in een niet-magnetisch, met een zijvlak aan de luchtspleet grenzende drager is ingebed.

Een uitvoeringsvorm van de elektrische machine volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat een zich parallel aan het genoemde zijvlak uitstrekkend verder zijvlak van de drager grenst aan een tussen het eerste deel en het tweede deel aanwezige verdere axiale luchtspleet, waarbij de zich tussen beide luchtspleten uitstrekkende drager, in omtreksrichting gezien, omgeven is door een magnetische fluxgeleider, welke zich axiaal uitstrekt tussen en verbonden is met het zich tegenover een van de genoemde zijvlakken van de drager bevindend hard-magnetisch gedeelte en een zich tegenover het andere zijvlak van de drager bevindend, verder zacht-magnetisch gedeelte.

De in de vorige alinea beschreven uitvoeringsvorm omvat een van de delen, bij voorkeur het stationaire deel, uitsluitend de drager met spoel of spoelen en het andere deel alle hard- en zacht-magnetische materialen. Bij voorkeur zijn de verscheidene magnetische componenten, gevormd door de fluxgeleider en de zacht- en hard-magnetische gedeelten door aansprengen met elkaar verbonden, zodat een magne-

tisch circuit is gevormd, waarin op de materiaalovergangen geen of slechts geringe magnetische spanningsverliezen optreden.

Een variant van de laatstgenoemde uitvoeringsvorm is gekenmerkt, doordat de aanwezigheid van een zich parallel aan de genoemde drager uitstrekkende verdere drager, voorzien van ten minste een spoel, waarbij het hard-magnetische gedeelte zich tussen beide dragers uitstrekt en met elk van de dragers een axiale luchtspleet vormt, terwijl een van de genoemde dragers met het zacht-magnetische gedeelte een axiale luchtspleet vormt en de andere drager met een zich parallel aan het genoemde zacht-magnetische gedeelte uitstrekkend verder zacht-magnetisch gedeelte een axiale luchtspleet vormt, waarbij beide dragers, in omtreksrichting gezien, omgeven zijn door magnetische fluxgeleiders, welke zich elk uitstrekken tussen het met de desbetreffende fluxgeleider verbonden hard-magnetische gedeelte en een van de genoemde zacht-magnetische gedeelten, welke met de desbetreffende fluxgeleider is verbonden. Ter verdere verbetering van het vermogen van de elektrische machine is, respectievelijk zijn, de fluxgeleider of fluxgeleiders in de vorengenoemde uitvoeringsvormen bij voorkeur permanent gemagnetiseerd. Voorts is of zijn de fluxgeleider, respectievelijk fluxgeleiders door aansprengen bevestigd aan een hard- en/of zacht-magnetisch gedeelte.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een elektrische machine, omvattende een stationair eerste deel en een ten opzichte van het stationaire deel verplaatsbare tweede deel, welke is gekenmerkt, doordat tenminste een van de genoemde delen is voorzien van twee hard-magnetische gedeelten, waarbij een oppervlak van het ene hard-magnetische gedeelte door aansprengen is bevestigd aan een oppervlak van het andere hard-magnetische gedeelte. In deze elektrische machine volgens de uitvinding wordt het optreden van magnetisch spanningsverlies op de overgang van twee hard-magnetische materialen tegengegaan.

Een uitvoeringsvorm van de elektrische machine volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat het hard-magnetische gedeelte of de hard-magnetische gedeelten is, respectievelijk zijn gevormd uit een hard-magnetisch materiaal uit een verzameling omvattende hard-magnetische intermetallische verbindingen en hard-magnetische hexagonale ferrieten. Geschikte intermetallische verbindingen zijn bijvoorbeeld $SmCo_5$, Sm_2Co_{17} en $Nd_2Fe_{14}B$. Geschikte hexagonale ferrieten zijn bijvoorbeeld $BaFe_{12}O_{19}$ en $Ba_2Me_2Fe_{12}O_{22}$, waarbij Me = Mg, Mn, Fe, Co, Ni, Cu of Zn.

Een uitvoeringsvorm van de elektrische machine volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat het zacht-magnetische gedeelte of zacht-magnetische gedeelten is,

9200515

respectievelijk zijn gevormd uit een zacht-magnetisch materiaal uit een verzameling omvattende metalen, zacht-magnetische legeringen, zacht-magnetische granaten, zacht-magnetische spinellen, zacht-magnetische perovskieten en zacht-magnetische sulfospinellen. Geschikte metalen zijn bijvoorbeeld Fe, Co en Ni. Geschikte legeringen zijn bijvoorbeeld NiP en NiFe. Geschikte granaten zijn bijvoorbeeld $Y_3Fe_5O_{12}$ en $Gd_3Fe_5O_{12}$. Geschikte spinellen zijn bijvoorbeeld $MeFe_2O_4$, waarbij Me = Fe, Ni, Cu, Mg of Co. Geschikte perovskieten zijn bijvoorbeeld $LaMnO_3$ en $LaCoO_3$. Geschikte sulfospinellen zijn bijvoorbeeld $CuCr_2S_4$, $CuCr_2Se_4$, $CuCr_2Fe_4$ en $MnCr_2S_4$.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een werkwijze voor het aan elkaar bevestigen van een zacht-magnetisch lichaam en een hard-magnetisch lichaam. Het zacht-magnetische en het hard-magnetische lichaam kunnen dienen als zacht-magnetisch respectievelijk hard-magnetisch gedeelte van de elektrische machine volgens de uitvinding.

De uitvinding beoogt een werkwijze te verschaffen, waarmede een zacht-magnetisch lichaam en een hard-magnetisch lichaam zodanig met elkaar bevestigd kunnen worden, dat na bevestiging geen of slechts een minimale magnetische overgangsweerstand aanwezig is op de overgang van het ene naar het andere lichaam.

De werkwijze volgens de uitvinding heeft daartoe als kenmerk, dat het zacht-magnetische lichaam wordt voorzien van een eerste gepolijst oppervlak en het hard-magnetische lichaam wordt voorzien van een tweede gepolijst oppervlak, waarna beide oppervlakken naar elkaar toe worden gebracht en door aansprengen met elkaar worden verbonden. Op deze wijze wordt door magnetisch aansprengen een samenstel van een zacht-magnetisch lichaam en een hard-magnetisch lichaam verkregen, waarin de met elkaar verbonden oppervlakken zich tot op atomaire afstand van elkaar bevinden. Daardoor is een weerstandsvrije of nagenoeg weerstandsvrije magnetische overgang tussen beide lichamen tot stand gebracht, hetgeen het verkregen samenstel zeer geschikt maakt voor magnetische toepassingen.

De uitvinding heeft voorts betrekking op een werkwijze voor het aan elkaar bevestigen van twee hard-magnetische lichamen. Deze werkwijze heeft als kenmerk, dat beide oppervlakken zodanig worden gepolijst, dat een oppervlakteruwheid met een ruwheidshoogte kleiner is dan 2 nm wordt bereikt. Het aldus verkregen samenstel heeft een spleetvrije of nagenoeg spleetvrije overgang tussen beide lichamen en is derhalve zeer geschikt voor magnetische toepassingen, zoals de elektrische machine volgens de uitvinding.

Teneinde het op atomaire afstand kunnen benaderen van beide oppervlakken zeker te stellen heeft een uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding het kenmerk, dat beide oppervlakken zodanig worden gepolijst, dat een oppervlakteruwheid met een ruwheidshoogte kleiner is dan 2 nm wordt bereikt. Bij voorkeur wordt gepolijst, totdat een ruwheidshoogte van maximaal 0.5 nm is bereikt. In deze context wordt opgemerkt dat de aan te sprengen gepolijste oppervlakken met een grote mate van nauwkeurigheid gelijk van vorm moeten zijn, waarbij in het geval er sprake is van gebogen oppervlakken, de oppervlakken uiteraard ten opzichte van elkaar eenzelfde, echter tegengestelde kromming hebben.

Teneinde het aansprengen optimaal te doen plaatsvinden heeft een uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding het kenmerk, dat beide, bij voorkeur vers, gepolijste oppervlakken, alvorens ze ten behoeve van het aansprengen tegen elkaar worden geplaatst, worden gereinigd en gedroogd. Het reinigen kan bijvoorbeeld langs mechanische weg onder toevoeging van een reinigingsvloeistof plaatsvinden. Het drogen kan bijvoorbeeld plaatsvinden met behulp van gefiltreerde lucht of door middel van centrifugeren.

Een praktische uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat beide lichamen ter vorming van de gepolijste oppervlakken worden gepolijst met een colloïdale oplossing van siliciumoxide deeltjes in een hydroxide, in het bijzonder KOH of NaOH, waarbij de genoemde deeltjes een in het nanometergebied liggende korrelgrootte hebben.

Een uitvoeringsvorm, welke in het bijzonder van het belang is bij het polijsten van een hard-magnetisch lichaam, heeft het kenmerk, dat in een eindfase van het polijsten de genoemde colloïdale oplossing ten minste eenmaal wordt ververst. Op deze wijze blijkt het gepolijste oppervlak, ondanks de aanwezigheid van magnetische velden, na afloop van het polijsten volkomen vrij te zijn van tijdens het polijsten afgeschuurde magnetische deeltjes.

De werkwijze volgens de uitvinding is in het bijzonder geschikt voor het aan elkaar bevestigen van een lichaam, dat is gevormd uit een zacht-magnetisch materiaal uit een verzameling omvattende metalen, zacht-magnetische legeringen, zacht-magnetische granaten, zacht-magnetische spinellen, zacht-magnetische perovskieten en zacht-magnetische sulfospinellen, en een lichaam dat is gevormd uit een hard-magnetisch materiaal uit een verzameling omvattende hard-magnetische intermetallische verbindingen en hard-magnetische hexagonale ferrieten. Voorts is de werkwijze in het

bijzonder geschikt voor het aan elkaar bevestigen van twee lichamen, die elk een hard-magnetisch materiaal uit de verzameling omvattende hard-magnetische intermetallische verbindingen en hard-magnetische hexagonale ferrieten, omvatten.

Geschikte metalen zijn bijvoorbeeld Fe, Co en Ni. Geschikte zacht-magnetische legeringen zijn bijvoorbeeld NiP en NiFe. Geschikte zacht-magnetische granaten zijn bijvoorbeeld $Y_3Fe_5O_{12}$ en $Gd_3Fe_5O_{12}$. Geschikte zacht-magnetische spinellen zijn bijvoorbeeld $MeFe_2O_4$, waarbij Me = Fe, Ni, Cu, Mg of Co. Geschikte zacht-magnetische perovskieten zijn bijvoorbeeld $LaMnO_3$ en $LaCoO_3$. Geschikte zacht-magnetische sulfospinellen zijn bijvoorbeeld $CuCr_2S_4$, $CuCr_2Se_4$, $CuCr_2Fe_4$ en $MnCr_2S_4$. Geschikte hard-magnetische intermetallische verbindingen zijn bijvoorbeeld $SmCo_5$, Sm_2Co_{17} en $Nd_2Fe_{14}B$. Geschikte hard-magnetische hexagonale ferrieten zijn bijvoorbeeld $BaFe_{12}O_{19}$ en $Ba_2Me_2Fe_{12}O_{22}$, waarbij Me = Mg, Mn, Co, Ni, Cu of Zn.

Een uitvoeringsvorm, welke in het bijzonder geschikt is voor toepassing bij keramische magnetische materialen, welke corrosief en/of relatief grote korrelgrenzen bezitten, heeft het kenmerk, dat op ten minste een van de genoemde lichamen een laag van een zacht-magnetisch materiaal wordt aangebracht, waarop het gepolijste oppervlak wordt gevormd. Bij voorkeur wordt het zacht-magnetische materiaal in de vorm van een laag door opdampen of sputteren aangebracht. Gebleken is, dat het zacht-magnetische materiaal NiFeCr bijzonder geschikt is, omdat dit materiaal zich goed laat opdampen, goed hecht, en dicht van samenstelling is.

De uitvinding zal nu bij wijze van voorbeeld nader worden toegelicht aan de hand van de tekening, waarin:

Figuur 1 een schematische voorstelling van een eerste uitvoeringsvorm van de elektrische machine volgens de uitvinding is,

Figuur 2 een schematische voorstelling van een tweede uitvoeringsvorm van de elektrische machine volgens de uitvinding is,

Figuur 3 een schematische voorstelling van een derde uitvoeringsvorm van de elektrische machine volgens de uitvinding is,

Figuur 4 een mogelijk magnetisatiepatroon van een hard-magnetisch gedeelte van de in figuur 1 weergegeven elektrische machine toont, en

Figuur 5 een mogelijk spoelenpatroon van de in figuur 1 weergegeven elektrische machine toont.

9200515

De in figuur 1 getoonde, als elektromotor uitgevoerde elektrische machine volgens de uitvinding omvat een stationair eerste deel of stator 1 en een om een rotatie-as 3 roteerbaar tweede deel of rotor 5. De rotor 5 is voorzien van een rotoras 5a waarop een schijfvormig zacht-magnetisch gedeelte 7, uit bijvoorbeeld NiFe, en een schijfvormig hard-magnetisch gedeelte 9, uit bijvoorbeeld Sm_2Co_{17}, zijn bevestigd. De beide magnetische gedeelten 7 en 9 zijn aan de naar elkaar toegekeerde oppervlakken 7a en 9a door aansprengen met elkaar verbonden.

In figuur 4 is een mogelijk magnetisatiepatroon van het hard-magnetische rotorgedeelte 9 in bovenaanzicht getoond. Een noordpool is aangeduid met N; een zuidpool met S.

De stator 1 is voorzien van een schijfvormige basis 11, omvattende een zacht-magnetisch materiaal, bijvoorbeeld $Mn_{0.45}Zn_{0.55}Fe_2O_4$, en een daarop aangebrachte schijfvormige niet-magnetische drager 13 uit bijvoorbeeld glas of keramiek. In de drager 13 bevinden zich een aantal, in dit voorbeeld zes, spoelen 15. Tussen het hard-magnetische gedeelte 9 van de rotor 5 enerzijds en de drager 13 van de stator 1 anderzijds strekt zich een luchtspleet 17 uit. De stator 1 is bevestigd in een statorframe 19, waarin een lagering 21, bij voorkeur een spiraalgroeflagering, voor de rotoras 5a is voorzien.

In figuur 5 is een mogelijk spoelenpatroon 23 weergegeven. De spoelen, in figuur 5 aangeduid met de referenties 15a tot en met 15f, zijn bij voorkeur ingebed in de drager 13. Het samenstel van drager 13 en spoelen 15 kan worden vervaardigd met op zichzelf bekende technieken, bijvoorbeeld etsen gecombineerd met galvanisch metalliseren. Teneinde een kleine luchtspleet 15 mogelijk te maken dient het aan de luchtspleet grenzende zijvlak 13a van de drager 13 nauwkeurig geplanariseerd te zijn. Indien gewenst, kan de drager 13 aan zijn zijvlak 13b door aansprengen bevestigd zijn aan de basis 11.

Hierna volgt een nadere beschrijving van de uitvoeringsvormen van de figuren 2 en 3. Aangezien de nog te beschrijven uitvoeringsvormen een grote verwantschap vertonen met de elektrische machine van figuur 1 zullen voor overeenkomstige onderdelen dezelfde verwijzingscijfers worden gebruikt.

De in figuur 2 getoonde uitvoeringsvorm omvat een stationair deel 1 en een om een rotatie-as 3 roteerbaar deel 5. Het stationaire deel 1 is voorzien van een niet-magnetische drager 13 met ingebedde spoelen 15, welke via stroomgeleiders 16 met

een spanningsbron verbonden kunnen worden. De drager 13 heeft twee zijvlakken, waarvan een zijvlak 13a grenst aan een axiale luchtspleet 17 en een verder zijvlak 13b grenst aan een verdere axiale luchtspleet 18.

Het roteerbare deel 5 is voorzien van een zacht-magnetisch gedeelte 7, bijvoorbeeld uit $Mn_{0.45}Zn_{0.55}Fe_2O_4$, een aan de luchtspleet 17 grenzend hard-magnetisch gedeelte 9, bijvoorbeeld uit $SmCo_5$, een aan de luchtspleet 18 grenzend schijfvormig verder zacht-magnetisch gedeelte 6, uit bijvoorbeeld $Mn_{0.45}Zn_{0.55}Fe_2O_4$ en een de gedeelten 6 en 7 met elkaar verbindende ringvormige fluxgeleider 8 uit een zacht-magnetisch materiaal, bijvoorbeeld $Mn_{0.45}Zn_{0.55}Fe_2O_4$. De fluxgeleider 8 zorgt voor het aan de buitenomtrek van het roteerbare deel 5 sluiten van het magnetische circuit van de elektrische machine. De fluxgeleider dient tevens voor het magnetisch afschermen van het roteerbare deel. In plaats van een zacht-magnetische fluxgeleider kan ook een fluxgeleider 8 uit een hard-magnetisch materiaal, bijvoorbeeld $SmCo_5$ toegepast worden. Een dergelijke fluxgeleider versterkt de magnetische flux door het magnetische circuit van de motor.

Een van de bijzonderheden van de in figuur 2 getoonde elektrische machine is, dat ten minste de naar elkaar toegekeerde oppervlakken van een paar hard-magnetische en zacht-magnetische onderdelen en/of van een paar hard-magnetische onderdelen door aansprengen aan elkaar zijn bevestigd. Bij voorkeur zijn echter alle naar elkaar toegekeerde oppervlakken van de verscheidene magnetische onderdelen 5, 6, 7 en 8 door aansprengen aan elkaar bevestigd. Hierdoor is een minimale magnetische weerstand in het magnetische circuit van die motor bereikbaar. Een verdere bijzonderheid is, dat de veldlijnen van het magneetveld van de motor gedeeltelijk via de buitenomtrek van het roteerbare deel 5 worden gesloten. Hierdoor kunnen wervelstroomverliezen geminimaliseerd worden, omdat alle tot het magnetische juk behorende zacht-magnetische onderdelen deel uitmaken van het roteerbare deel.

In figuur 3 is een verdere uitvoeringsvorm van de elektrische machine volgens de uitvinding getoond. De elektrische machine omvat een stationair eerste deel 1 en een ten opzichte daarvan roteerbaar tweede deel 5. Het eerste deel 1 is voorzien van een niet-magnetische drager 13 met de spoelen 15 en een zich parallel aan de niet-magnetische drager 13 uitstrekkende verdere drager 14 met spoelen 16. Het tweede deel 5 is voorzien van een hard-magnetisch gedeelte 9, dat zich tussen beide dragers 13 en 14 uitstrekt en met de dragers een axiale luchtspleet 17 respectievelijk 17a vormt. Het tweede deel 5 is voorts voorzien van een zacht-magnetisch gedeelte 7, dat met de drager

13 een axiale luchtspleet 18a vormt, en een zacht-magnetisch gedeelte 6, dat met de drager 14 een luchtspleet 18 vormt. Beide dragers 13 en 14 zijn omgeven door ringvormige hard-magnetische fluxgeleiders 8 respectievelijk 8a, welke zich uitstrekken tussen het hard-magnetisch gedeelte 9 en het zacht-magnetische gedeelte 7, respectievelijk het zacht-magnetische gedeelte 6 en het hard-magnetische gedeelte 9. In plaats van hard-magnetische fluxgeleiders kunnen ook zacht-magnetische fluxgeleiders toegepast worden. In deze uitvoeringsvorm is de bevestiging tussen de diverse magnetische onderdelen 6, 7, 8, 8a en 9 door aansprengen verkregen. Deze uitvoeringsvorm heeft bijzonderheden en voordelen, welke overeenkomen met die van de in figuur 2 getoonde elektrische machine.

Voor het vervaardigen van een elektrische machine volgens de uitvinding is een specifieke werkwijze nodig. Deze werkwijze behelst het bevestigen van een hard-magnetisch lichaam aan een zacht-magnetisch lichaam, of het bevestigen van een eerste hard-magnetisch lichaam aan een tweede hard-magnetisch lichaam, waarbij in beide gevallen de lichamen worden voorzien van een gepolijst oppervlak, waarna beide gepolijste oppervlakken tegen elkaar worden geplaatst en door aansprengen met elkaar worden verbonden. Teneinde het aansprengen optimaal te laten verlopen en daarmede een hechte verbinding tussen de genoemde magnetische lichamen te garanderen, wordt bij deze werkwijze, welke deel uitmaakt van de uitvinding, ervoor gezorgd, dat

- de gepolijste oppervlakken in hoge mate glad zijn en qua vorm nauwkeurig op of in elkaar passen,
- de gepolijste oppervlakken een oppervlakteruwheid met een ruwheidshoogte kleiner dan 2 nm, doch bij voorkeur kleiner dan 0.5 nm hebben, en
- de gepolijste oppervlakken vlak voor het aansprengen nauwkeurig schoon en droog worden gemaakt.

Voorts is het belangrijk gebleken, om vrij snel na het beëindigen van het polijstproces het aansprengen tot stand te brengen. Een geschikt gepolijst oppervlak van een lichaam van zacht-magnetisch materiaal kan volgens de uitvinding bereikt worden door het oppervlak eerst te slijpen en aansluitend te polijsten, waarbij een colloïdale oplossing van siliciumoxide deeltjes in een KOH of NaOH oplossing wordt toegepast, waarbij de siliciumoxide deeltjes een in het nanometergebied liggende korrelgrootte hebben. De genoemde hydroxiden hebben bij voorkeur een pH van ongeveer 10.3. Na het polijsten wordt het aldus gevormde oppervlak gereinigd, bijvoorbeeld met behulp van een borstel onder toevoeging van gedeioniseerd water. Tenslotte wordt het opper-

vlak gedroogd, bijvoorbeeld met behulp van gefiltreerde lucht.

Een soortgelijke methode kan toegepast worden voor het vormen van een geschikt gepolijst oppervlak van een lichaam van hard-magnetisch materiaal, zoals Sm_2Co_{17}. Verrassenderwijze is echter gebleken, dat het noodzakelijk is, een hard-magnetisch lichaam in gemagnetiseerde toestand te voorzien van een voor aansprengen geschikt gepolijst oppervlak. De oppervlaktestructuur van een gepolijst oppervlak van een niet-gemagnetiseerd hard-magnetisch materiaal wijzigt namelijk enigszins tijdens polariseren. Een en ander betekent, dat extra maatregelen genomen moeten worden in verband met het aanwezige magnetische veld rondom een permanent gemagnetiseerd lichaam. Allereerst dient het slijp- en polijstgereedschap vrij te zijn van zacht-magnetische onderdelen, teneinde een magnetische wisselwerking met het hard-magnetische lichaam te voorkomen. Voorts is het noodzakelijk om de colloïdale oplossing van siliciumoxide deeltjes in een hydroxide in een eindfase van het polijsten een of meerdere malen te verversen. Verrassenderwijze is namelijk gebleken, dat de door slijpen en polijsten ontstane magnetische deeltjes op die manier probleemloos verwijderd kunnen worden van het magnetische oppervlak; waarschijnlijk doordat deze deeltjes ingekapseld worden in de colloïdale oplossing.

Nadat op de beschreven wijzen gepolijste oppervlakken zijn gevormd, kunnen volgens de uitvinding twee hard-magnetische lichamen of een hard-magnetisch en een zacht-magnetisch lichaam door aansprengen met elkaar worden verbonden.

Experimenteel is gebleken, dat bij combinaties van een hard-magnetisch lichaam en een zacht-magnetisch lichaam van een keramisch materiaal met relatief grote korrelgrenzen, een verruwing van het gepolijste oppervlak van het zacht-magnetische lichaam optreedt bij het naderen van het hard-magnetische lichaam. Als gevolg van een magnetische inwerking van het hard-magnetische materiaal op magnetische kristallieten in de korrelgrenzen van het zacht-magnetische materiaal worden de kristallieten als het ware enigszins uitgerekt. Dit verschijnsel kan het aansprengen nadelig beïnvloeden. Door het aanbrengen van een laag van een zacht-magnetisch materiaal op een of beide gepolijste oppervlakken kan het genoemde verschijnsel worden tegengegaan. Als zacht-magnetisch materiaal is een NiFeCr verbinding bijzonder geschikt, omdat dit materiaal zich goed laat opdampen, goed hecht op een hard- of zacht-magnetische ondergrond en dicht van samenstelling is.

Opgemerkt wordt dat de uitvinding niet beperkt is tot de in de tekening getoonde uitvoeringsvormen; met name is de werkwijze niet beperkt tot een werkwijze

voor het aan elkaar bevestigen van magnetische motoronderdelen.

CONCLUSIES:

1. Elektrische machine, omvattende een stationair eerste deel en een ten opzichte van het stationaire deel verplaatsbaar tweede deel, waarbij tenminste een van de genoemde delen is voorzien van een zacht-magnetisch gedeelte en een hard-magnetisch gedeelte, welke gedeelten met elkaar zijn verbonden, met het kenmerk, dat een oppervlak van het zacht-magnetische gedeelte en een oppervlak van het hard-magnetische gedeelte door aansprengen aan elkaar zijn bevestigd.

2. Elektrische machine volgens conclusie 1, waarbij het tweede deel als rotor is uitgevoerd, roteerbaar is om een rotoras en een axiale luchtspleet vormt met het eerste deel, met het kenmerk, dat de aangesprengde oppervlakken van de zacht-magnetische en hard-magnetische, schijfvormige, gedeelten zich in een dwars op de rotoras georiënteerd vlak uitstrekken.

3. Elektrische machine volgens conclusie 2, waarbij een van de delen is voorzien van het zacht-magnetische gedeelte en het hard-magnetische gedeelte en het andere deel is voorzien van ten minste een spoel, met het kenmerk, dat de spoel in een niet-magnetisch, met een zijvlak aan de luchtspleet grenzende drager is ingebed.

4. Elektrische machine volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat een zich parallel aan het genoemde zijvlak uitstrekkend verder zijvlak van de drager grenst aan een tussen het eerste deel en het tweede deel aanwezige verdere axiale luchtspleet, waarbij de zich tussen beide luchtspleten uitstrekkende drager, in omtreksrichting gezien, omgeven is door een magnetische fluxgeleider, welke zich axiaal uitstrekt tussen en verbonden is met het zich tegenover een van de genoemde zijvlakken van de drager bevindend hard-magnetisch gedeelte en een zich tegenover het andere zijvlak van de drager bevindend, verder zacht-magnetisch gedeelte.

5. Elektrische machine volgens conclusie 3, gekenmerkt door de aanwezigheid van een zich parallel aan de genoemde drager uitstrekkende verdere drager, voorzien van ten minste een spoel, waarbij het hard-magnetische gedeelte zich tussen beide dragers uitstrekt en met elk van de dragers een axiale luchtspleet vormt, terwijl een van de genoemde dragers met het zacht-magnetische gedeelte een axiale luchtspleet vormt en de andere drager met een zich parallel aan het genoemde zacht-magnetische gedeelte uitstrekkend verder zacht-magnetisch gedeelte een axiale luchtspleet vormt, waarbij beide dragers, in omtreksrichting gezien, omgeven zijn door magnetische fluxgeleiders, welke zich elk uitstrekken tussen het met de desbetreffende fluxgeleider verbonden hard-magnetische gedeelte en een van de genoemde zacht-magnetische

gedeelten, welke met de desbetreffende fluxgeleider is verbonden.

6. Elektrische machine volgens conclusie 4 of 5, met het kenmerk, dat de fluxgeleider, respectievelijk fluxgeleiders, permanent is, respectievelijk zijn, gemagnetiseerd.

7. Elektrische machine volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat een oppervlak van de fluxgeleider of fluxgeleiders door aansprengen is verbonden met een oppervlak van een van de zacht-magnetische gedeelten.

8. Elektrische machine volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat een oppervlak van de fluxgeleider of geleiders door aansprengen is verbonden met een oppervlak van het hard-magnetische gedeelte.

9. Elektrische machine, omvattende een stationair eerste deel en een ten opzichte van het stationaire deel verplaatsbaar tweede deel, met het kenmerk, dat tenminste een van de genoemde delen is voorzien van twee hard-magnetische gedeelten, waarbij een oppervlak van het ene hard-magnetische gedeelte door aansprengen is bevestigd aan een oppervlak van het andere hard-magnetische gedeelte.

10. Elektrische machine volgens een van de conclusies 1 tot en met 9, met het kenmerk, dat het hard-magnetische gedeelte of de hard-magnetische gedeelten is, respectievelijk zijn gevormd uit een hard-magnetisch materiaal uit een verzameling omvattende hard-magnetische intermetallische verbindingen en hard-magnetische hexagonale ferrieten.

11. Elektrische machine volgens een van de conclusies 1 tot en met 9, met het kenmerk, dat het zacht-magnetische gedeelte of zacht-magnetische gedeelten is, respectievelijk zijn gevormd uit een zacht-magnetisch materiaal uit een verzameling omvattende metalen, zacht-magnetische legeringen, zacht-magnetische granaten, zacht-magnetische spinellen, zacht-magnetische perovskieten en zacht-magnetische sulfospinellen.

12. Werkwijze voor het aan elkaar bevestigen van een zacht-magnetisch lichaam en een hard-magnetisch lichaam, met het kenmerk, dat het zacht-magnetische lichaam wordt voorzien van een eerste gepolijst oppervlak en het hard-magnetische lichaam wordt voorzien van een tweede gepolijst oppervlak, waarna beide oppervlakken naar elkaar toe worden gebracht en door aansprengen met elkaar worden verbonden.

13. Werkwijze voor het aan elkaar bevestigen van twee hard-magnetische lichamen, met het kenmerk, dat beide lichamen worden voorzien van een gepolijst oppervlak, waarna beide oppervlakken tegen elkaar worden geplaatst en door aanspren-

gen met elkaar worden verbonden.

14. Werkwijze volgens conclusie 12 of 13, met het kenmerk, dat beide oppervlakken zodanig worden gepolijst, dat een oppervlakteruwheid met een ruwheidshoogte kleiner is dan 2 nm wordt bereikt.

15. Werkwijze volgens conclusie 14, waarbij de gepolijste oppervlakken een ruwheidshoogte kleiner dan 0.5 nm krijgen.

16. Werkwijze volgens conclusie 12, 13, 14 of 15, met het kenmerk, dat beide gepolijste oppervlakken, alvorens ze ten behoeve van het aansprengen tegen elkaar worden geplaatst, worden gereinigd en gedroogd.

17. Werkwijze volgens conclusie 12, 13, 14, 15 of 16, met het kenmerk, dat beide lichamen ter vorming van de gepolijste oppervlakken worden gepolijst met een colloïdale oplossing van siliciumoxide deeltjes in een hydroxide, in het bijzonder KOH of NaOH, waarbij de genoemde deeltjes een in het nanometergebied liggende korrelgrootte hebben.

18. Werkwijze volgens conclusie 17, met het kenmerk, dat in een eindfase van het polijsten de genoemde colloïdale oplossing ten minste eenmaal wordt ververst.

19. Werkwijze volgens conclusie 12, 13, 14, 15 of 16, met het kenmerk, dat op ten minste een van de genoemde lichamen een laag van een zacht-magnetisch materiaal wordt aangebracht, waarop het desbetreffende gepolijste oppervlak wordt gevormd.

20. Werkwijze volgens conclusie 19, met het kenmerk, dat het zacht-magnetische materiaal wordt opgedampt.

21. Werkwijze volgens conclusie 18, met het kenmerk, dat het zacht-magnetische materiaal wordt gesputterd.

22. Werkwijze volgens conclusie 18, 19 of 20, met het kenmerk, dat als zacht-magnetisch materiaal een NiFeCr verbinding wordt toegepast.

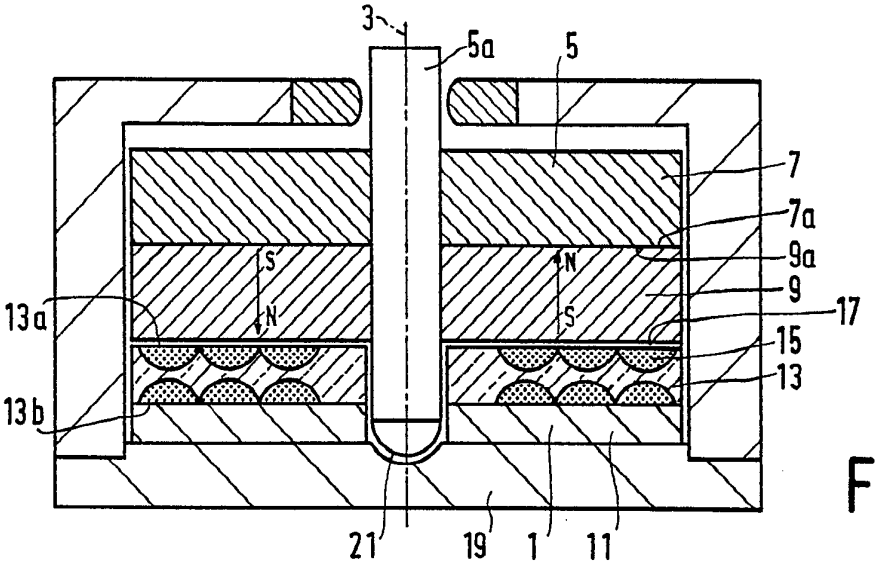

FIG.1

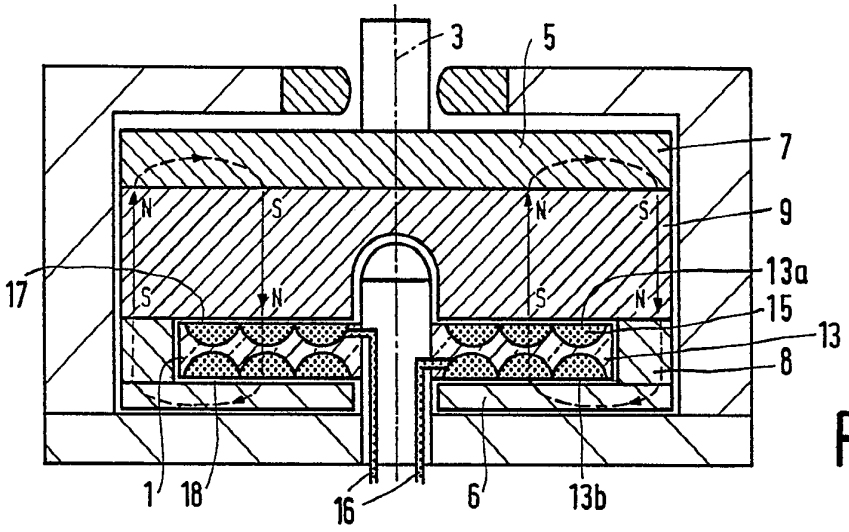

FIG.2

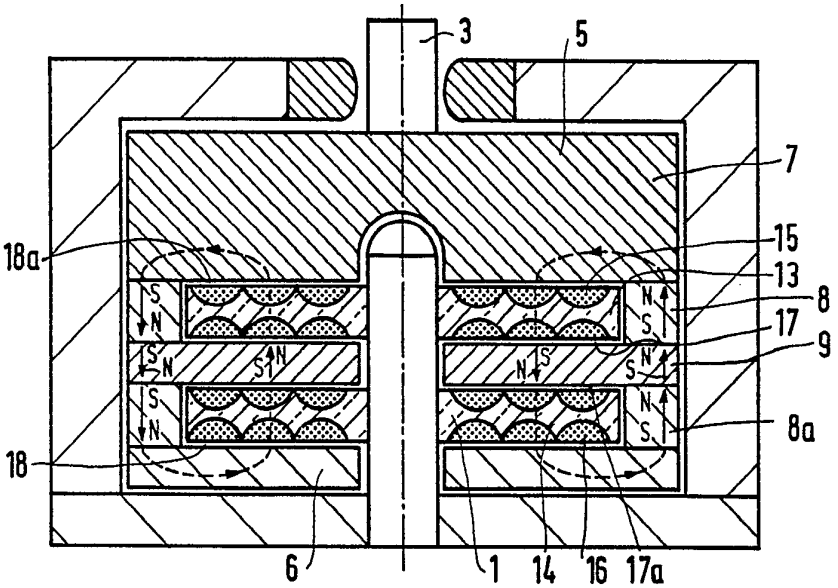

FIG.3

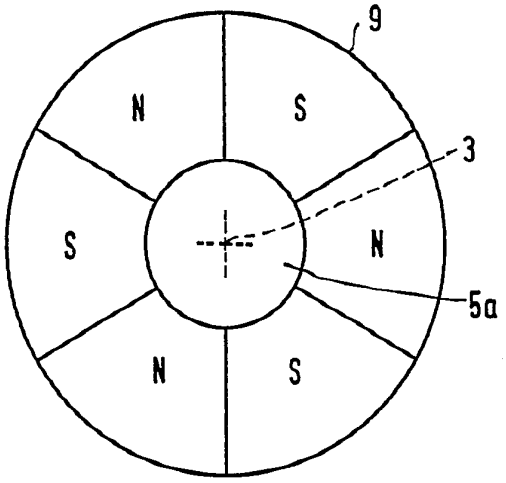

FIG.4

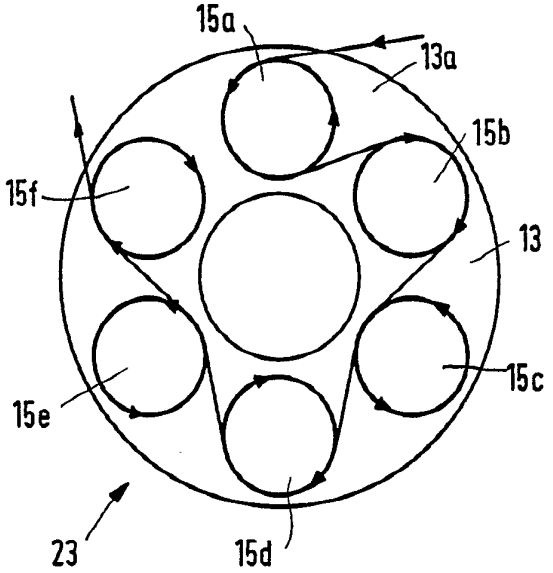

FIG.5