

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 81106315.5

51 Int. Cl.³: **H 01 F 5/08**

22 Anmeldetag: 13.08.81

30 Priorität: 28.08.80 DE 3032399

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.03.82 Patentblatt 82/10

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH FR GB IT LI SE

71 Anmelder: **BROWN, BOVERI & CIE Aktiengesellschaft**
Kallstadter Strasse 1
D-6800 Mannheim 31(DE)

72 Erfinder: **Dustmann, Cord-Heinrich, Dr. Dipl.-Phys.**
Mannheimer-Strasse 8
D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen(DE)

74 Vertreter: **Kempe, Wolfgang, Dr. et al,**
c/o **BROWN, BOVERI & CIE AG** Kallstadter Strasse 1
D-6800 Mannheim 31(DE)

54 Supraleitende Wicklungen.

57 Supraleitende Wicklungen werden aus Faserleitern, die aus mit einer supraleitenden Schicht versehenen Fasern bestehen, hergestellt. Mehrere tausend mit einer supraleitenden Schicht und mit einer hochleitfähigen Metallschicht versehene Fasern werden zu einem Bündel zusammengefaßt und dieses Bündel wird mit einer Isolationsschicht umgeben; dieses Bündel wird in Kunststoff getränkt, in einer Form zu einer Spule gewickelt und dann der Kunststoff in dieser Form ausgehärtet.

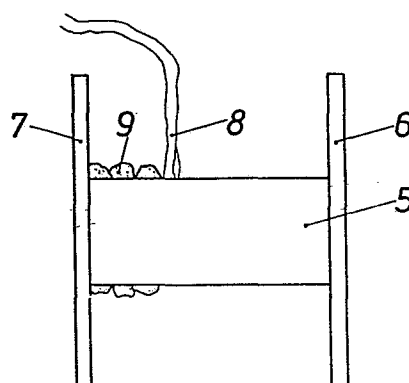


Fig 2

B R O W N , B O V E R I & C I E
Mannheim
Mp.-Nr. 602/80

AKTIENGESELLSCHAFT
26. Aug. 1980
ZFE/P2-Sz/Br

Supraleitende Wicklungen

Die Erfindung bezieht sich auf supraleitende Wicklungen.

Es ist bekannt, aus supraleitenden Drähten Spulen herzustellen. Dabei bestehen die supraleitenden Drähte aus supraleitenden Filamenten aus bsw. NbTi oder Nb₃Sn, die in eine Matrix aus hochleitfähigen Material, bsw. Kupfer oder Aluminium eingebettet sind. Die Drähte werden durch metallurgische Verfahren hergestellt. Dabei ist eine gute intermetallische Verbindung zwischen den supraleitenden Filamenten und dem Matrixmaterial für die Funktionstüchtigkeit des supraleitenden Drahtes entscheidend.

Bis zu einer durch die Strombelastbarkeit des Supraleiters gegebenen Stromstärke können die Spulen aus einzelnen supraleitenden Drähten gewickelt werden. Für höhere Stromstärken

- werden mehrere Drähte zu Seilen zusammengefaßt und mit einer gemeinsamen Isolationsschicht umgeben. Diese Seile werden zu Spulen gewickelt und zwar müssen, um die Funktionssicherheit solcher Spulen sicherzustellen, die Seile sorgfältig nebeneinander geschichtet und Hohlräume vermieden werden. Die supraleitenden Drähte oder Seile sowie die Isolierung werden durch eine Imprägnierung mit Harz in ihrer Lage fixiert.
- 10 Die metallurgischen Herstellungsverfahren für supraleitende Drähte sind insbesondere für Nb_3Sn -Supraleiter sehr aufwendig. Bei letzteren muß zur Bildung des supraleitenden Materials eine Diffusionsglühung bei bsw. $700^\circ C$ für ca. 60 Stunden durchgeführt werden. Wird diese Glühung vor dem Wickelprozess durchgeführt, so besteht beim Wickeln die Gefahr der Beschädigung des sehr spröden Nb_3Sn -Materials, was sich erst an der fertigen Spulen überprüfen läßt. Wird die Glühung nach dem Wickelprozeß durchgeführt, so muß die gesamte Spule einschließlich der Isolation geglüht werden, was an die Isolation und die verwendeten Struktur- und Kontaktiermaterialien besondere Anforderungen bezüglich der Temperaturbeständigkeit stellt.

Es ist Aufgabe der Erfindung, supraleitende Spulen und Wicklungen zur Vermeidung der Nachteile bei Verwendung von Filamentleitern herzustellen.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die supraleitenden Wicklungen aus Faserleitern, die aus mit einer supraleitenden Schicht versehenen Fasern bestehen, hergestellt werden.

Es ist bereits bekannt, Kohlenstofffasern mit einer dünnen Schicht einer Niobverbindung der allgemeinen Formel NbC_xN_y und einer äußeren hochleitfähigen Metallschicht zu versehen.

Derartige supraleitende Niobcarbonitrit-Schichten können kontinuierlich hergestellt werden bsw. kann aus dampfförmigem Niobchlorid in einer Wasserstoffatmosphäre bei etwa 600°C metallisches Niob auf den Kohlenstoffasern (Kohlenstofffilamenten) abgeschieden werden. Dieses metallische Niob wird anschließend in einer Ammoniak- und Methanatmosphäre bei etwa 1000°C in die supraleitende Niobcarbonitritverbindung umgewandelt (DE-AS 28 56 885).

10 Bisher sind Supraleiter als Filamentleiter in Drahtform und als Faserleiter bekannt. Im folgenden wird der Begriff "Filamente" für die fest in eine metallische Matrix eingebetteten supraleitenden Fäden aus bsw. NbTi oder Nb₃Sn benutzt und der Begriff "Fasern" gilt für unverflochten und ungebunden vorliegende Fäden aus jeglichem Material, z.B. C-Fasern, Borfasern, Stahlfasern.

Besonders zweckmäßig ist es, eine Wicklung gemäß der Erfindung derart herzustellen, daß mehrere Tausend mit einer supraleitenden Schicht und mit einer hochleitfähigen Metallschicht und mit einer leitfähigen Metallschicht versehene Fasern zu einem Bündel zusammengefaßt werden, und daß dieses Bündel mit einer Isolationsschicht umgeben und daß dieses Bündel in Kunststoff getränkt, in einer Form zu einer Spule gewickelt und der Kunststoff in dieser Form ausgehärtet wird. Nach dem Aushärten ist die Wicklung so stabil, daß die Form entfernt werden kann und ein Spulenkörper nicht erforderlich ist. Da der für den Spulenkörper beanspruchte Raum für Windungen zur Verfügung steht, wird neben einer Einsparung an Material der zur Verfügung stehende Raum besser ausgenutzt. Die jedes Bündel umgebende Isolationsschicht kann bsw. eine Umbandelung mit Folie oder eine Umspinnung oder Umflechtung von Glasfasern sein.

Vor dem Aushärten des Kunststoffes wird die Wicklung in der Form gepreßt. Durch geeignete Abstimmung von Kunststoffanteil und Presskraft kann nach weiteren Merkmalen der Erfindung z.B. für Gleichstromspulen ein guter Kontakt von Faser zu Faser eines Bündels erreicht und damit der Querwiderstand gesenkt werden, während für gepulste Magnetspulen ein höherer Querwiderstand zwischen den einzelnen Fasern durch einen höheren Kunststoffanteil und/oder eine geringere Preßkraft erzielt wird, so daß Stromverdrängungseffekte erheblich verringert werden.

Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn das Fasermaterial auf den bereits vorliegenden Trägerkörper (z.B. Generatorwelle) derart abgestimmt wird, daß das thermische Schrumpfverhalten der supraleitenden Wicklung an das thermische Schrumpfverhalten des Trägerkörpers angepaßt wird.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung können Kühlrohre an beliebiger Stelle in die Faserleiterwicklung integriert werden. Die mechanische Festigkeit wird durch diese Kühlrohre nicht beeinflusst.

Die Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Spule, während in Fig. 2 die Wickelform dargestellt ist, die nur für die Herstellung der Wicklung verwendet wird und zweckmäßig teilbar ist. Die Wickelform besteht aus dem Kern 5 und den beiden Seitenteilen bzw. Endscheiben 6 und 7. Der Außendurchmesser des Kerns 5 entspricht dem Innendurchmesser D_i der Spule. Der Durchmesser der Endscheiben 6 und 7 muß größer als der Außendurchmesser D_a der Spule sein. Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, wird ein mit Isolierung versehenes Bündel 8, das aus mehreren Fasern besteht und mit Kunststoff getränkt ist, auf den Kern 5 der Spulenform gewickelt, auf dem schon mehrere Windungen 9 aufgebracht wurden. Die in Fig. 1 dargestellten Kühlrohre 2

können nach Aufbringen der ersten Lage Bündel aufgewickelt oder aufgeschoben werden. Anschließend kann das Bündel 8 weiter in die Spulenform gewickelt werden, bis die erforderliche Windungszahl erreicht ist. An den Enden 3 und 4 des Kühlrohres 2 kann, wenn die Spule in Betrieb ist, ein Kühlmedium zu bzw. abgeführt werden. Mit L ist die Länge der Spule angegeben. Der Spulenteil 1 besteht aus den Faserleitern und dem Kunststoff, mit dem das Bündel getränkt wurde und der nach Wickeln der Spule ausgehärtet wird, so daß der Kern 5 und die Endscheiben 6 und 7 der Wickelform entfernt werden können.

Da der sonst für den Spulenkörper erforderliche Raum voll bewickelt werden kann, kann bei der erfindungsgemäßen Spule in einem bestimmten Raum eine größere Windungszahl untergebracht werden. Vor dem Aushärten wird durch ein geeignetes Preßwerkzeug die Wicklung in die gewünschte Form gepreßt, durch geeignete Wahl von Preßkraft und Kunststoffanteil kann die Spule den gewünschten Betriebsbedingungen angepaßt werden. Bei der Verwendung von Gleichstromspulen ist ein starkes Zusammenpressen und/oder ein geringerer Kunststoffanteil zweckmäßig, um zwischen den Faserleitern eines Stranges einen guten Kontakt zu erreichen, so daß ein geringer Querwiderstand entsteht. Bei gepulsten Magnetspulen ist dagegen ein geringeres Zusammenpressen der Spule bei einem größeren Kunststoffanteil zweckmäßiger, da hierdurch der Stromverdrängungseffekt bei starkem Anstieg des Stromes günstig beeinflußt wird.

Es ist zweckmäßig, die thermische Dilatation der Wicklung an diejenige eines Trägerkörpers anzupassen. Wenn z.Bsp. eine Generatorwelle aus Stahl besteht, so zieht sich diese beim Abkühlen von Raumtemperatur auf die Betriebstemperatur von 4,5°K zusammen. Zur Anpassung der Wicklung an dieses Zusammenschrumpfen der Generatorwelle ist es zweckmäßig, als Fasergrundmaterial für eine derartige Wicklung Stahl oder einen anderen Werkstoff mit ähnlicher thermischer Dilatation zu verwenden.

5

A n s p r ü c h e

1. Supraleitende Wicklungen, dadurch gekennzeichnet, daß sie aus Faserleitern, die aus mit einer supraleitenden Schicht versehenen Fasern bestehen, hergestellt sind.

10

2. Supraleitende Wicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere tausend mit einer supraleitenden Schicht und mit einer hochleitfähigen Metallschicht versehene Fasern zu einem Bündel (8) zusammengefaßt werden und daß dieses Bündel mit einer Isolationsschicht umgeben, und daß dieses in Bündel in Kunststoff getränkt, in eine Form (5, 6, 7) zu einer Spule (1) gewickelt und der Kunststoff in dieser Form ausgehärtet wird.

15

20

3. Supraleitende Wicklung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolationsschicht aus einer Umbandlung mit Folie oder aus Umspinnung oder Umflechtung mit Glasfasern besteht.

25

4. Supraleitende Wicklung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklung (1) vor dem Aushärten in der Spulenform gepreßt wird.

30

5. Supraleitende Wicklung nach Anspruch 2 für eine Gleichstromspule, dadurch gekennzeichnet, daß der Kunststoffanteil und die Preßkraft derart aufeinander abgestimmt werden, daß innerhalb des Faserleiterstranges ein guter Kontakt von Faserleiter zu Faserleiter vorhanden ist (geringer Querwiderstand).

35

6. Supraleitende Wicklung nach Anspruch 2 für gepulste
Magnetspulen, dadurch gekennzeichnet, daß der Kunststoffan-
teil und die Preßkraft derart aufeinander abgestimmt werden,
daß ein hoher Querwiderstand zwischen den Faserleitern eines
5 Stranges vorhanden ist (Vermeidung eines Stromverdrängungs-
effektes).

7. Supraleitende Wicklung nach Anspruch 2, dadurch
gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Kühlrohre (2) mit dem
10 Faserleiterstrang (8) in die Spulenform (5, 6, 7) gewickelt
werden.

8. Supraleitende Wicklung nach einem oder mehreren
der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem
15 gegebenen Trägerkörper (z.B. Generatorwelle) ein Faser-
material verwendet wird, dessen thermisches Schrumpfverhal-
ten und damit das Schrumpfverhalten der supraleitenden Wick-
lung dem Schrumpfverhalten des Trägerkörpers angepaßt ist.

20

25

30

35

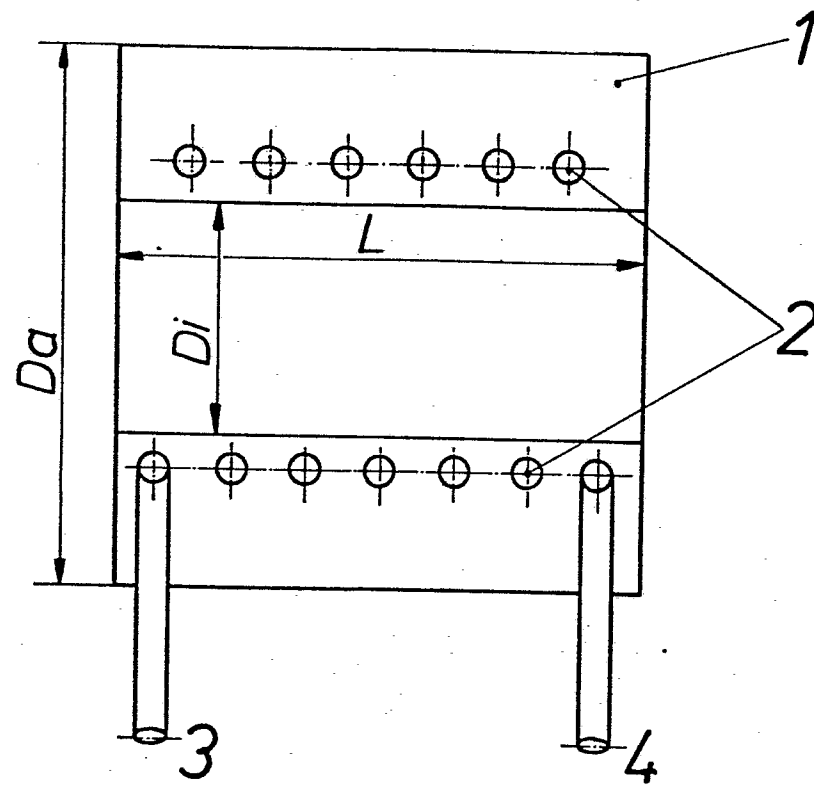


Fig. 1

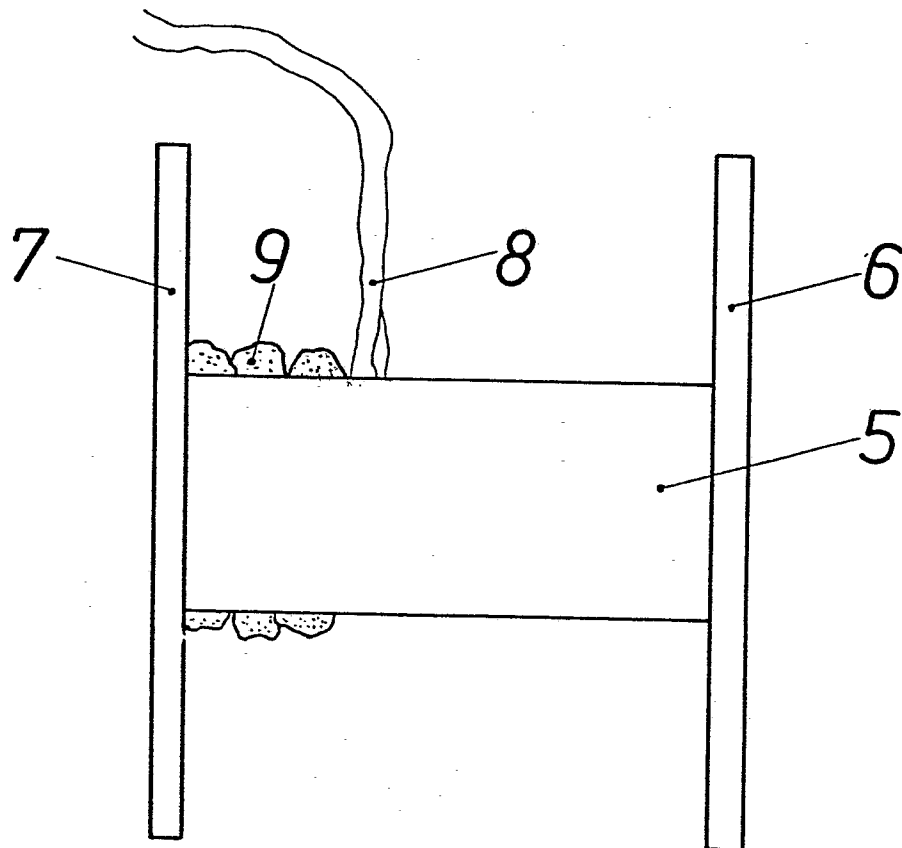


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0046908

Nummer der Anmeldung

EP 81106315.5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 1)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
P	DE - A1 - 2 040 298 (UMLAUF) * Seite 3, letzter Absatz - Seite 5, vorletzter Absatz *	1,2	H 01 F 5/08
	--		
	DE - A1 - 1 690 075 (SCIENCE) * Seiten 1-4 *	1	
A	WO - A1 - 80/02 619 (FURUKAWA) (27-11-1980) * Fig. 6; Seiten 16-20 *	1-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 3)
	DE - A1 - 2 709 300 (SIEMENS) * Fig.; Seite 8, Zeile 14 - Seite 10, Zeile 30 *	1,2,3	H 01 F 5/00 H 01 F 7/00 H 01 F 36/00 H 02 K 55/00 H 01 L 39/00 H 01 B 12/00
A,D, L	DE - B1 - 2 856 885 (KERN- FORSCHUNGSZENTRUM) * Spalte 1, Zeilen 40-59 *	1	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
X Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			X: von besonderer Bedeutung
			A: technologischer Hintergrund
			O: nichtschriftliche Offenbarung
			P: Zwischenliteratur
			T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
			E: kollidierende Anmeldung
			D: in der Anmeldung angeführtes Dokument
			L: aus andern Gründen angeführtes Dokument
			&: Mitglied der gleichen Patent- familie, übereinstimmendes Dokument
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
WIEN	19-11-1981	KUTZELNIGG	