



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **714 698 B1**

(51) Int. Cl.: **H01B 12/10** (2006.01)
H01L 39/24 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

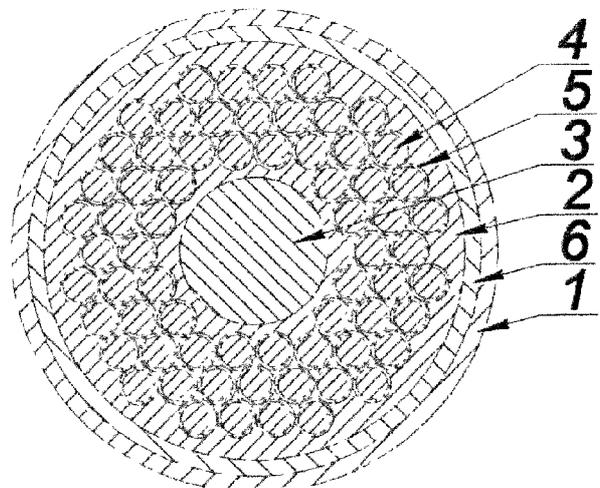
(21) Anmeldenummer:	01462/18	(73) Inhaber:	JOINT-STOCK COMPANY "TVEL" Russian Federation, Kahirskoe Shosse St. 49 115409 Moscow (RU)
(22) Anmeldedatum:	28.12.2017	(72) Erfinder:	Abduhanov Ildar Mansurovich, 123458 Moscow (RU) Alekseev Viktorovich, 141006, MO, Mitishi (RU) Tsapleva Anastasiia Sergeevna, 141100, MO, Schelkovo (RU) Aliiev Ruslan Teimurovich, 140251, MO, Voskresenskiy Raion, Der. Beloe- Ozero (RU) Zubok Evgeniy Andreevich, 111674 Moscow (RU) Krilova Mariya Vladimirovna, 117148 Moscow (RU) Pantsyrny Viktor Ivanovich, 123098 Moscow (RU) Silaev Aleksandr Gennadevich, 123098 Moscow (RU) Zernov Sergei Mihalovich, 111398 Moscow (RU)
(43) Anmeldung veröffentlicht:	04.07.2019	(74) Vertreter:	LangPatent Anwaltskanzlei IP Law Firm, c/o Christian Lang Täatschestrasse 38 Postfach 454 3914 Blatten b. Naters (CH)
(24) Patent erteilt:	15.02.2022	(86) Internationale Anmeldung:	PCT/RU 2017/001000
(45) Patentschrift veröffentlicht:	15.02.2022	(87) Internationale Veröffentlichung:	WO 2019/132698

(54) **Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn.**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Elektrotechnik bei der Herstellung von Verbunddrähten auf der Basis von supraleitenden Verbindungen, die zur Herstellung elektrischer Produkte bestimmt sind.

Ein erfindungsgemässer Rohling für die Herstellung eines supraleitenden Verbunddrahts auf der Basis von Nb₃Sn umfasst ein Kupfergehäuse (1), in dem sich eine kupferhaltige Matrix (2) befindet, in deren Zentrum ein zinnhaltiger Stab (3) angeordnet ist, um den herum viele niobhaltige Stäbe (4) in einer kupferhaltigen Hülle (5) liegen, wobei die kupferhaltige Matrix (2) von einer Diffusionsbarriere (6) umgeben ist, wobei ein niobhaltiger Stab (4) einen Verbundstoff darstellt, der eine Matrix aus Niob oder seiner Legierung enthält, die mit Fasern aus der Nb-Ti-Legierung verstärkt ist, die sich in einem Abstand von mindestens einer durchschnittlichen Fasergröße der Fasern aus der Nb-Ti-Legierung zur Grenze der kupferhaltigen Hülle (5) befinden und deren Abstand mindestens eine durchschnittliche Fasergröße der Fasern aus der Nb-Ti-Legierung beträgt.

Das technische Ergebnis ist die Bereitstellung einer hohen Stromtragfähigkeit in einem supraleitenden Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn in Magnetfeldern mit einer Induktion von mehr als 12 T.



Beschreibung**BEREICH DER ERFINDUNG**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Elektrotechnik bei der Herstellung von Verbunddrähten auf der Basis von supraleitenden Verbindungen, die zur Herstellung elektrischer Produkte bestimmt sind.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Das schwierigste Problem bei der Herstellung von supraleitenden Drähten auf der Basis von Nb₃Sn ist die Wahl von Ausführung und Technologie der Bildung von supraleitenden Materialien. Diese Verbindung hat relativ geringe mechanische Eigenschaften, was die Möglichkeit der Verwendung herkömmlicher Verformungsmethoden erheblich einschränkt und es schwierig macht, solche supraleitenden Produkte wie Draht oder Band, die hauptsächlich für technische Zwecke benötigt werden, zu erhalten. Darüber hinaus erfordert die moderne Entwicklung von Hochenergiephysikgeräten die Herstellung supraleitender Materialien mit einer immer höheren Strombelastbarkeit in Magnetfeldern von mehr als 12 T.

[0003] Es wurde gezeigt, dass das Dotieren eines Materials aus Niobfasern mit Titan in einer Menge von 1 bis 2 Gew.-% zu einer signifikanten Erhöhung der kritischen Stromdichte von auf einer Nb₃Sn-Verbindung basierenden Mehrfaser-Supraleitern führt [Superconducting critical temperatures, critical magnetic fields, lattice parameters, and chemical compositions of „bulk“ pure and alloyed Nb₃Sn produced by the bronze process“ M. Suenaga, et al - J. Appl. Phys. 59, 840 (1986), Effects of titanium addition to the niobium cores of the multifilamentary Nb₃Sn superconductors, T. Asano., Y. Iijima, K. Itoh, K. Tachikawa - J. Jap. Metals, v.47, Nr. 12, pp. 1115-1122, 1983]. Eine Verwendung von Nioblegierungsfasern mit 1-2 Gew.-% Titan als Material führt zu einer starken Verminderung der Verformbarkeit von Verbundrohlingen und mehrfachen Brüchen beim Ziehen eines Verbundstücks bei der Herstellung eines Drahts mit dem gewünschten Querschnitt.

[0004] Zur Herstellung von Nb₃Sn-Verbundsupraleitern wurden verschiedene Ausführungen von Rohlingen entwickelt, die es ermöglichen, langdimensionale Supraleiter mit der erforderlichen Stromtragfähigkeit zu erhalten.

[0005] Bekannt ist ein Rohling für einen supraleitenden Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn, bei welchem eine Vielzahl bimetallischer Cu/Nb-Stäbe und Stäbe aus Nb-47% Ti-Legierung um einen Kern aus Zinn angeordnet sind, der sich in einer Kupfermatrix befindet [Advances in Nb₃Sn Strand for Fusion and Particle Accelerator Applications, Jeffrey A. Parrell, Michael B. Field, Youzhu Zhang, and S. Hong, IEEE Transaction on applied superconductivity, vol. 15, Nr. 2, 2005]. Bei der Herstellung derartiger supraleitender Drähte ist die Bildung einer spröden intermetallischen Verbindung Ti₂Cu möglich, deren Anwesenheit die Verformbarkeit des Verbundrohlings verringert und zu dessen Bruch führen kann. Außerdem kann die Anordnung von Nb-47% Ti-Legierungsstäben um den Zinnkern zu einem ungleichmäßigen Dotieren der supraleitenden Schicht führen, wodurch die Strombelastbarkeit des gesamten supraleitenden Drahtes verringert wird.

[0006] Ferner bekannt ist ein supraleitender Verbunddraht, hergestellt durch ein Verfahren (RU 2546136, veröffentlicht 2015), welches die Bildung eines Verbundrohlings des Supraleiters beinhaltet, welcher einzelne Fasern aus Niob und Nb-Ti-Legierung in einer Matrix aus Kupfer oder einer Kupferlegierung, eine Zinnquelle, eine Diffusionsbarriere und eine Kupferbeschichtung umfasst, wobei der primäre Verbundrohling einer einzelnen Faser aus einer großen Anzahl (mehr als 19) Stäben aus Niob und der Nb-Ti-Legierung geformt wird, wobei die Menge an Titan in Bezug auf Niob umgerechnet auf die gesamte Faserzusammensetzung im Bereich von 0,5 bis 5 Gew.-% liegt. Jeder genannte primäre Verbundrohling aus einer einzelnen Faser wird mit einer Beschichtung aus einer Kupferlegierung hergestellt.

[0007] Bei diesem Verfahren zur Herstellung eines Supraleiters wird die relative Position der Stäbe aus Niob und der Nb-Ti-Legierung im Rohling nicht beschrieben, was von entscheidender Bedeutung ist. Wenn sich die Stäbe aus der Nb-Ti-Legierung an der Grenze zur Kupferbeschichtung befinden, kann während der bei der Drahtherstellung erforderlichen Wärmebehandlung eine spröde intermetallische Verbindung Ti₂Cu gebildet werden. Das Vorhandensein dieser Verbindung in einem komplexen Verbunddraht verhindert die Bildung einer einheitlichen feinkörnigen supraleitenden Schicht und kann auch zu einer Abnahme der plastischen Eigenschaften und zum Bruch in der Ziehphase führen. Die Bildung von Ti₂Cu führt zu einer Abnahme des Titangehaltes in der supraleitenden Schicht und folglich zu einer Abnahme ihrer Strombelastbarkeit.

[0008] Der vorgeschlagenen technischen Lösung ist am nächsten ein aus EP 2717340 A2 (veröffentlicht 2014) bekannter Rohling zur Erhaltung eines supraleitenden Drahts auf der Basis von Nb₃Sn, der aus einer kupferhaltigen Matrix, in deren Mitte ein zinnhaltiger Stab angeordnet ist, um den herum sich viele niobhaltige Stäbe in einer kupferhaltigen Hülle befinden, einem Kupfergehäuse und einer Diffusionsbarriere besteht, wobei die kupferhaltige Matrix und die kupferhaltige Hülle Zinn enthalten.

[0009] Bei der Herstellung dieser Rohlinge des supraleitenden Drahts können im Zwischenprozess, beispielsweise beim Heißpressen, intermetallische Verbindungen von Niob und Zinn an der Grenze zwischen dem niobhaltigen Stab und der kupferhaltigen Hülle gebildet werden. Beim weiteren Ziehen eines solchen Rohlings werden diese Verbindungen Spannungskonzentratoren und führen zur Zerstörung der Elemente und des Drahtes im Ganzen. Auch die Bildung von nicht-supraleitenden intermetallischen Verbindungen an der Grenze zwischen den niobhaltigen Stäben und der Hülle wird die Bildung der supraleitenden Verbindung Nb₃Sn verhindern und die Stromtragfähigkeit des supraleitenden Drahtes im Ganzen verringern.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die erfindungsgemäße Aufgabe besteht darin, einen Rohling bereitzustellen, der für die Herstellung von einem supraleitenden Verbunddraht auf Basis von Nb₃Sn mit hoher Strombelastbarkeit für den Einsatz in verschiedenen Magnet-systemen mit Feldern über 12 T geeignet ist.

[0011] Das technische Ergebnis ist die Bereitstellung einer hohen Stromtragfähigkeit in einem supraleitenden Verbund-draht auf der Basis von Nb₃Sn in Magnetfeldern mit einer Induktion von mehr als 12 T.

[0012] Die technische Lösung wird durch einen Rohling für die Herstellung eines supraleitenden Verbunddrahts auf der Basis von Nb₃Sn erzielt, der ein Kupfergehäuse umfasst, in dem sich eine kupferhaltige Matrix befindet, in deren Zentrum ein zinnhaltiger Stab angeordnet ist, um den herum viele niobhaltige Stäbe in einer kupferhaltigen Hülle liegen, wobei die kupferhaltige Matrix von einer Diffusionsbarriere umgeben ist, und wobei jeder niobhaltige Stab einen Verbundstoff darstellt, der eine Matrix aus Niob oder seiner Legierung enthält, die mit Fasern aus einer Nb-Ti-Legierung verstärkt ist, die sich in einem Abstand von mindestens einer durchschnittlichen Fasergröße der Fasern aus der Nb-Ti-Legierung zur Grenze der kupferhaltigen Hülle befinden und deren Abstand mindestens eine durchschnittliche Fasergröße der Fasern aus der Nb-Ti-Legierung beträgt.

[0013] In einer besonderen Ausführungsform besteht der niobhaltige Stab aus einer Hülse aus Niob oder seiner Legierung, in deren Mitte eine zylindrische Stange aus Niob oder seiner Legierung angeordnet ist, wobei Fasern aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern aus der Nb-Ti-Legierung zwischen der Hülse und der zylindrischen Stange angeordnet sind.

[0014] In einer besonderen Ausführungsform besteht der niobhaltige Stab aus einer zylindrischen Stange aus Niob oder seiner Legierung mit Öffnungen für die Fasern aus der Nb-Ti-Legierung.

[0015] In einer besonderen Ausführungsform besteht der niobhaltige Stab aus einer Vielzahl von Fasern aus Niob oder seiner Legierung und den Fasern aus der Nb-Ti-Legierung.

[0016] In einer besonderen Ausführungsform besteht der niobhaltige Stab aus einer Vielzahl von Fasern aus Niob oder seiner Legierung und den Fasern aus der Nb-Ti-Legierung, die sich im Inneren eines Gehäuses aus Niob oder seiner Legierung befinden.

[0017] In einer besonderen Ausführungsform sind zwischen der kupferhaltigen Hülle und einer Vielzahl von Fasern aus Niob oder seiner Legierung und den Fasern aus der Nb-Ti-Legierung Kupferstäbe (Füller) angeordnet.

[0018] In einer besonderen Ausführungsform haben die Fasern aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern aus der Nb-Ti-Legierung die gleiche Größe.

[0019] In einer besonderen Ausführungsform besteht der niobhaltige Stab aus einer zentralen zylindrischen Stange aus Niob oder seiner Legierung, der in der Mitte angeordnet ist und um die herum Fasern aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern aus der Nb-Ti-Legierung angeordnet sind.

[0020] In einer besonderen Ausführungsform haben die Fasern aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern aus der Nb-Ti-Legierung einen mehreckigen, beispielsweise dreieckigen, viereckigen, sechseckigen Querschnitt.

[0021] In einer besonderen Ausführungsform haben die Fasern aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern aus der Nb-Ti-Legierung einen kreisförmigen Querschnitt.

[0022] Dabei gewährleistet die Verwendung eines niobhaltigen Stabes, in dessen Aufbau sich in einer Matrix aus Niob oder einer Legierung daraus Fasern aus einer Nb-Ti-Legierung befinden, die einen Abstand von mindestens einer durchschnittlichen Größe der Faser aus der Nb-Ti-Legierung zu der Grenze mit der kupferhaltigen Hülle haben und deren Abstand mindestens eine durchschnittliche Fasergröße der Nb-Ti-Legierung beträgt, ein gleichmäßiges Titandotieren der supraleitenden Schicht während des Diffusionsglühens. Aufgrund dessen gewährleistet der beschriebene Aufbau des niobhaltigen Stabes eine hohe Strombelastbarkeit des supraleitenden Nb₃Sn-Verbunddrahts. Gleichzeitig kann durch das Vorhandensein von Niob oder einer Legierung davon zwischen den Fasern aus der Nb-Ti-Legierung und der kupferhaltigen Hülle die Bildung von intermetallischen Verbindungen des Titan-Kupfer-Systems vermieden werden, wodurch eine hohe Stromtragfähigkeit des supraleitenden Verbunddrahts erreicht wird.

[0023] Die Verwendung von Ausführungen des niobhaltigen Stabes, bei welchen eine Hülse aus Niob oder seiner Legierung, in deren Mitte eine zylindrische Stange aus Niob oder seiner Legierung angeordnet ist, und Fasern aus Niob oder seiner Legierung und Fasern aus einer Nb-Ti-Legierung vorgesehen sind, die zwischen der Hülse und der zylindrischen Stange angeordnet sind, sowie bei Ausführungen, welche aus einer zylindrischen Stange aus Niob oder seiner Legierung mit Öffnungen für die Fasern aus der Nb-Ti-Legierung bestehen, ermöglicht es, Fasern aus der Nb-Ti-Legierung in einem Abstand von mindestens einer durchschnittlichen Größe dieser Fasern zur Grenze mit der kupferhaltigen Hülle anzuordnen und eine hohe Stromtragfähigkeit des supraleitenden Verbunddrahts zu erhalten.

[0024] Die Herstellung eines niobhaltigen Stabes aus einer Vielzahl von Fasern aus Niob oder seiner Legierung und Fasern aus der Nb-Ti-Legierung sowie die Verwendung von Kupferstäben (Füllern) und Gehäusen aus Niob oder seiner Legierung erlaubt es, Fasern der Nb-Ti-Legierung so anzuordnen, dass eine minimal verzweigte Cu/Nb-Grenze erhalten wird, und ermöglicht es, eine hohe Strombelastbarkeit des supraleitenden Verbunddrahts zu erhalten. Bei einer stark verzweigten Cu/Nb-Grenze ist ein ungleichmäßiges Dotieren der supraleitenden Schicht mit Titan möglich, wodurch innerhalb

des Supraleiters Bereiche mit unterschiedlicher Strombelastbarkeit entstehen. Dies kann wiederum zu einer Abnahme des kritischen Stroms des gesamten Supraleiters führen.

FIGURENLISTE

[0025] Die vorliegende Erfindung wird durch Zeichnungen veranschaulicht.

- Fig. 1 zeigt den Querschnitt des Rohlings. Jeder Rohling enthält ein Kupfergehäuse 1, in dem sich eine kupferhaltige Matrix 2 befindet, in deren Mitte ein zinnhaltiger Stab 3 angeordnet ist, um den sich viele niobhaltige Stäbe 4 in einer kupferhaltigen Hülle 5 befinden, wobei die kupferhaltige Matrix von einer Diffusionsbarriere 6 umgeben ist.
- Fig. 2 zeigt den Querschnitt eines niobhaltigen Stabes 4 mit einer kupferhaltigen Hülle 5. Ein derartiger niobhaltiger Stab 4 stellt einen Verbundstoff dar, bei dem eine Matrix 8 aus Niob oder einer Legierung daraus mit Fasern 7 aus einer Nb-Ti-Legierung verstärkt ist, die sich in einem Abstand von mindestens einer durchschnittlichen Fasergröße zur Grenze der kupferhaltigen Hülle 5 befinden und deren Abstand mindestens eine durchschnittliche Fasergröße der aus der Nb-Ti-Legierung bestehenden Fasern 7 beträgt.
- Fig. 3-8 zeigen verschiedene Ausführungen eines niobhaltigen Stabes 4 mit einer kupferhaltigen Hülle 5.

[0026] In einer besonderen Ausführungsform (Fig. 3) besteht der niobhaltige Stab 4 aus einer zylindrischen Stange 9 aus Niob oder seiner Legierung, die in der Mitte einer Hülse 10 aus Niob oder seiner Legierung angeordnet ist, wobei Fasern 11 aus Niob oder seiner Legierung und Fasern 7 aus der Nb-Ti-Legierung zwischen der Hülse 10 und der zylindrischen Stange 9 angeordnet sind.

[0027] In einer besonderen Ausführungsform (Fig. 4) besteht der niobhaltige Stab 4 aus einer Vielzahl von Fasern 11 aus Niob oder seiner Legierung und Fasern 7 aus der Nb-Ti-Legierung.

[0028] In einer besonderen Ausführungsform (Fig. 5) besteht der niobhaltige Stab 4 aus einer Vielzahl von Fasern 11 aus Niob oder seiner Legierung und Fasern 7 aus der Nb-Ti-Legierung, die sich im Inneren eines Gehäuses 12 aus Niob oder seiner Legierung befinden.

[0029] In einer besonderen Ausführungsform (Fig. 6) sind zwischen der kupferhaltigen Hülle 5 und einer Vielzahl von Fasern 11 aus Niob oder seiner Legierung und Fasern 7 aus der Nb-Ti-Legierung Kupferstäbe (Füller) 13 angeordnet.

[0030] In einer besonderen Ausführungsform (Fig. 7) besteht der niobhaltige Stab 4 aus einer zylindrischen Stange 14 aus Niob oder seiner Legierung mit Öffnungen für die Fasern 7 aus der Nb-Ti-Legierung.

[0031] In einer besonderen Ausführungsform (Fig. 8) besteht der niobhaltige Stab 4 aus einer zylindrischen Stange 9 aus Niob oder seiner Legierung, um die herum Fasern 11 aus Niob oder seiner Legierung und Fasern 7 aus der Nb-Ti-Legierung angeordnet sind.

[0032] Die Technologie zur Herstellung des erfindungsgemäßen Rohlings, der für die Herstellung eines supraleitenden Verbunddrahts auf der Basis von Nb_3Sn dient, besteht darin, dass eine kupferhaltige Matrix in einem Kupfergehäuse platziert wird, wobei sich in der Mitte der Matrix ein zinnhaltiger Stab befindet, um den herum sich viele niobhaltige Stäbe in einer kupferhaltigen Hülle befinden. Dabei wird die kupferhaltige Matrix in einer Diffusionsbarriere angeordnet.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

Beispiel

[0033] Zur Herstellung von einem niobhaltigen Stab in einer kupferhaltigen Hülle wurden 24 Stäbe mit sechseckigem Querschnitt aus einer NT47-Legierung mit einer schlüsselfertigen Größe von 2,7 mm in einer Niob-Matrix angeordnet, wobei die Niob-Matrix aus 889 Stück Niob-Stäben mit sechseckigem Querschnitt der Marke NbM und mit einer schlüsselfertigen Größe von 2,7 mm besteht, wobei jeder Stab aus der NT47-Legierung in einem Abstand von 3 durchschnittlichen Stabgrößen zur Grenze mit einer Kupferhülle mit $\varnothing 100,5 \times 89$ mm angeordnet wurde, und wobei der Abstand zwischen benachbarten NT47-Stäben 2-3 durchschnittliche Stabgrößen betrug.

[0034] Der so erhaltene Vorläufer wurde auf einer hydraulischen PA-653-Rohr- und Strangpresse aus einem Behälter mit einem Arbeitshülse Durchmesser von 100 mm extrudiert, um einen Stab mit einem Durchmesser von 34 mm zu erhalten. Der extrudierte Stab wurde zu einem Sechseck mit einer schlüsselfertigen Größe von 2,48 mm umgeformt. Die erhaltenen Sechskantstäbe wurden in abgemessene Teile geschnitten und dann wie folgt verformt. Die abgemessenen Teile aus den Sechskantstäben wurden in eine Kupfermatrix eingebracht, in deren Mitte ein Zinnstab angeordnet war. Die Kupfermatrix mit den abgemessenen Teilen der Sechskantstäbe wurde in einer Niob-Diffusionsbarriere und einem Kupfergehäuse eingeschlossen. Der Rohling wurde auf eine schlüsselfertige Größe von 3,8 mm gezogen.

GEWERBLICHE ANWENDBARKEIT

[0035] Für einen Draht, der unter Verwendung eines Satzes von Rohlingen hergestellt wurde, wurde in einem Magnetfeld mit einer Induktion von 12 T bei einer Temperatur von 4,2 K eine kritische Stromdichte von 2468 A/mm² erhalten.

[0036] Somit ermöglicht die Verwendung des erfindungsgemäßen Rohlings, die Herstellung eines supraleitenden Verbunddrahts mit einer hohen Strombelastbarkeit.

Patentansprüche

1. Rohling für die Herstellung eines supraleitenden Verbunddrahts auf der Basis von Nb₃Sn mit einem Kupfergehäuse (1), in dem sich eine kupferhaltige Matrix (2) befindet, in deren Zentrum ein zinnhaltiger Stab (3) angeordnet ist, um den herum viele niobhaltige Stäbe (4) angeordnet sind, die jeweils in einer kupferhaltigen Hülle (5) liegen, wobei die kupferhaltige Matrix (2) von einer Diffusionsbarriere umgeben ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
jeder niobhaltige Stab (4) einen Verbundstoff darstellt, der eine Matrix (8) aus Niob oder einer Legierung davon aufweist, die mit Fasern (7) aus einer Nb-Ti-Legierung verstärkt ist, die sich in einem Abstand von mindestens einer durchschnittlichen Fasergröße der Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung zur Grenze der kupferhaltigen Hülle (5) befinden und deren Abstand zueinander mindestens eine durchschnittliche Fasergröße der Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung beträgt.
2. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der niobhaltige Stab (4) aus einer Hülse (10) aus Niob oder seiner Legierung, in deren Mitte eine zylindrische Stange (9) aus Niob oder seiner Legierung angeordnet ist, und aus Fasern (11) aus Niob oder seiner Legierung und den Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung, die zwischen der Hülse (10) und der zylindrischen Stange (9) angeordnet sind, besteht.
3. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der niobhaltige Stab (4) aus einer zylindrischen Stange (14) aus Niob oder seiner Legierung mit Öffnungen für die Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung besteht.
4. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der niobhaltige Stab (4) aus einer Vielzahl von Fasern (11) aus Niob oder seiner Legierung und den Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung besteht.
5. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der niobhaltige Stab (4) aus einer Vielzahl von Fasern (11) aus Niob oder seiner Legierung und den Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung besteht, die sich im Inneren eines Gehäuses (12) aus Niob oder seiner Legierung befinden.
6. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
zwischen der kupferhaltigen Hülle (5) und einer Vielzahl von Fasern (11) aus Niob oder seiner Legierung und den Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung Kupferstäbe (13) angeordnet sind.
7. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der niobhaltige Stab (4) eine zentrale zylindrische Stange (9) aus Niob oder seiner Legierung aufweist, die mittig angeordnet ist und um die herum Fasern (11) aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung angeordnet sind.
8. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach einem der Ansprüche 2, 4, 5, 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Fasern (11) aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung die gleiche Größe haben.
9. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach einem der Ansprüche 2, 3, 4, 5, 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Fasern (11) aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung einen mehreckigen, beispielsweise dreieckigen, viereckigen, sechseckigen Querschnitt haben.
10. Rohling für die Herstellung von supraleitendem Verbunddraht auf der Basis von Nb₃Sn nach einem der Ansprüche 2, 3, 4, 5, 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass

CH 714 698 B1

die Fasern (11) aus Niob oder seiner Legierung und die Fasern (7) aus der Nb-Ti-Legierung einen kreisförmigen Querschnitt haben.

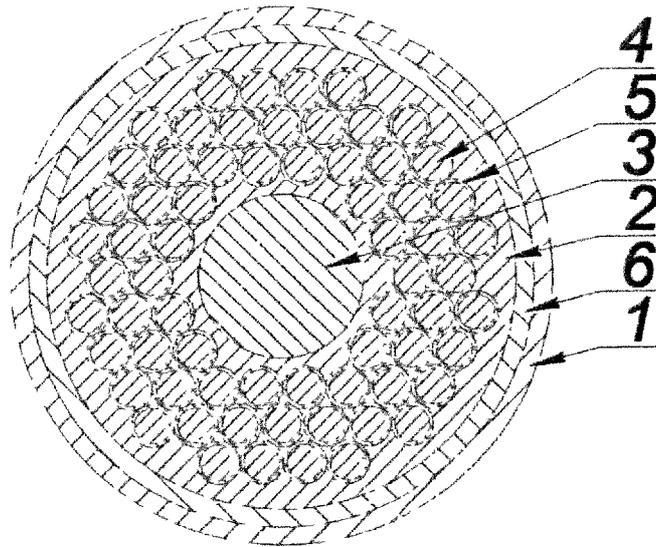


Fig.1

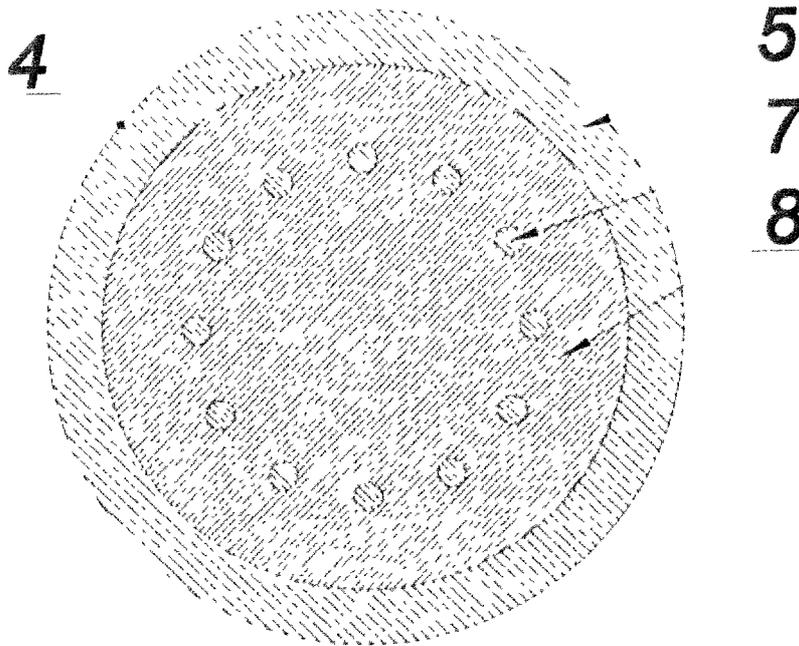


Fig.2

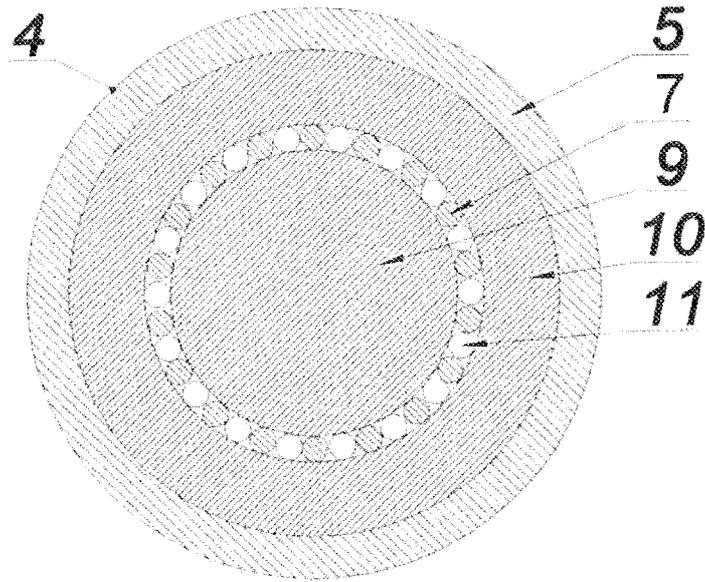


Fig.3

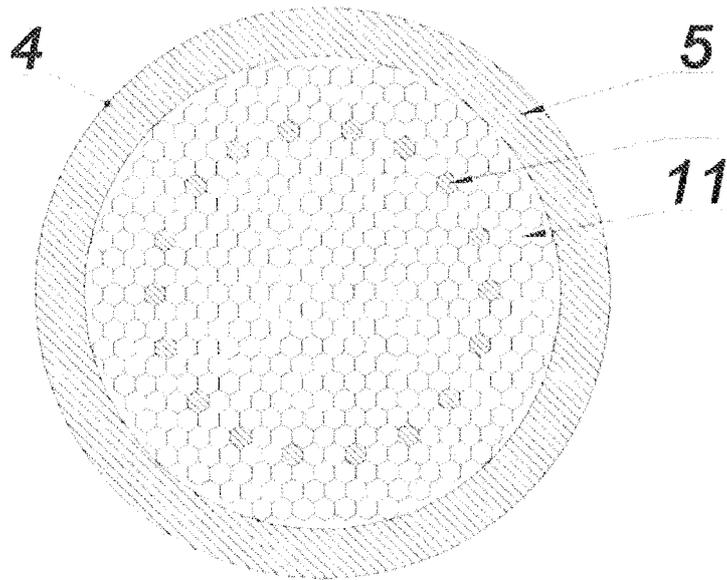


Fig.4

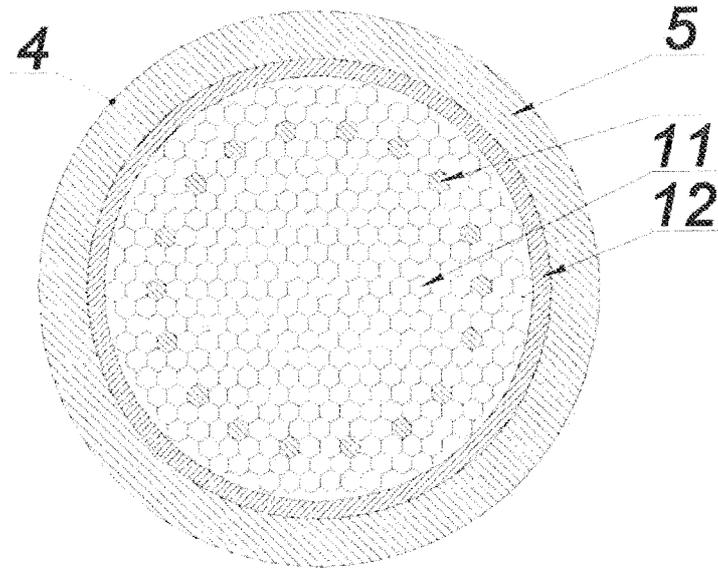


Fig.5

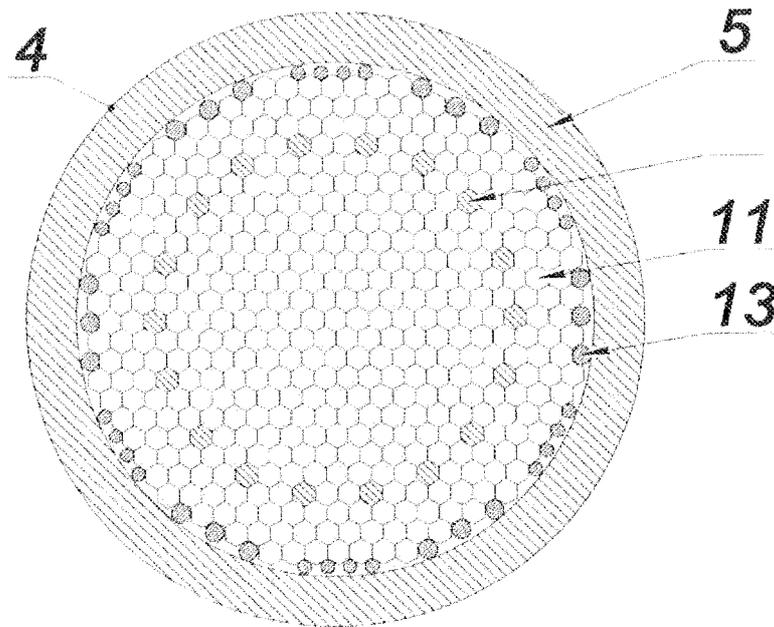


Fig.6

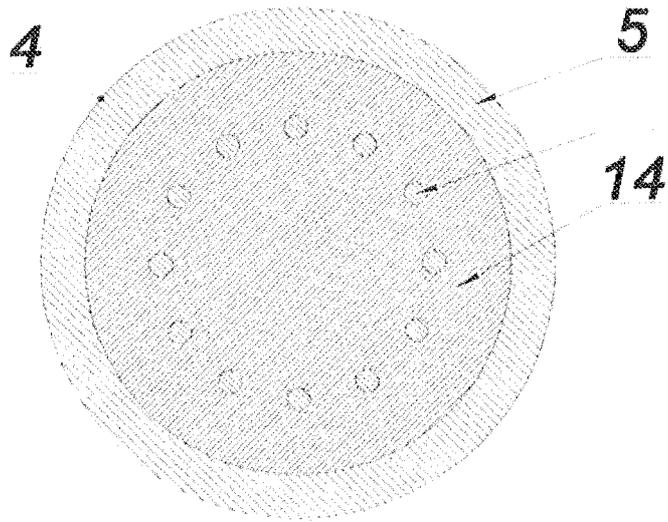


Fig.7

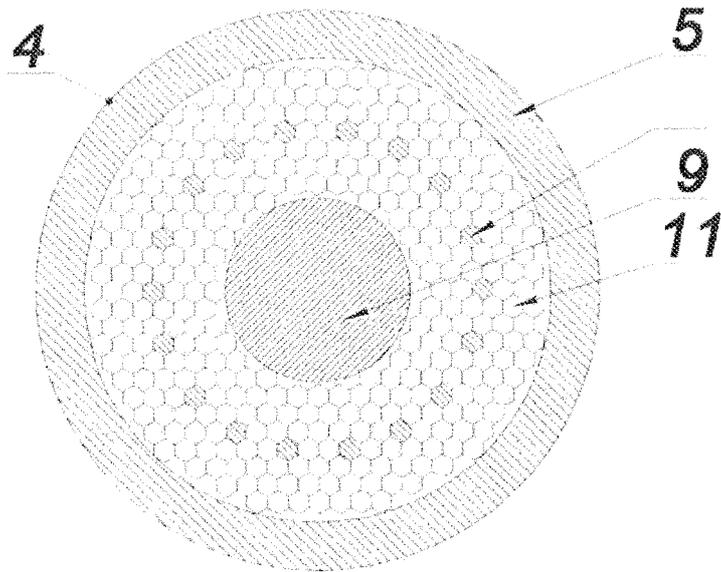


Fig.8