

(12) Ausschließungspatent

(11) DD 283 470 A5



Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz
der DDR vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 01 B 12/00
B 29 C 67/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD H 01 B / 320 044 3
(31) 8722536
8724761
8810200.9

(22) 22.09.88
(32) 24.09.87
22.10.87
29.04.88

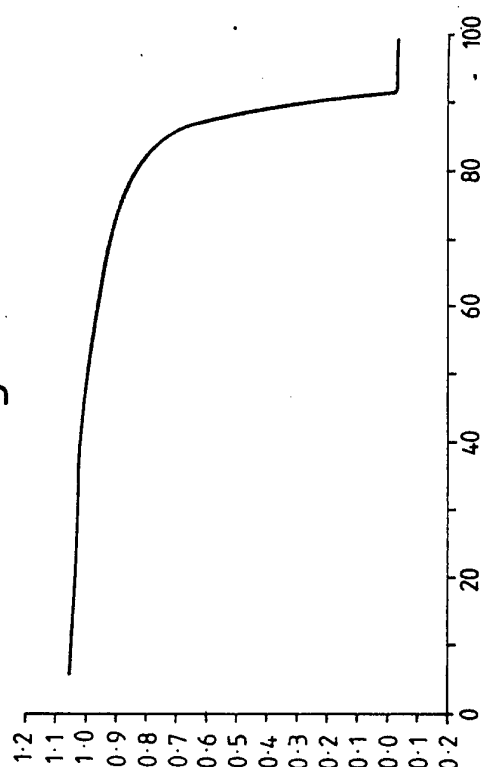
(44) 10.10.90
(33) GB

(71) siehe (73)
(72) Alford, Neil McNeil; Birchall, James Derek; Clegg, William John; Harmer, Mark Andrew; Kendall, Kevin, GB
(73) Imperial Chemical Industries PLC, London, GB
(74) Internationales Patentbüro Berlin, Wallstraße 23/24, Berlin, 1020, DD

(54) Supraleitender Formartikel

(55) polymeres organisches Material; supraleitendes Partikulatmaterial; elektrisch leitendes Material; Anwendung in wissenschaftlichen Geräten; Elektromotoren; Magnetkissenprinzip
(57) Die Erfindung betrifft ein Formerzeugnis, welches die Eigenschaften der Supraleitfähigkeit aufweist. Erfindungsgemäß besteht das neuartige supraleitende Formerzeugnis aus einem Gemisch eines polymeren organischen Materials und eines supraleitenden Partikulatmaterials des keramischen Typs. Das Partikulatmaterial ist ein Material des Oxidtyps und enthält wenigstens ein Element der Lanthanserie, einschließlich Lanthan selbst, Skandium und Yttrium, wenigstens ein Erdalkalielement und wenigstens ein Übergangselement. Das Erdalkalielement wird ausgewählt aus Magnesium, Calcium, Strontium und Barium, das Übergangselement aus Kupfer, Titan, Wolfram, Zirkon, Tantal, Niob, Vanadium. Beispielsweise ist das supraleitende Partikulatmaterial ein Material des Yttrium-Barium-Kupfer-Oxidtyps oder des Lanthan-Barium-Kupfer-Oxidtyps. Fig. 1

Fig.1.



Patentansprüche:

1. Formerzeugnis, welches die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit hat, **dadurch gekennzeichnet**, daß es besteht aus einem Gemisch eines polymeren organischen Materials und eines supraleitenden Partikulatmaterials des keramischen Typs.
2. Formerzeugnis nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das supraleitende Partikulatmaterial eine kritische Temperatur hat, die nicht unter 77°K liegt.
3. Formerzeugnis nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das supraleitende Partikulatmaterial ein Material des Oxidtyps ist.
4. Formerzeugnis nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das supraleitende Partikulatmaterial wenigstens ein Element der Lanthanidserie, einschließlich Lanthan selbst und Skandium und Yttrium, wenigstens ein Erdalkalielement und wenigstens ein Übergangselement enthält.
5. Formerzeugnis nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß beim supraleitenden Partikulatmaterial das Erdalkalielement ausgewählt wird aus Magnesium, Calcium, Strontium und Barium und das Übergangselement ausgewählt wird aus Kupfer, Titan, Wolfram, Zirkon, Tantal, Niob und Vanadium.
6. Formerzeugnis nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das supraleitende Partikulatmaterial ein Material des Yttrium-Barium-Kupfer-Oxidtyps ist.
7. Formerzeugnis nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das supraleitende Partikulatmaterial die Formel $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ hat, worin x gleich 6,5 bis 7,2 ist.
8. Formerzeugnis nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das supraleitende Partikulatmaterial eine Größe unter 100µm hat.
9. Formerzeugnis nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das supraleitende Partikulatmaterial eine Größe unter 100µm hat.
10. Formerzeugnis nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das polymere organische Material ein thermoplastisches Material ist.
11. Formerzeugnis nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das polymere organische Material ein vernetztes Material ist.
12. Formerzeugnis nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anteil des supraleitenden Partikulatmaterials mehr als 50% des Volumens des Formerzeugnisses beträgt.
13. Formerzeugnis nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anteil des supraleitenden Partikulatmaterials mehr als 60% des Volumens des Formerzeugnisses beträgt.
14. Verfahren für die Herstellung eines Formerzeugnisses, welches die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit besitzt, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Gemisch aus einem organischen Material, welches polymer oder polymerisierbar ist, und einem supraleitenden Partikulatmaterial des keramischen Typs gebildet, das Gemisch geformt und, wenn erforderlich, das organische Material polymerisiert werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gemisch als eine Zusammensetzung nach einem der Ansprüche 2 bis 13 geformt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gemisch, welches geformt wird, ein flüssiges Verdünnungsmittel enthält.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Gemisch durch Spritzgießen, Formpressen, Kalandern oder Strangpressen geformt wird.
18. Formerzeugnis, welches die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit besitzt, **dadurch gekennzeichnet**, daß es besteht aus einem Gemisch aus einem polymeren organischen Material und einem supraleitenden Partikulatmaterial des keramischen Typs, und welches auch ein elektrisch leitendes Material enthält.
19. Formerzeugnis nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß das elektrisch leitende Material ein Partikulatmaterial ist.
20. Formerzeugnis nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß das elektrisch leitende Material ein fadenförmiges Material ist.
21. Formerzeugnis nach einem der Ansprüche 18 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß das elektrisch leitende Material ein Metall ist.
22. Formerzeugnis nach einem der Ansprüche 18 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß das elektrisch leitende Material einen spezifischen elektrischen Widerstand von nicht mehr als 10^{-4} Ohm cm hat.

23. Formerzeugnis nach einem der Ansprüche 18 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, daß das elektrisch leitende Material einen spezifischen elektrischen Widerstand von nicht mehr als 10^{-2} Ohm cm hat.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein supraleitendes Formerzeugnis und ein Verfahren für seine Herstellung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

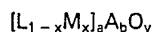
Das Phänomen der Supraleitfähigkeit, d. h., der vollständige Verlust des elektrischen Widerstandes eines Materials, ist seit vielen Jahren bekannt. Es ist von sehr vielen Elementen und Legierungen bekannt, daß sie die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit besitzen, beispielsweise Niob und Nioblegierungen, und es ist im allgemeinen davon ausgegangen worden, daß die Supraleitfähigkeit eine Eigenschaft ist, die bestimmte Elemente im metallischen Zustand aufweisen. Zwar haben Materialien, die die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit haben, potentiell sehr viele Anwendungen, beispielsweise in elektrischen Übertragungsleitungen, die bei der Nutzung nur einen geringen oder keinen Energieverlust haben, in Elektromotoren, bei Magnetkissenanwendungen, so in Transportsystemen, die auf dem Magnetkissenprinzip basieren, in wissenschaftlichen Instrumenten, z. B. in Quanteninterferenzgeräten (SQUIDS), und in Strukturen zum Einsatz bei der Magnetsichtung, z. B. bei der Sichtung von elektrischen Ausrüstungen, haben, ist die Anwendung dieser Materialien bisher auf Grund der Tatsache stark eingeschränkt gewesen, daß die Supraleitfähigkeit bis in die jüngste Zeit nur bei extrem niedrigen Temperaturen erreicht werden konnte. Die Temperatur, bei der Supraleitfähigkeit erreicht werden konnte, d. h., die kritische Temperatur, T_c , lag im allgemeinen unter 23°K , und solche Temperaturen können nur unter Verwendung von flüssigem Helium als Kühlmittel erreicht werden. Diese extrem niedrigen Temperaturen und die Kosten des flüssigen Heliums als Kühlmittel beschränkten die praktische Anwendung des Phänomens der Supraleitfähigkeit auf Nutzungen in wissenschaftlichen Instrumenten, beispielsweise kernmagnetische Scanner für die Forschung.

Bei neueren Forschungen wurde das Phänomen der Supraleitfähigkeit bei bestimmten nichtmetallischen Stoffen und bei wesentlich höheren Temperaturen als denen, bei denen bisher Supraleitfähigkeit festgestellt wurde, beobachtet. Insbesondere wurde das Phänomen der Supraleitfähigkeit bei bestimmten nichtmetallischen Stoffen bei so hohen Temperaturen wie 77°K oder darüber festgestellt, d. h., bei Temperaturen, die durch Kühlen mit flüssigem Stickstoff erreicht werden können. Die Tatsache, daß Supraleitfähigkeit bei so relativ hohen Temperaturen erreichbar ist, und die Tatsache, daß das erforderliche Kühlmittel der relativ billige flüssige Stickstoff ist, haben die Möglichkeit einer breiteren praktischen Anwendung des Phänomens der Supraleitfähigkeit eröffnet, als das bisher für möglich erachtet wurde.

In Z. Phys. B. – Condensed Matter, 64, S. 189–193, 1986, berichteten J. G. Bdnoz und K. A. Muller über die Herstellung von koausgefällten und wärmebehandelten Mischungen von Lanthan, Barium, Kupfer und Sauerstoff, und sie gaben an, daß die Mischungen bei einer höheren kritischen Temperatur Supraleitfähigkeit aufwiesen als den kritischen Temperaturen, die bisher für Metalle und Legierungen beobachtet worden waren. Es wurde angegeben, daß die Mischungen die Zusammensetzung $\text{La}_5 - x\text{Ba}_x\text{Cu}_5\text{O}_5(3 - y)$, wobei $x = 0,75$ bis 1 und y 0, haben und die Zusammensetzungen wurden hergestellt durch die gemeinsame Ausfällung aus Barium-, Lanthan- und Kupfernitratlösungen durch den Zusatz zu einer Oxalsäurelösung, gefolgt von der Zersetzung und der Feststoffreaktion bei 900°C über die Dauer von 5 Stunden und dem Sintern in einer Sauerstoffatmosphäre.

In der publizierten EP-Patentanmeldung 0275343 wird eine supraleitfähige Verbindung mit einer kritischen Temperatur über 28°K beschrieben, wobei die Temperatur bis zu 35°K betragen kann. Es ist eine Verbindung des RE_2TMO_4 -Typs, in welcher das Seltenelement (RE) teilweise durch ein oder mehrere Erdalkalielemente (AE) ersetzt wird und worin der Sauerstoffgehalt so abgestimmt wird, daß die resultierende Kristallstruktur verzerrt wird und eine Phase mit der allgemeinen Zusammensetzung $\text{RE}_2 - x\text{AE}_x\text{TMO}_4 - y$ aufweist, worin TM ein Übergangsmetall darstellt und $x < 0,3$ und $y < 0,5$. Ein bevorzugtes Seltenerdmetall ist Lanthan, ein bevorzugtes Erdalkalielement ist Barium, und ein bevorzugtes Übergangsmetall ist Kupfer.

In der internationalen Patentanmeldung Nr. PCT/US 87/02958, internationale Publikation Nr. WO 88/05029, wird eine Zusammensetzung beschrieben, die bei einer Temperatur von 40°K und höher supraleitend ist und aus einem gesinterten Metalloxidkomplex mit der Formel



besteht, worin L Yttrium, Lanthan, Cerium, Praseodym, Neodym, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium oder Lutetium oder eine Kombination der genannten Elemente ist, M Barium, Strontium, Calcium, Magnesium, Quecksilber oder eine Kombination der Elemente ist, vorausgesetzt, daß M nicht Barium ist, wenn L Lanthan ist, A Kupfer, Wismut, Wolfram, Zirkon, Tantal, Niob oder Vanadium ist, x zwischen 0,01 und 1,0 liegt, a gleich 1 bis 2, b gleich 1 und y etwa gleich 2 bis 4 sind.

In der oben genannten internationalen Publikation wird auch die Herstellung von diesem Sintermetalloxidkomplex durch Erhitzen eines Gemischs von festen Verbindungen beschrieben, die L, M, A und O in entsprechenden Proportionen enthalten, um die genannte Formel zu ergeben, auf eine Temperatur von 640°C – 800°C in einer Sauerstoffatmosphäre und über eine ausreichende Zeitspanne, um das Gemisch im festen Zustand zu reagieren, und durch anschließendes Erhitzen des Gemischs auf 900°C – 1100°C über eine Zeitspanne von wenigstens 12 Stunden nach der Reaktion, Pelletieren des Gemischs und Sintern der Pellets. Bei einigen der gesinterten Metalloxidkomplexe wurde eine so hohe kritische Temperatur wie 100°K beobachtet. Ein bevorzugter gesintert Metalloxidkomplex ist der, bei welchem L Yttrium ist, M Barium ist und A gleich Kupfer ist, und eine

und eine Phase dieses bevorzugten Materials, für die eine hohe kritische Phase ermittelt wurde, ist die mit der empirischen Formel $YBa_2Cu_3O_x$, wobei x im typischen Fall zwischen 6,5 und 7, 2 liegt.

Diese Stoffe haben kritische Temperaturen, die über denen liegen, die bis dahin bei metallischen Stoffen beobachtet wurden, sie haben die Eigenschaften von keramischen Stoffen, d. h., sie können durch Sintern der Stoffe, wenn sie sich in Partikulatform befinden, zu monolithischen Strukturen geformt werden, und sie unterscheiden sich zumindest auf diese Weise von metallischen Stoffen. So können aus den supraleitenden Partikulatstoffen Formerzeugnisse durch Verfahren hergestellt werden, die auf dem Gebiet der Keramik zu den herkömmlichen Verfahren zählen, beispielsweise durch Pulverpressen, durch isostatisches Pressen oder durch Schlickerguß. Das keramische Partikulatmaterial kann beispielsweise in einer Form bei erhöhtem Druck in die gewünschte Form gepreßt werden, und das Material kann bei höherer Temperatur in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre erhitzt werden, z. B. in Luft bei einer Temperatur in der Größenordnung von 900°C bis 950°C oder höher, um die Teilchen des keramischen Materials zusammenzusintern. Der so gesinterte Formartikel kann dann langsam auf Umwelttemperatur in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre abgekühlt werden, und während des Kühlvorgangs kann der Formartikel gegläht werden, beispielsweise bei einer Temperatur von etwa 450°C. Nach diesem Verfahren hergestellte Formartikel sind im allgemeinen sehr spröde und haben eine Dichte, die wesentlich unter der theoretischen Maximaldichte liegt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Bereitstellung eines verbesserten supraleitfähigen Materials mit günstigeren mechanischen und physikalischen Eigenschaften, das auf einfache und wirtschaftliche Weise hergestellt werden kann.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Material mit den gewünschten Eigenschaften und ein Verfahren zu seiner Herstellung aufzufinden.

Erfindungsgemäß wird ein Formerzeugnis zur Verfügung gestellt, das das Phänomen der Supraleitfähigkeit aufweist und ein supraleitendes Partikulatmaterial enthält, aber nicht ausschließlich oder auch nur wesentlich aus diesem Material besteht, ein Formerzeugnis, das weniger spröde als ein Formartikel ist, wie er bisher aus solchem Partikulatmaterial hergestellt wurde, und ein Verfahren für die Herstellung des Formerzeugnisses, bei welchem es nötig ist, die Teilchen des supraleitenden Materials zusammenzusintern. Die Erfindung sieht auch ein Verfahren vor für die Herstellung eines solchen Formerzeugnisses, nach welchem ein Formerzeugnis hergestellt werden kann, das größer und von komplexerer Form als die Artikel ist, die nach den bisher beschriebenen Verfahren im allgemeinen hergestellt werden können.

Nach der Erfindung wird ein Formerzeugnis geschaffen, das die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit besitzt und aus einem Gemisch eines organischen polymeren Materials und eines supraleitenden Partikulatmaterials des keramischen Typs besteht. Das supraleitende Partikulatmaterial des keramischen Typs in den Formerzeugnissen der Erfindung hat die Eigenschaft, bei einer Temperatur unter der sogenannten kritischen Temperatur des Materials supraleitend zu sein, d. h., bei einer Temperatur unter der kritischen Temperatur hat das Material einen elektrischen Widerstand, der im wesentlichen gleich Null ist. Andererseits ist das Formerzeugnis nach der Erfindung bei einer Temperatur unter der kritischen Temperatur in dem Sinne supraleitend, daß das Formerzeugnis bei dieser Temperatur den Meissner-Effekt aufweist, d. h., das Formerzeugnis schließt Magnetflußlinien aus, wenn es bei einer Temperatur unter der kritischen Temperatur in ein Magnetfeld getaucht wird. Ob das Formerzeugnis im Sinne, einen elektrischen Widerstand von Null aufzuweisen, bei einer Temperatur unter der kritischen Temperatur supraleitend ist, ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, u. a. dem Anteil des supraleitenden Partikulatmaterials im Formerzeugnis. Man zieht es vor, daß das Formerzeugnis auch in dem Sinne, einen elektrischen Widerstand von Null zu haben, bei einer Temperatur unter der kritischen Temperatur supraleitend ist.

Die Erfindung sieht auch ein Verfahren vor für die Herstellung eines Formerzeugnisses, das die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit besitzt, wobei das Verfahren darin besteht, ein Gemisch aus einem organischen Material, das polymer oder polymerisierbar ist, und einem supraleitenden Partikulatmaterial des keramischen Typs herzustellen, die Zusammensetzung zu formen und, wenn notwendig, das organische Material zu polymerisieren.

Das Formerzeugnis nach der Erfindung kann aus jedem geeigneten supraleitenden Partikulatmaterial des keramischen Typs bestehen, vorzugsweise aber ist das supraleitende Material ein Material, das selbst Supraleitfähigkeit bei einer relativ hohen Temperatur aufweist, d. h., eine relativ hohe kritische Temperatur hat, und das insbesondere bei einer Temperatur supraleitend ist, die nicht niedriger als der Siedepunkt von Stickstoff unter normalen Temperaturen und Druck ist, d. h., bei einer Temperatur, die nicht unter 77°K liegt. Solche Stoffe werden bevorzugt, da das Kühlmittel, das zum Erreichen von Supraleitfähigkeit im Formerzeugnis gebraucht wird, flüssiger Stickstoff, verhältnismäßig billig im Vergleich zu solchen Kühlmitteln wie flüssigem Helium ist, die erforderlich sind, wenn das Partikulatmaterial im Formerzeugnis nach der Erfindung nur bei weit tieferen Temperaturen Supraleitfähigkeit aufweist. Wenn das Material Supraleitfähigkeit bei der Temperatur des flüssigen Stickstoffs aufweist, besteht außerdem eine potentiell weit vielfältigere praktische Anwendung für die Formerzeugnisse der Erfindung, die das supraleitende Partikulatmaterial enthalten. Die Verwendung von Partikulatmaterial, das Supraleitfähigkeit und damit eine kritische Temperatur erst bei Temperaturen unter 77°K hat, ist jedoch nicht aus der Erfindung ausgeschlossen.

Bevorzugte supraleitende Partikulatstoffe sind die keramischen Materialien des Oxidtyps, die wenigstens ein Element der Lanthanidserie, einschließlich Lanthan selbst und Skandium, wenigstens ein Erdalkalielement, z. B. Magnesium, Calcium, Strontium oder Barium, und wenigstens ein Übergangselement, z. B. Kupfer, Titan, Wolfram, Zirkonium, Tantal, Niob oder Vanadium, aufweisen. Das supraleitende Partikulatmaterial kann eine Formel haben, wie die im Zusammenhang mit der internationalen Publikation Nr. WO 88/05029 genannte, und bei der vorstehend genannten Formel kann M gleich Barium sein, wenn L Lanthan ist.

Ein supraleitendes Partikulatmaterial, das auf Grund seiner besonders hohen kritischen Temperatur bevorzugt wird, ist ein Yttrium-Barium-Kupferoxidmaterial, beispielsweise ein Material mit der Zusammensetzung $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, worin x zwischen 6,5 und 7,2 liegt, da dieses Material eine hohe kritische Temperatur hat, die über dem Siedepunkt von flüssigem Stickstoff, d. h., über 77°K , liegen kann. Ein anderes supraleitendes Partikulatmaterial, das für den Oxidtyp genannt werden kann, besteht aus Lanthan-Barium-Kupferoxid, wobei aber die Erfindung nicht auf die Verwendung eines speziellen supraleitenden Materials des keramischen Typs noch auf ein anderes spezielles solches Material des Oxidtyps beschränkt ist und viele solche Stoffe für das Formerzeugnis der Erfindung eingesetzt werden können.

Es ist davon auszugehen, daß im supraleitenden Partikulatmaterial des keramischen Typs im Formerzeugnis nach der Erfindung verschiedene unterschiedliche Phasen vorhanden sein können, von denen einige supraleitend sein können und andere nicht. Das supraleitende Partikulatmaterial kann jede geeignete Teilchengröße haben, vorausgesetzt, daß die Größe der Teilchen und die Verteilung der Teilchengrößen ein homogenes Mischen der Teilchen mit dem organischen Material und das Formen zur Herstellung des Formerzeugnisses nach der Erfindung ermöglichen. Eine geeignete Teilchengröße beträgt nicht mehr als $500\text{ }\mu\text{m}$, vorzugsweise nicht mehr als $100\text{ }\mu\text{m}$, beispielsweise eine Größe im Bereich von 100 bis $0,001\text{ }\mu\text{m}$.

Das supraleitende Partikulatmaterial kann eine Vielzahl von Teilchengrößen haben, und diese Vielzahl von Teilchengrößen ist bei der Erreichung einer guten Teilchenpackung und damit eines hohen Anteils an Partikulatmaterial im Formerzeugnis nach der Erfindung besonders wichtig.

Methoden zur Herstellung von supraleitendem Partikulatmaterial des keramischen Typs, das ein Teil der Formerzeugnisse ist, sind selbst nicht Teil der vorliegenden Erfindung. Diese supraleitenden Stoffe des Oxidtyps können jedoch so in Partikulatform hergestellt werden, daß ein Gemisch der Oxide der gewünschten Elemente in den erforderlichen Verhältnissen und/oder ein Gemisch der abbaubaren Vorläufer der Oxide der gewünschten Elemente, z. B., ein Gemisch von Karbonaten und/oder Nitraten, gebildet wird, das Gemisch in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre bei einer hohen Temperatur, z. B. einer Temperatur von 900°C bis 950°C oder mehr in Sauerstoff, über eine Zeitdauer in der Größenordnung von 12 bis 24 Stunden erhitzt wird und anschließend das so gebildete keramische Material gekühlt und gemahlen wird, um es in die gewünschte Partikulatform umzuwandeln.

Das organische Material im Formerzeugnis nach der Erfindung ist ein polymeres Material, und das Formerzeugnis kann aus einem Gemisch aus supraleitendem Partikulatmaterial und polymerem organischem Material oder aus einem Gemisch aus diesem Partikulatmaterial und einem polymerisierbaren organischen Material hergestellt werden, das anschließend zur Bildung eines polymeren Materials polymerisiert wird.

Wird das Formerzeugnis durch Mischen eines supraleitenden Partikulatmaterials und eines polymeren organischen Materials und Formen des Gemischs hergestellt, kann das letztgenannte Material ein thermoplastisches Material sein, das vorzugsweise schmelzverarbeitbar ist. Zu den geeigneten thermoplastischen Materialien gehören Polyolefine, z. B. Polyethylen und Polypropylen, und halogenhaltige Polyolefine, z. B. Polyvinylchlorid, Polyvinylidenchlorid und fluorhaltige organische Polymere. Das thermoplastische polymere organische Material kann ein elastomeres Material sein, z. B. ein natürliches oder synthetisches Elastomer, beispielsweise Ethylen-Propylen-Kopolymer oder ein Ethylen-Propylen-Dienkopolymer. Viele andere Typen von thermoplastischen, polymeren organischen Materialien können bei der Herstellung der Formerzeugnisse nach der Erfindung eingesetzt werden.

Wenn das organische Material ein thermoplastisches, polymeres organisches Material ist, kann das Gemisch aus dem letztgenannten Material und dem supraleitenden Partikulatmaterial beispielsweise hergestellt werden durch Verschneiden eines Gemischs der Teilchen der Materialien. Die Bildung des Gemischs kann unterstützt werden durch Mischen bei Vorhandensein eines flüssigen Verdünnungsmittels, das anschließend entfernt wird, z. B. bei Vorhandensein eines Lösungsmittels für das polymere organische Material. Bei einer bevorzugten Methode des Mischens, die ein besonders homogenes Gemisch ergibt, wird ein Gemisch aus organischem Material und supraleitendem Partikulatmaterial und einem wahlweisen flüssigen Verdünnungsmittel auf einer Doppelwalzmühle bei einer Temperatur verschnitten, bei welcher das organische Material fließend wird, so daß das Gemisch ein Band auf einer der Walzen der Mühle bildet. Das Band wird kontinuierlich oder in Abständen von der Walze entfernt und durch die Klemmstelle zwischen den Walzen der Mühle zurückgeführt.

Diese Methode der Herstellung eines Gemischs dient auch dazu, das Gemisch zu formen, und führt zur Herstellung eines Formerzeugnisses in Form eines Bogens oder einer Folie. Andere Arten von Formerzeugnissen können unter Anwendung anderer Formungsmethoden hergestellt werden. Beispielsweise kann das Gemisch durch Strangpressen, Spritzgießen oder Formpressen hergestellt werden. Das Strangpressen ist eine besonders geeignete Methode für die Herstellung von Formerzeugnissen mit einer regelmäßigen Form, beispielsweise von Formerzeugnissen in Gestalt eines Filmes oder Bandes oder in Form eines Bogens oder in Form eines Rohres, Stabes oder Drahtes. Spritzgießen und Formpressen sind mehr für die Anwendung bei der Herstellung von Formerzeugnissen von komplexerer Form geeignet.

Das organische Material in dem Gemisch, aus welchem das Formerzeugnis nach der Erfindung hergestellt werden kann, kann ein polymeres Material sein, das selbst vernetzbar ist. Beispielsweise kann das polymere Material ein vernetzbares oder aushärtbares Elastomer sein.

Das organische Material in dem Gemisch, aus welchem das Formerzeugnis nach der Erfindung hergestellt werden kann, kann ein polymerisierbares organisches Material sein, das zu einem thermoplastischen, polymeren organischen Material oder zu einem vernetzten, polymeren organischen Material polymerisiert werden kann. Im allgemeinen besteht das polymerisierbare organische Material aus einer Vielzahl von reaktiven Gruppen, so daß durch Polymerisation ein vernetztes organisches Material gebildet wird.

Zu den Beispielen für geeignete polymerisierbare organische Materialien gehören Polyesterharze, die eine Vielzahl von ethylenisch ungesättigten Gruppen enthalten, und Epoxidharze, die eine Vielzahl von Epoxidgruppen enthalten, und monomere und oligomere Materialien, die eine Vielzahl von polymerisierbaren Gruppen, z. B. eine Vielzahl von Vinylgruppen, enthalten. Beispiele für Polyesterharze und Epoxidharze sind in Fachkreisen allgemein bekannt.

Das polymerisierbare organische Material kann vor der Polymerisation eine Flüssigkeit oder ein Feststoff sein. Vorteilhaft ist es, wenn das organische Material vor der Polymerisation ein fester Stoff ist, der schmelzverarbeitbar ist, d. h. der sich wie ein Thermoplast verhält, damit Misch- und Formungsverfahren angewendet werden können, wie sie vorstehend unter Bezugnahme auf ein thermoplastisches, polymeres organisches Material beschrieben wurden. Um das Formen zu unterstützen, kann in der Zusammensetzung ein flüssiges Verdünnungsmittel vorhanden sein. Nachdem das Gemisch zu dem gewünschten

Formerzeugnis geformt worden ist, kann das organische Material in der Zusammensetzung behandelt, z. B. erhitzt, werden, um die Polymerisation des organischen Materials zu bewirken.

Bei dem Formerzeugnis nach der Erfindung ist der Anteil des supraleitenden Partikulatmaterials möglichst hoch, und er sollte ausreichend hoch sein, damit das Formerzeugnis supraleitend ist. Der Anteil des supraleitenden Partikulatmaterials beträgt insbesondere vorzugsweise mehr als 50 Vol.-% des Formerzeugnisses. Der Anteil des supraleitenden Partikulatmaterials kann mehr als 60% oder sogar mehr als 70% betragen. Bevorzugt werden die höheren Volumenanteile an supraleitendem Partikulatmaterial, weil dann die Möglichkeit größer ist, daß das Formerzeugnis nicht nur in dem Sinne supraleitend ist, daß es den Meissner-Effekt aufweist, sondern auch in dem Sinne supraleitend ist, daß es bei einer Temperatur unter der kritischen Temperatur einen elektrischen Widerstand von Null hat. Der Anteil des supraleitenden Partikulatmaterials in dem Gemisch, aus dem der Formartikel hergestellt werden soll, darf jedoch nicht so groß sein, daß das Gemisch nicht geformt werden kann. Es versteht sich von selbst, daß das Gemisch aus polymerem oder polymerisierbarem, mechanischem organischem und supraleitendem Partikulatmaterial des keramischen Typs nach einer Vielzahl unterschiedlicher Methoden geformt werden kann, z. B. durch Spritzgießen, Formpressen, Strangpressen und Kalandern, möglich ist, das Formerzeugnis nach der Erfindung in einer Vielzahl von Formen, einfachen wie komplexen, und in einer Vielzahl von Größen, großen und kleinen, herzustellen. Das Formerzeugnis nach der Erfindung, das aus einem Gemisch eines polymeren organischen Materials und einem supraleitenden Partikulatmaterial des keramischen Typs besteht, hat einen Nachteil, wie das jedes Formerzeugnis hat, das aus gesinterten Teilchen von supraleitendem Material des keramischen Typs besteht. So geht bei einer Temperatur über der kritischen Temperatur nicht nur die supraleitende Eigenschaft des Formerzeugnisses verloren, sondern kann das Formerzeugnis tatsächlich sogar aufhören, ein Leiter für Elektrizität bei einer Temperatur über der kritischen Temperatur zu sein. Dieser Verlust der elektrischen Leitfähigkeit kann, ganz abgesehen vom Verlust der Supraleitfähigkeit, schwerwiegende Folgen in Geräten haben, deren Teil das supraleitende Formerzeugnis sein kann. Dieser Nachteil wird jedoch durch eine modifizierte Form des Formerzeugnisses nach der Erfindung überwunden, und in einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein Formerzeugnis geschaffen, das die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit hat und das aus einem Gemisch eines organischen polymeren Materials und einem supraleitenden Partikulatmaterial des keramischen Typs besteht und das auch ein elektrisch leitendes Material aufweist. Diese modifizierte Form des Formerzeugnisses ist nicht nur bei einer Temperatur unter der kritischen Temperatur supraleitend, sondern ist auch in der Lage, bei einer Temperatur über der kritischen Temperatur Elektrizität zu leiten.

Das elektrisch leitende Material in der modifizierten Form des Formerzeugnisses ist ein Material, das natürlich bei normalen Temperaturen, z. B. bei einer Temperatur von 25°C, elektrisch leitend ist. Die verbesserte Form eines Formerzeugnisses weist ein elektrisch leitendes Material eines Typs und in einem Anteil auf, die gewährleisten, daß das Formerzeugnis selbst elektrisch leitend ist, besonders bei einer Temperatur über der kritischen Temperatur. So besitzt das Formerzeugnis die Eigenschaft der Supraleitfähigkeit bei einer Temperatur unter der kritischen Temperatur, aber bei einer Temperatur über der kritischen Temperatur ist das Formerzeugnis leitend, wenn auch nicht supraleitend, und damit wird der Nachteil des Verlusts der elektrischen Leitfähigkeit bei einer Temperatur über der kritischen Temperatur überwunden.

Die modifizierte Form des Formerzeugnisses kann nach einem Verfahren hergestellt werden, welches darin besteht, ein Gemisch aus einem organischen Material, das polymer oder polymerisierbar ist, und einem supraleitenden Partikulatmaterial des keramischen Typs herzustellen, das Gemisch zu formen und, wenn notwendig, das organische Material zu polymerisieren und ein elektrisch leitendes Material entweder vor oder nach der Bildung des Formerzeugnisses mit dem Gemisch in Kontakt zu bringen.

Das elektrisch leitende Material in der modifizierten Variante des Formerzeugnisses nach der Erfindung kann eine Vielzahl von Formen annehmen. Beispielsweise kann das elektrisch leitende Material selbst ein Partikulatmaterial sein, obwohl eine solche Form nicht so vorteilhaft ist, da ein unerwünscht hoher Anteil dieses Partikulatmaterials notwendig sein kann, um ein Formerzeugnis mit der erforderlichen elektrischen Leitfähigkeit herzustellen. Eine bevorzugte Form des elektrisch leitenden Materials, das im Formerzeugnis in einem nur verhältnismäßig geringen Anteil vorhanden zu sein braucht, um die erforderliche elektrische Leitfähigkeit zu erreichen, ist ein elektrisch leitendes Material in Fadenform.

Das fadenförmige, elektrisch leitende Material kann eine Vielzahl unterschiedlicher Formen haben. Beispielsweise kann es die Form kontinuierlicher Fasern haben, es kann die Form zerkleinerter, wirrer Fasern von verhältnismäßig kurzer Länge haben, es kann die Form einer gewebten Matte haben, kann die Form eines oder einer Vielzahl von Drähten annehmen, es kann die Form eines Netzes, z. B. eines Drahtnetzes, haben, oder es kann sogar die Form einer Streckfolie haben, d. h., einer Folie, die durch Schaffung einer Vielzahl von Schlitzen in einem Blech oder einer Folie und Streckung des Elementes gebildet wurde.

Die Möglichkeiten, nach denen das elektrisch leitende Material in das Formerzeugnis einbezogen wird, und die Produktionsphase des Formerzeugnisses, in welche das elektrisch leitende Material einbezogen wird, sind von der Art des Materials abhängig.

Wenn das elektrisch leitende Material beispielsweise Partikulatform hat oder wenn es in Form zerkleinerter, wirrer Fasern eingesetzt wird, kann das elektrisch leitende Material mit dem organischen Material und mit dem supraleitenden Partikulatmaterial vor der Schaffung des Formerzeugnisses und vor der Polymerisation des organischen Materials, wenn dieses ein polymerisierbares organisches Material ist, gemischt werden. Das Gemisch kann nach Methoden hergestellt werden, wie sie vorstehend beschrieben wurden. Als Alternative dazu kann das elektrisch leitende Material während der Herstellung des Formerzeugnisses einbezogen werden, beispielsweise kann das elektrisch leitende Material dem Gemisch aus organischem Material und supraleitendem Partikulatmaterial zugesetzt werden, wenn dieses Gemisch durch Kalandern auf einer Doppelwalzmühle zu einem Bogen geformt wird. Andererseits ist es, wenn das elektrisch leitende Material die Form von kontinuierlichen Fasern, einer Matte, eines Gitters oder einer Streckfolie hat, im allgemeinen nicht möglich, das elektrisch leitende Material vor der Herstellung des Formerzeugnisses in das Gemisch aus organischem Material und supraleitendem Partikulatmaterial einzubeziehen, da der Formungsvorgang die Struktur des elektrisch leitenden Materials zerstören kann. Wenn also das elektrisch leitende Material die Form kontinuierlicher Fasern, einer Matte, eines Gitters oder einer Streckfolie hat, zieht man es vor, das elektrisch leitende Material nach der Formung des Formerzeugnisses einzubeziehen. Beispielsweise kann das elektrisch leitende Material mit dem Formerzeugnis durch Pressen des Material in einer Oberfläche des Formerzeugnisses laminiert werden, z. B. in dem Fall, wenn das organische Material ein polymeres organisches Material ist, in der Phase, wenn sich dieses Material im wärmeerweichten Zustand befindet, oder wenn das organische Material ein monomeres organisches Material ist, vor der Polymerisation des letztgenannten Materials oder wenigstens vor Abschluß der Polymerisation. Ein solcher

Laminierungsschritt läßt sich besonders leicht ausführen, wenn das Formerzeugnis die Form eines Bogens oder einer Folie hat, und in diesem Fall kann die Laminierung dadurch erfolgen, daß das Formerzeugnis und das fadenförmige, elektrisch leitende Material durch die Klemmstelle zwischen den Walzen einer Doppelwalzenmühle geführt werden. Das Laminat kann aus einer Schicht eines Gemischs des polymeren organischen Materials und des supraleitenden Partikulatmaterials und einer Schicht eines fadenförmigen, elektrisch leitenden Materials bestehen, oder es kann aus einer Vielzahl solcher Schichten bestehen, beispielsweise abwechselnden Schichten, z. B. kann eine Schicht des elektrisch leitenden Materials zwischen zwei Schichten eines Gemischs aus polymerem organischen Material und supraleitendem Partikulatmaterial eingefügt werden.

Für das fadenförmige, elektrisch leitende Material können alle geeigneten Abmessungen gewählt werden, beispielsweise ein Fadendurchmesser im Bereich von 5 mm bis zu 0,01 µm.

Das elektrisch leitende Material kann jedes Material sein, das bei normaler Temperatur, d. h., einer Temperatur von 25°C, eine geeignete elektrische Leitfähigkeit hat. Das Material kann ein Metall sein, beispielsweise Stahl, Kupfer, Aluminium, Silber oder faktisch jedes elektrisch leitende Metall. Das elektrisch leitende Material kann, besonders wenn es fadenförmig ist, einen Kern aus einem elektrisch nichtleitenden Material mit einem äußeren Überzug aus einem elektrisch leitenden Material haben, es kann beispielsweise aus Fäden aus einem polymeren organischen Material mit einem äußeren Metallüberzug bestehen.

Das elektrisch leitende Material hat vorzugsweise einen spezifischen elektrischen Widerstand von nicht mehr als 10^{-2} Ohm cm.

und es hat vorzugsweise einen spezifischen elektrischen Widerstand von nicht mehr als 10^{-4} Ohm cm.

Die elektrische Leitfähigkeit, die ein Formerzeugnis nach der Erfindung bei normaler Temperatur haben muß, ist bis zu einem gewissen Maße von der Nutzungsweise des Formerzeugnisses abhängig. Im allgemeinen aber hat das Formerzeugnis selbst einen spezifischen elektrischen Widerstand von nicht mehr als 10^{-4} Ohm cm, und es hat vorzugsweise einen spezifischen elektrischen Widerstand von nicht mehr als 10^{-4} Ohm cm.

Der Anteil des elektrisch leitenden Materials im Formerzeugnis nach der Erfindung ist bis zu einem gewissen Maße von der elektrischen Leitfähigkeit abhängig, die das Formerzeugnis haben muß, und von der Art des elektrisch leitenden Materials. Die Fadenform des elektrisch leitenden Materials hat den Vorteil, daß der erforderliche Volumenanteil dieses Material, um eine gegebene elektrische Leitfähigkeit zu erreichen, verhältnismäßig gering sein kann, er braucht gegebenenfalls nur ein Volumenprozent des Formerzeugnisses zu betragen, obwohl es vorteilhaft ist, wenn er wenigstens 5 Vol.-% beträgt. Der Anteil des elektrisch leitenden Materials im Formerzeugnis ist vorzugsweise nicht hoch, da das Vorhandensein eines hohen Anteils dieses Materials nachteilige Wirkungen auf die Erreichung der Supraleitfähigkeit im Formerzeugnis haben kann. Vorzugsweise soll das elektrisch leitende Material in einem Anteil von nicht mehr als 25% des Volumens des Formerzeugnisses vorhanden sind.

Das Vorhandensein von elektrisch leitendem Material im Formerzeugnis begünstigt die Schaffung eines guten elektrischen Anschlusses an das Formerzeugnis.

In Abhängigkeit davon, ob das Formerzeugnis nach der Erfindung supraleitend in dem Sinne ist, daß es einen elektrischen Widerstand von Null aufweist, oder daß es nur den Meissner-Effekt aufweist, bei Temperaturen unter der kritischen Temperatur, schließen die Nutzungen des Formerzeugnisses Anwendungen in Stromübertragungsleitungen ein, die bei der Nutzung keinen oder nur einen geringen Energieverlust haben, in Elektromotoren, in Magnetkissenanwendungen, wie in Transportsystemen, die mit dem Magnetkissenprinzip arbeiten, in wissenschaftlichen Instrumenten, z. B. in supraleitenden Quanteninterferenzgeräten (SQUIDS), und in Strukturen zur Nutzung bei der Magnetsichtung, z. B. bei der Sichtung von elektrischen Geräten.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nun anhand der folgenden Beispiele beschrieben, in denen alle Teile, soweit nichts Gegenteiliges ausgeführt wird, als Volumenteile gegeben werden.

Beispiel 1

Ein Partikulatgemisch aus BaO_3 , CuO und Y_2O_3 in Gewichtsanteilen von 52,9:32,0:15,1 wurde gemahlen und unter Verwendung von Mörser und Pistill gründlich gemischt, und das Gemisch wurde in einen Ofen mit einer Luftatmosphäre bei einer Temperatur von 900°C für die Dauer von 12 Stunden gegeben. Dann wurde das Gemisch aus dem Ofen genommen, gekühlt und erneut unter Verwendung von Mörser und Pistill gemahlen, anschließend wurde es in einen offenen Behälter aus Tonerde gegeben und in einem Ofen 12 Stunden lang bei 930°C erhitzt. Während des Erhitzens wurde ein Sauerstoffstrom durch den Ofen geleitet. Dann wurden der Ofen und sein Inhalt mit einer Rate von 1°C/min gekühlt, bis eine Temperatur von 400°C erreicht war, die Temperatur von 400°C wurde zwei Stunden lang aufrechterhalten, anschließend wurden Ofen und Inhalt weiter mit einer Rate von 1°C je Minute auf Umwelttemperatur abgekühlt. Während des Kühlvorgangs wurde der Sauerstoffstrom aufrechterhalten.

Die Materialteilchen, die aus dem Tonerdebehälter genommen wurden, waren leicht zusammengeballt, und das Material wurde unter Verwendung von Mörser und Pistill gemahlen, um es in ein Pulver mit einer Teilchengröße im Bereich von etwa 1 bis 10 µm zu verwandeln. Das Partikulatmaterial hatte eine Zusammensetzung, die etwa der Formel $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ entsprach.

Die Supraleitfähigkeit im Partikulatmaterial wurde durch Abkühlen des Materials in flüssigem Stickstoff, Bringen des Materials auf die Oberfläche eines Elektromagneten und Aktivieren des Elektromagneten nachgewiesen. Das Partikulatmaterial wurde durch den Magneten abgestoßen. Damit wies das Material den Meissner-Effekt auf.

Es wurden 4,76 Teile des Partikulatmaterials mit 1,82 Teilen Polyvinylbutyral und mit 3,64 Teilen Zyklohexanon gemischt, und die viskose Zusammensetzung wurde wiederholt durch die Klemmstelle zwischen den Walzen einer Doppelwalzenmühle bei Umgebungstemperatur geführt. Die Zusammensetzung, die an einer der Walzen der Mühle haftete, wurde wiederholt von der Walze entfernt, im rechten Winkel gedreht und wieder zurück durch die Klemmstelle geführt, um eine homogen gemischte Zusammensetzung herzustellen. Während des Mischvorgangs auf der Doppelwalzenmühle verdampfte ein Teil des Zyklohexanons. Die Folie, die auf der Doppelwalzenmühle hergestellt wurde, wurde aus der Mühle genommen und in einem Ofen auf 90°C erhitzt, um den Rest des Zyklohexanons aus der Folie zu entfernen.

Die Folie, die zu 72,3% aus supraleitendem Partikulatmaterial bestand und flexibel war, wurde dann in flüssigem Stickstoff gekühlt, und ein Teil der Folie wurde nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren auf den Meissner-Effekt untersucht. Die Folie wies den Meissner-Effekt auf.

Beispiel 2

Eine Zusammensetzung, bestehend aus

	Volumenanteile
Supraleitendem Partikulatmaterial nach Beispiel 1	53,2
Tetrahydrofurfurylmethakrylat	16,7
Oligourethanmethakrylat*	12,1
Kopolymer mit Einheiten aus Vinylbutyral und Vinylalkohol – Pioloform BS 18–	
Wacker Chemie GmbH	17,9
Tertiärem Butylperpivalat	0,1

* Reaktionsprodukt von Hydroxyethylmethakrylat und einem Isozyanatoligomer.

wurde nach dem Verfahren im Beispiel 1 auf einer Doppelwalzenmühle gemischt, und die Zusammensetzung in Form einer Folie wurde aus der Mühle genommen, in eine Form gegeben, bei einer Temperatur von 100°C 15 min gepreßt, um das Tetrahydrofurfurylmethakrylat und das Oligourethanmethakrylat zu polymerisieren.

Der aus der Form genommene Formartikel wurde nach dem im Beispiel 1 beschriebenen Verfahren auf den Meissner-Effekt getestet. Das Formerzeugnis wies den Meissner-Effekt auf.

Die magnetische Suszeptibilität des Formerzeugnisses wurde als eine Funktion der Temperatur bei 1 kHz im Spitzenfeld von 1 Mikrottesla gemessen. Die Variation der magnetischen Suszeptibilität mit der Temperatur wird in der Abb. 1 gezeigt.

Gemessen wurde auch der elektrische Widerstand des Formerzeugnisses als eine Funktion der Temperatur, und die Variation des elektrischen Widerstands wird in Abb. 2 gezeigt.

Beispiel 3

Das Verfahren aus Beispiel 2 wurde wiederholt, wobei eine Zusammensetzung eingesetzt wurde, die bestand aus

	Volumenanteile
Supraleitendem Partikulatmaterial nach Beispiel 1	62,3
Tetrahydrofurfurylmethakrylat	23,9
Kopolymer mit Einheiten aus Vinylbutyral und Vinylalkohol – Pioloform BS 18–	
Wacker Chemie GmbH	13,6
Tertiärem Butylperpivalat	0,1

Das aus der Form herausgenommene Formerzeugnis wurde auf eine Temperatur von 77°K gekühlt und wies bei dieser Temperatur den Meissner-Effekt auf.

Beispiel 4

Eine Zusammensetzung, bestehend aus

	Volumenanteile
Supraleitendem Partikulatmaterial nach Beispiel 1	60,6
Tetrahydrofurfurylmethakrylat	14,8
Oligourethanmethakrylat*	10,7
Kopolymer mit Einheiten aus Vinylbutyral und Vinylalkohol – Pioloform BS 18–	
Wacker Chemie GmbH	13,8
Tertiärem Butylperpivalat	0,1

* ein Reaktionsprodukt aus Hydroxyethylmethakrylat und einem Isozyanatoligomer.

wurde auf einer Doppelwalzenmühle gemischt, und die viskose Zusammensetzung wurde wiederholt durch die Klemmstelle zwischen den Walzen der Mühle bei Umgebungstemperatur geführt. Die Zusammensetzung, die an einer der Walzen der Mühle haftete, wurde wiederholt von der Walze genommen, im rechten Winkel gedreht und zurück durch die Klemmstelle geführt, um eine homogen gemischte Zusammensetzung herzustellen.

Die Zusammensetzung wurde in Form einer dünnen Folie aus der Mühle genommen. Ein Gitter in Form einer Webstruktur aus einem Messingdraht mit 0,09 mm Durchmesser wurde zwischen zwei Proben der Folie eingefügt, und die resultierende Verbundstruktur wurde unter einem Einsatzdruck von 5 MPa gepreßt und 15 min bei 100°C erhitzt, um das Tetrahydrofurfurylmethakrylat und das Oligourethanmethakrylat zu polymerisieren. Die resultierende Verbundstruktur war 2 mm stark und enthielt 4,9% Messingdraht.

Die Supraleitfähigkeit der Verbundstruktur wurde durch Abkühlen der Struktur in flüssigem Stickstoff auf der Oberfläche eines Magneten nachgewiesen. Die Struktur wurde vom Magneten abgestoßen und kam über der Oberfläche des Magneten zum Schweben. Damit wies sie Verbundstruktur den Meissner-Effekt auf.

Das Vorhandensein des Messingdrahtes in der Verbundstruktur gewährleistete, daß die Struktur Elektrizität bei einer Temperatur leiten konnte, die wesentlich über der lag, bei welcher keine Supraleitfähigkeit mehr in der Verbundstruktur vorhanden war.

Die Verbundstruktur konnte Elektrizität bei 25°C leiten und hatte einen spezifischen Widerstand von 7×10^{-6} Ohm cm.

Fig.1.

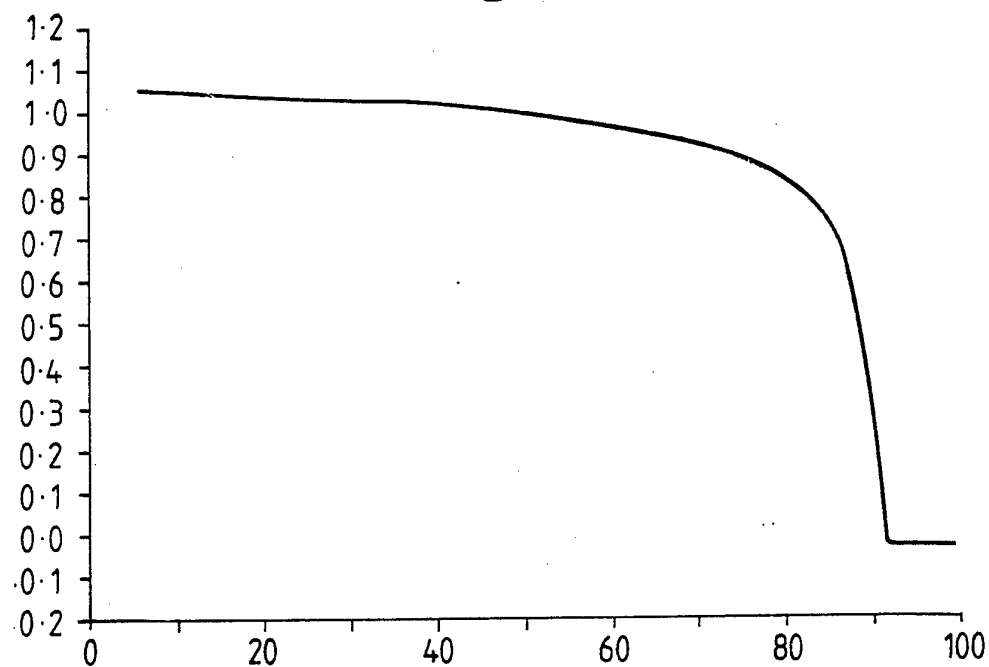


Fig.2.

