(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 304 596**
B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **10.10.90**

(51) Int. Cl.[5]: **F17C 3/08**, F17C 13/08, H01F 7/22

(21) Anmeldenummer: **88111094.4**

(22) Anmeldetag: **12.07.88**

(54) **Kryostat.**

(30) Priorität: **24.07.87 DE 3724569**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **01.03.89 Patentblatt 89/9**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **10.10.90 Patentblatt 90/41**

(84) Benannte Vertragsstaaten: **CH DE FR GB LI**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 1 940 339
FR-A- 2 063 762

K.D. TIMMERHAUS et al.: "Advances in Cryogenic Engineering", Band 24, 1978, Seiten 283-289, Plenum Press, New York, US; R.C. NIEMANN et al.: "An epoxy fiberglass tension member support for superconducting magnets"

(73) Patentinhaber: **Spectrospin AG, Industriestrasse 26, CH-8117 Zürich-Fällanden(CH)**

(72) Erfinder: **Weber, Markus, Fällandenstrasse 4, CH-8600 Dübendorf(DE)**
Erfinder: **Ryser, Andreas, Häglerstrasse 41, CH-8600 Dübendorf(DE)**
Erfinder: **Jeker, René, Dr., Haldenweg 19, CH-8634 Hombrechtikon(DE)**

(74) Vertreter: **Patentanwälte Kohler - Schwindling - Späth, Hohentwielstrasse 41, D-7000 Stuttgart 1(DE)**

EP 0 304 596 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Kryostat, insbesondere für supraleitende Magnete, mit ineinander geschachtelten Bauteilen, von denen eines eine äußere Hülle und mindestens ein anderes ein in der Hülle angeordnetes Gefäß zur Aufnahme eines Kühlmittels bildet, und mit die Bauteile verbindenden Zugstäben, mit denen jeweils ein inneres Bauteil an dem benachbarten, weiter außen liegenden Bauteil aufgehängt ist, welche Zugstäbe aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff bestehen, an ihren Enden mit Augen versehen und mittels die Augen durchdingender Bolzen an dem jeweiligen Bauteil befestigt sind.

Bei Kryostaten für supraleitende Magnete, die allgemein den vorstehend beschriebenen Aufbau haben, bereitet die Ausbildung der Zugstäbe besondere Probleme. Diese Zugstäbe müssen eine hohe Zugfestigkeit haben, um die relativ großen Massen sicher zu tragen, und zugleich eine geringe Wärmeleitfähigheit aufweisen, um den Wärmetransport in das Innere des Kryostaten möglichst klein zu halten. Sie sollen zugleich einfach zu fertigen und zu montieren sein und im Kryostaten möglichst wenig Platz einnehmen, da die zu ihrer Unterbringung erforderlichen Räume erheblich zum Bauvolumen eines solchen Kryostaten beitragen können.

Glasfaserverstärkte Kunststoffe haben eine gute Zugfestigkeit und gleichzeitig eine geringe Wärmeleitfähigkeit, so daß sie zur Herstellung der Zugstäbe für Kryostaten geeignet sind. R.C. Niemann et al haben die Eigenschaften von Epoxy-Fiberglas-Zugstäben für die Kryostaten supraleitender Magnete untersucht und in einem Beitrag zur ICMC 1977, erschienen in Adv. in Cryogenic Eng., Vol. 24, S. 283-289, Plenum Press, New York, die Ergebnisse ihrer Untersuchung behandelt. Diese Ergebnisse haben gezeigt, daß Zugstäbe mit rechteckigem Querschnitt, die an ihren Enden eine Bohrung zur Aufnahme eines Bolzens aufweisen, wegen der im Bereich der Bohrung auftretenden Spannungen für die Verwendung in Kryostaten ungeeignet sind. Stattdessen wird die Verwendung von Schlaufen vorgeschlagen, bei denen die Glasfasern eine Art Wickel bilden, der die zur Befestigung dienenden Bolzen umschlingt. Solche Schlaufen haben zwar die erforderliche hohe Zugfestigkeit, sind jedoch in der Herstellung kostspielig. Weiterhin lassen sie sich nicht mit engen Toleranzen herstellen, so daß sich bei Verwendung solcher Schlaufen als Zugstäbe Schwierigkeiten bei der Montage der Bauteile des Kryostaten ergeben. Endlich haben sie auch wegen des notwendigen Querschnittes ihrer Stränge einen erheblichen Platzbedarf.

In einer Arbeit von M.B. Kasen "Materials at low Temperatures", Am. Soc. Metals, Ed. Reed & Clark 1983, S. 41 bis 60, wird neben den erwähnten Schlaufen die Verwendung von metallischen Endstücken empfohlen, die mit den glasfaserverstärkten Kunststoffteilen verklebt sind. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß die Herstellung besonderer Metallteile und ihre Verklebung mit dem Kunststoffstab besonders kostspielig ist und Klebeverbindungen zwischen Metall und Kunststoff ihre eigene Problematik haben.

Demgemäß liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Zugstäbe für Kryostaten zu schaffen, die auf einfache Weise unter Einhaltung enger Toleranzen herstellbar sind und zugleich einen geringen Platzbedarf haben.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung dadurch gelöst, daß die Zugstäbe als streifenartige Elemente ausgebildet sind, die aus einem mit Glasfasergewebe verstärktem Plattenmaterial aus Kunststoff bestehen und einen langgestreckten mittleren Abschnitt mit parallelen Rändern aufweisen, an dessen Enden sich verbreiterte Abschnitte anschließen, in deren Bereich sich die von Bolzen durchsetzten Augen befinden.

Die Erfindung macht demnach von einem Material Gebrauch, das als billiges Massenprodukt zur Verfügung steht und beispielsweise zur Herstellung der Platinen von gedruckten Schaltungen in großen Mengen Verwendung findet. Die Zugstäbe lassen sich in optimaler Form und unter Einhaltung sehr enger Toleranzen aus solchen Platten leicht ausschneiden. Die an den Enden der Zustäbe angeordneten verbreiterten Abschnitte lassen sich ohne weiteres so dimensionieren, daß alle im Bereich der Augen auftretenden Kräfte ohne weiteres aufgenommen werden und die Festigkeit des Zugstabes in diesem Bereich die Festigkeit des langgestreckten mittleren Abschnittes überschreitet. Hierfür ist es von besonderem Vorteil, daß das Glasfasergewebe eine bidirektionelle Verstärkung bildet, die ein Aufspalten des Stabes an seinem verbreiterten Ende verhindert, auch wenn die Zugefestigkeit eines solchen Materials nicht ganz die Werte erreicht, wie sie unidirektionell verstärkte Verbundmaterialien aufweisen. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Zugstäbe besteht darin, daß ihr Platzbedarf im wesentlichen nur von ihrer Dicke, also von ihrer Ausdehnung in Richtung der Befestigungsbolzen abhängt, weil hierdurch die notwendigen Abstände zwischen den Bauteilen des Kryostaten bestimmt werden. Dagegen steht in der dazu senkrechten Richtung, nämlich parallel zu den Wandungen der Bauteile, ein nahezu unbeschränkter Platz zur Verfügung, so daß keinerlei Schwierigkeiten bestehen, den Zugstäben die zum Erreichen der notwendigen Festigkeit ausreichende Breite zu geben.

Als besonders vorteilhaft hat sich eine Form der Zugstäbe erwiesen, bei der die verbreiterten Abschnitte die Form einer rechteckigen Platte haben, in deren mittleren Bereich sich eine das Auge bildende Bohrung befindet und an die sich jeweils ein Übergangsabschnitt anschließt, der mit einer die seitlichen Ränder des mittleren Abschnittes tangential fortsetzenden, bogenförmigen Kontur von der Breite des mittleren Abschnittes auf die Breite der Platte übergeht. Diese bogenförmige Kontur kann in einfacher Weise ein Kreisbogen sein, aber auch einen parabelförmigen Verlauf haben.

Wie bereits erwähnt, muß die von den Zugstäben übertragene Wärmemenge möglichst klein gehalten werden. Für die Wärmeübertragung ist nicht nur die Wärmeleitfähigkeit des Zugstabes selbst von Be-

deutung, sondern auch die Wärmeübertragung von den Bauteilen, an denen der Zugstab befestigt ist, auf die Zugstäbe. Dabei haben die in dem erfindungsgemäßen Kryostaten verwendeten Zugstäbe den Vorteil, daß wegen der geringen Dicke der Zugstäbe die Kontaktfläche zwischen den Zugstäben und den sie tragenden Bolzen relativ klein ist, so daß der Wärmeübergang durch Wärmeleitung verhältnismäßig klein ist. Dagegen haben die verbreiterten Abschnitte der Zugstäbe eine den Wandungen der Bauteile zugewandte, relativ große Oberfläche, die eine Wärmeübertragung durch Strahlung begünstigt. Daher sieht eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung vor, daß die Zugstäbe wenigstens im Bereich ihrer verbreiterten Abschnitte verspiegelt sind, um auf diese Weise den Wärmeübergang durch Strahlung zu minimieren. Dabei ist ohne weiteres ersichtlich, daß die plattenförmige Ausbildung der Zugstäbe eine solche Verspiegelung begünstigt.

Ein besonders geeignetes Material zur Herstellung der erfindungsgemäßen Zugstäbe ist im Handel unter der Bezeichnung "Vertronit EP G10" erhältlich.

Ein besonderer Vorteil der nach der Erfindung ausgebildeten Zugstäbe besteht darin, daß sie an ihren Enden mit einem einzigen Bolzen befestigt werden können. Die engen Toleranzen, mit denen die Zugstäbe herstellbar sind, erlauben es, auf jegliche Mittel zum Justieren der Lage der mittels der Zugstäbe aufgehängten Bauteile zu verzichten. Deshalb wird bei Kryostaten nach der Erfindung vorzugsweise zur Befestigung der Zuganker eine Schraube verwendet, die einen sich an den Kopf der Schraube anschließenden zylindrischen Abschnitt aufweist, der den das das Auge durchsetzenden Bolzen und dessen Ende zugleich einen die Eindringtiefe der Schraube begrenzenden Anschlag bildet, so daß keinerlei Gefahr besteht, daß der Zuganker durch unsachgemäße Befestigung beschädigt wird. Stattdessen wäre es auch möglich, zur Befestigung des Zugstabes eine Platte zu verwenden, die einen das Auge des Zugstabes als Bolzen durchsetzenden, hülsenförmigen Ansatz aufweist und mittels einer den Ansatz durchdringenden Schraube an dem entsprechenden Bauteil befestigt ist. Es ist dann diese Platte, die ähnlich wie der Kopf einer Schraube den Rand des Auges übergreift und den Zugstab zuf ihrem als Bolzen dienenden Ansatz sichert.

Die Verwendung der vorstehend beschriebenen Schraube oder einer mit einem Ansatz versehenen Platte hat den besonderen Vorteil, daß der zylindrische Abschnitt der Schraube bzw. der Ansatz der Platte so dimensioniert werden können, daß der Zugstab auf dem zylindrischen Abschnitt der Schraube bzw. dem Ansatz der Platte mit Spiel gehalten ist. Der Zugstab hat dann die Möglichkeit, allen Dimensionsänderungen spannungfrei zu folgen, die sich insbesondere nach der Montage des Kryostaten beim Abkühlen auf dessen Betriebstemperatur einstellen.

Weiterhin kann der Aufbau des erfindungsgemäßen Kryostaten dadurch vereinfacht werden, daß mit dem Ansatz versehene Platten unmittelbar von Abschnitten der miteinander zu verbindenden Bauteile gebildet werden.

Ein weiterer erheblicher Vorteil der Verwendung der erfindungsgemäßen Zugstäbe besteht darin, daß diese Zugstäbe senkrecht zur Plattenebene in gewissen Grenzen biegbar sind, ohne daß dadurch ihre Zugfestigkeit beeinträchtigt wird. Daher können bei einem nach der Erfindung ausgebildeten Kryostaten die Zugstäbe Abschnitte von Bauteilen unmittelbar miteinander verbinden, die mit Abstand voneinander in zueinander parallelen Ebenen angeordnet sind. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß hierdurch nicht nur eine weitere, bedeutende Vereinfachung des Aufbaues der Kryostaten erzielt wird, sondern auch durch den Ausfall von ausladenden Befestigungselementen das Bauvolumen des Kryostaten weiter verringert werden kann. So können bei Kryostaten, deren Bauteile von konzentrisch zueinander angeordneten Gefäßen und Schilden mit zylindrischen Mantelflächen und ebenen Endflächen gebildet werden, die mit horizontaler Achse angeordnet sind, die Zuganker ohne weiteres zwischen den ebenen Endflächen der Gefäße und/oder Schilde angeordnet sein. Es können aber auch weitere Zuganker der gleichen Ausbildung zwischen den Mantelflächen der Bauteile angeordnet sein, um horizontale Schubkräfte aufzunehmen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Die der Beschreibung und der Zeichnung zu entnehmenden Merkmale können bei anderen Ausführungsformen der Erfindung einzeln für sich oder zu mehreren in beliebiger Kombination Anwendung finden. Es zeigen

Fig. 1 teilweise in Seitenansicht und teilweise im Schnitt einen nach der Erfindung ausgebildeten Kryostaten in schematischer Darstellung,

Fig. 2 den Grundriß eines in dem Kryostaten nach Fig. 1 verwendeten Zugstabes,

Fig. 3 einen Abschnitt des Kryostaten nach Fig. 1 in vergrößertem Maßstab und

Fig. 4 einen Querschnitt durch eine weitere Ausführungsform einer Anschlußstelle eines Zugstabes in nochmals vergrößertem Maßstab.

Der in Fig.1 dargestellte Kryostat weist innerhalb eines äußeren Mantels 1 von außen nach innen einen Stickstofftank 2, einen Schild 3 und einen Heliumtank 4 auf, der einen supraleitenden Magnet 5 enthält. Der Schild 3 ist an der Endfläche 6 des Stickstofftankes 2 mittels Zugstäben 7 befestigt, wie auch der Heliumtank 4 an dem Schild 3 mittels Zugstäben 8 befestigt ist. Ferner ist der Heliumtank 4 mit dem Stickstofftank 2 durch wenigstens einen sich axial erstreckenden Zuganker 9 verbunden. Endlich ist auch der Stickstofftank 2 an den Endflächen des Mantels 1 durch Zugstäbe 10 befestigt.

Die bei dem Kryostaten nach Fig. 1 verwendeten Zugstäbe haben alle die in Fig. 2 dargestellte Ausbildung. Es handelt sich um aus mit Glasfasergewebe verstärkten Kunststoffplatten ausgeschnittenen Teilen, die einen langgestreckten mittleren Abschnitt 21 und an ihren Enden verbreiterte Abschnitte 22 aufweisen. Die verbreiterten Abschnit-

te 22 sind mit dem mittleren Abschnitt 21 durch je einen Übergangsabschnitt 23 verbunden, der eine bogenförmige Kontur aufweist, die sich tangential an den jeweiligen Rand des mittleren Abschnittes 21 anschließt und bis zum Rand des verbreiterten Abschnittes 22 reicht. Bei der bogenförmigen Kontur 24 kann es sich einfach um einen Kreisbogen, aber auch um den Abschnitt einer Parabel handeln. Die verbreiterten Abschnitte 22 am Ende des Zugstabes haben die Form einer rechteckigen Platte, in deren mittleren Bereich sich jeweils eine Bohrung 25 zur Aufnahme eines Befestigungsbolzens befindet.

Das Plattenmaterial ist von der gleichen Art, wie es beispielsweise zum Herstellen der Platinen gedruckter Schaltungen Verwendung findet. Die Dimensionen des Zugstabes richten sich nach der Größe des Kryostaten, d.h. nach den vom Zugstab aufzunehmenden Kräften. Dabei beträgt die Breite des plattenförmigen Abschnittes etwa das 4-fache und die Länge dieses Abschnittes etwa das 5-fache der Breite des mittleren Abschnittes 21. Der Durchmesser der Bohrung 25 sollte etwa das 1,5-fache dieser Breite und die Länge des Übergangsabschnittes 23 nochmals etwa das 4-fache der Breite des mittleren Abschnittes 21 betragen. Bei einem nach der Erfindung realisierten Kryostaten wurden Zugstäbe verwendet, die aus dem unter der Bezeichnung "Vertronit EP G10" im Handel erhältlichen, mit Glasfasergewebe verstärkten Kunststoffplatten ausgeschnitten waren, die eine Dicke von 3,5 mm hatten. Der mittlere Abschnitt einse solchen Zugstabes hatte eine Länge von 460 mm und eine Breite von 15 mm. Die an den Enden angeordneten verbreiterten Abschnitte 22 hatten eine Breite von 65 mm und eine Länge von 82 mm. Die Bohrungen 25' hatten einen Durchmesser von 24 mm und befanden sich in einem Abstand von 48 mm von den Enden des Zugstabes. Die Übergangsabschnitte 23 hatten eine kreisbogenförmige Kontur mit einem Radius von 80 mm. Daraus ergab sich eine Gesamtlänge des Zugstabes von 733 mm und ein Abstand der Mittelpunkte der Bohrungen 25 von 640 mm. Dieser Zugstab war an seinen Enden verspiegelt. Bei einer Zugfestigkeit des Materials von etwa 300 N/mm^2 hat demnach ein solcher Zugstab eine Zugfestigkeit von etwa 15.000 N und kann unter Berücksichtigung eines hohen Sicherheitsfaktors eingebaut werden. Zugversuche haben ergeben, daß ein solcher Zugstab im Bereich seines mittleren Abschnittes zerreißt, ohne daß Zerstörungen im Bereich seiner Bohrungen auftreten.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich, ist der den Heliumtank 4 mit dem Schild 3 verbindende Zugstab 8 mit seinem oberen Ende an der Innenseite der Endwand 31 des Strahlungsschildes befestigt. Zur Befestigung dient eine Platte 32 mit einem hülsenförmigen Ansatz 33, der in eine entsprechende Sackbohrung in der Endwand 31 eingreift und als Bolzen die Bohrung des Zugstabes 8 durchdringt. Zur Befestigung der Platte 32 dient eine den hülsenförmigen Ansatz durchdringende und in die Endwand 31 eingedrehte Senkschraube 34. Die Länge des in der Sackbohrung der Endwand 31 zentrierten hülsenförmigen Ansatzes ist so bemessen, daß der Abstand der Platte 32 von der Oberfläche der Endwand 31 geringfügig größer ist als die Dicke des Zugstabes 8, so daß der Zugstab 8 nicht eingeklemmt wird, sondern auf dem von dem hülsenförmigen Ansatz 33 gebildeten Bolzen schwenkbar ist. In entsprechender Weise ist auch das untere Ende des Zugstabes 8 mittels einer gleichen Platte 32 und einer Senkschraube 34 an der Endwand 41 des Heliumtankes 4 befestigt. Zur Überbrückung des Abstandes zwischen der Endwand 41 des Heliumtankes 4 und der Endwand 31 des Strahlungsschildes 3 ist in die Außenseite der Endwand 41 des Heliumtankes 4 ein Lagerblock 42 eingeschraubt, der an seiner Außenfläche die Bohrungen zur Aufnahme des hülsenförmigen Ansatzes 33 der Platte 32 und der Senkschraube 34 aufweist. Bei entsprechender Verminderung des Abstandes zwischen den Endwänden 31, 41 könnte auf den Lagerblock 42 auch verzichtet und das untere Ende des Zugstabes 8 unmittelbar an der Endwand 41 des Heliumtankes 4 befestigt werden.

In der gleichen Weise ist auch der den Strahlungsschild 3 mit dem Stickstofftank 2 verbindende Zugstab 7 befestigt. Allerdings findet am oberen Ende des Zugstabes 7 nicht eine besondere Platte 32 Verwendung, sondern ein Abschnitt einer mit dem Stickstofftank 2 verbundenen Endwand 51, die im Bereich des Zugstabes 7 eine diesen Zugstab aufnehmende Aussparung 52 aufweist. An der Stelle, wo sich die Bohrung des Zugstabes 7 befindet, ist die Endwand 51 wiederum mit einem hülsenförmigen Ansatz 53 versehen, der sich an der Stirnwand 54 des Stickstofftankes 2 abstützt und den Bolzen zur Lagerung des Zugstabes 7 bildet. Auch hier dient wieder eine Senkschraube 55 zur Befestigung der Endwand 51 und des Zugstabes 7 im Bereich des von dem hülsenförmigen Ansatz 53 gebildeten Bolzens. Am unteren Ende ist der Zugstab 7 wiederum mittels einer mit einem hülsenförmigen Ansatz 33 versehen Platte 32 und einer Senkschraube 34 an einem Lagerstück 36 angeschraubt, das an einem inneren Mantelteil 37 des Schildes 3 befestigt ist.

Die beschriebene einfache Art der Befestigung der Zugstäbe wird nicht zuletzt dadurch ermöglicht, daß die Zugstäbe durch Ausschneiden aus Plattenmaterial unter Einhaltung enger Toleranzen hergestellt werden können, so daß keine Justiermöglichkeiten vorgesehen werden müssen. Weiterhin gewährleistet die Schwenkbarkeit der Zugstäbe, daß die miteinander verbundenen Bauteile zwangsläufig stets ihre Gleichgewichtslage einnehmen und daher keinerlei unkontrollierbaren Spannungen entstehen können. Dies ist auch im Hinblick auf die Tatsache wichtig, daß nach dem Herstellen des Kryostaten bei dessen Abkühlung auf die Betriebstemperatur Dimensionsänderungen auftreten, denen die Zugstäbe ohne weiteres folgen können. Dafür ist es auch von Bedeutung, daß die Zugstäbe nicht nur um ihre Bolzen schwenkbar sind, sondern in gewissen Grenzen auch eine Verbiegung um eine zur Plattenebene parallele Achse zulassen, ohne daß ihre Zugfestigkeit beeinträchtigt wird. Eine solche Verbiegung kann bei dem genannten Material bis zu etwa 5° betragen. Daher brauchen die Anschlußstellen für die Zugstäbe nicht in einer gemeinsamen Ebene

zu liegen, sondern können in gegeneinander versetzten parallelen Ebenen angeordnet sein, wie es Fig. 3 zeigt., und es könnten solche Zugstäbe auch ohne die Anwendung besonderer Lagerstücke zwischen einander dicht be nachbarten Wänden montiert werden. Es ist ferner ersichtlich, daß die zwischen parallelen Endwänden montierten Zugstäbe in Axialrichtung der miteinander verbundenen Bauteile nur wenig Platz benötigen, sich ihre Anordnung also auf die Länge des Kryostaten praktisch nicht auswirkt, während in der zu den Endwänden parallelen Richtung ausreichend Platz besteht, um die Breite der Zugstäbe den jeweiligen Festigkeitsanforderungen frei anpassen zu können. Endlich hat die beschriebene Art der Befestigung noch den Vorteil, daß die Zugstäbe bei der Montage des Kryostaten jeweils an der Innenseite des äußeren Bauteiles befestigt werden können, bevor das innere Bauteil in das äußere eingeführt wird, und dann die Befestigung an der Außenseite des inneren Bauteiles durch eine Aussparung 37 bzw. 55 im äußeren Bauteil hindurch erfolgen kann, weil das Eindrehen einer Schraube ohne weiteres durch eine solche, bei Bedarf auch leicht verschließbare Aussparung hindurch erfolgen kann.

Wie Fig. 4 zeigt, können zur Befestigung von nach der Erfindung ausgebildeten Zugstäben anstelle von mit Ansätzen versehenen Scheiben, die durch eine Senkschraube gehalten sind, auch spezielle Schrauben 61 Verwendung finden, die im Anschluß an ihren Kopf 62 einen zylindrischen Abschnitt 63 aufweisen, der einen das Auge im Zugstab 64 durchsetzenden Bolzen bildet. Die Stirnfläche am Ende des zylindrischen Abschnittes 63 bildet wiederum einen Anschlag, der die Eindringtiefe der Schraube 61 in das Bauteil 65 begrenzt, an dem der Zugstab 64 befestigt ist, so daß sich der Kopf 62 der Schraube in einem definierten Abstand von der Oberfläche des Bauteiles 65 befindet, bei dem der Zugstab 64 noch mit Spiel auf dem von dem zylindrischen Ansatz 63 gebildeten Bolzen gehalten wird. Auch bei der Ausführungsform nach Fig. 4 greift der zylindrische Abschnitt 63 der Schraube 61 in einen erweiterten Abschnitt 66 der zur Aufnahme der Schraube 61 dienenden Bohrung 67 zentrierend ein, so daß der zylindrische Abschnitt 62 in bezug auf das Bauteil 65 eine genau definierte Lage einnimmt.

Die Dimensionierung und die Anordnung der Zugstäbe richtet sich zwangsläufig nach dem Aufbau des Kryostaten, dessen Bauteile durch solche Zugstäbe miteinander zu verbinden sind. Dabei eignen sich diese Zugstäbe ebensogut für Kryostate, deren Bauteile mit vertikaler Achse angeordnet sind, wie für Kryostate mit horizontaler Achse. Ebenfalls sind diese Zugstäbe auch dann anwendbar, wenn zwischen den Bauteilen des Kryostaten eine Superisolierung vorhanden ist. Endlich versteht es sich, daß in einem Kryostaten neben den nach der Erfindung ausgebildeten Zugstäben auch Aufhängungs- und/oder Abstützelemente anderer Art zur Verbindung der Bauteile verwendet werden können.

Patentansprüche

1. Kryostat, insbesondere für supraleitende Magnete, mit ineinander geschachtelten Bauteilen, von denen eines eine äußere Hülle und mindestens ein anderes ein in der Hülle angeordnetes Gefäß zur Aufnahme eines Kühlmittels bildet, und mit die Bauteile verbindenden Zugstäben, mit denen jeweils ein inneres Bauteil an dem benachbarten, weiter außen liegenden Bauteil aufgehängt ist, welche Zugstäbe aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff bestehen, an ihren Enden mit Augen versehen und mittels die Augen durchdringender Bolzen an dem jeweiligen Bauteil befestigt sind,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Zugstäbe (7, 8) als streifenartige Elemente ausgebildet sind, die aus einem mit Glasfasergewebe verstärkten Plattenmaterial aus Kunststoff bestehen und einen langgestreckten mittleren Abschnitt (21) mit parallelen Rändern aufweisen, an dessen Enden sich verbreiterte Abschnitte (22) anschließen, in deren Bereich sich die von den Bolzen durchsetzten Augen (25) befinden.

2. Kryostat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die verbreiterten Abschnitte (22) die Form einer rechteckigen Platte haben, in deren mittlerem Bereich sich eine das Auge bildende Bohrung (25) befindet und an die sich jeweils ein Übergangsabschnitt (23) anschließt, der mit einer die seitlichen Ränder des mittleren Abschnittes (21) tangential fortsetzenden, bogenförmigen Kontur (24) von der Breite des mittleren Abschnittes (21) auf die Breite der Platte übergeht.

3. Kryostat nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die bogenförmige Kontur (24) einen parabelförmigen Verlauf hat.

4. Kyrostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugstäbe (7, 8) wenigstens im Bereich ihrer verbreiterten Abschnitte (22) verspiegelt sind.

5. Kryostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugstäbe (7, 8) aus dem im Handel unter der Bezeichnung "Vetronit EP G10" erhältlichen Material bestehen.

6. Kryostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der das Auge durchsetzende Bolzen von dem zylindrischen Abschnitt (63) einer Schraube (61) gebildet wird, der sich an den Kopf (62) der Schraube (61) anschließt und dessen Ende zugleich einen die Eindringtiefe der Schraube begrenzenden Anschlag bildet.

7. Kryostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der das Auge des Zugstabes durchsetzende Bolzen von einem hülsenförmigen Ansatz (33) gebildet wird, der sich an einer Seite einer den Rand des Auges übergreifenden Platte (32) befindet und mittels einer den Ansatz (33) durchdringenden Schraube (34) an dem entsprechenden Bauteil befestigt ist.

8. Kryostat nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Zugstab (64; 7, 8) auf dem zylindrischen Abschnitt (63) der Schraube (61) bzw. dem Ansatz (33) der Platte (32) mit Spiel gehalten ist.

9. Kryostat nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte mit dem Ansatz (53) von einem Abschnitt der miteinander zu verbindenden Bauteile (51) gebildet wird.

10. Kryostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zugstab (7, 8) Abschnitte der Bauteile (2, 3; 3, 4) unmittelbar miteinander verbindet, die mit Abstand voneinander in zueinander parallelen Ebenen angeordnet sind.

11. Kryostat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauteile von konzentrisch zueinander angeordneten Gefäßen (2, 4) und Schilden (3) mit zylindrischen Mantelflächen und ebenen Endflächen (31, 41, 51) gebildet werden, die mit horizontaler Achse angeordnet sind, und daß die Zugstäbe (7, 8) zwischen den ebenen Endflächen (31, 41, 51) der Gefäße und/oder Schilde angeordnet sind.

12. Kryostat nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Zuganker (9) zwischen den Mantelflächen der Bauteile (2, 4) angeordnet sind.

Revendications

1. Cryostat, en particulier pour aimant supraconducteur, du type à pièces constitutives imbriquées les unes dans les autres dont une des pièces constitue une enveloppe extérieure et dont au moins une autre de ces pièces imbriquées forme un réservoir disposé dans l'enveloppe pour la réception d'un fluide frigorigène, cryostat du type à éléments de traction reliant les pièces constitutives, du type avec lesquelles chaque pièce constitutive intérieure est accrochée à sa voisine s'étendant plus loin vers l'extérieur, lesdits éléments de traction étant réalisés en matière plastique renforcée de fibres de verre dont les extrémités comportent des ouvertures et sont fixées à chaque pièce constitutive par des boulons qui traversent lesdites ouvertures, caractérisé en ce que les éléments de traction sont conformés selon des bandes à partir de plaques de matériau plastique renforcées d'un tissu de fibres de verre et en ce que les éléments de traction présentent une zone médiane allongée (21) à bords parallèles dont les extrémités sont raccordées par des portions évasées (22) dans la zone où se trouvent les ouvertures (25) traversées par les boulons.

2. Cryostat selon la revendication 1 caractérisé en ce que les portions évasées (22) présentent la forme d'une plaquette rectangulaire, dans la zone médiane de laquelle se trouve un perçage (25) formant une ouverture, plaquette raccordée pour chacune d'entre elles à une portion intermédiaire (23) qui se poursuit de façon tangentielle par l'un des bords latéraux de la zone médiane (21), de contour (24) en forme d'arc et qui réalise la jonction en largeur entre celle de la zone médiane et celle de la plaquette.

3. Cryostat selon la revendication 2 caractérisé en ce que le contour (24) en forme d'arc présente un tracé en parabole.

4. Cryostat selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que les éléments de traction (7, 8) sont métallisés au moins dans la zone des portions évasées (22).

5. Cryostat selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que les éléments de traction (7, 8) sont réalisés en un matériau disponible dans le commerce sous l'appellation "VETRONIT EP G10".

6. Cryostat selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'axe traversant l'ouverture de la partie cylindrique (63) est réalisé sous la forme d'une vis (61), partie cylindrique qui est raccordée à la tete (62) de la vis (61), et dont l'extrémité constitue en même temps une butée de profondeur pour la vis.

7. Cryostat selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'axe traversant l'ouverture de l'élément de traction est réalisé sous la forme d'une embase tubulaire (33) qui se trouve située sur l'une des faces d'un des bords de l'ouverture de la plaquette de jonction (32), embase tubulaire qui est fixée à la pièce constitutive correspondante au moyen d'une vis (34) traversant la douille (33).

8. Cryostat selon la revendication 6 ou 7 caractérisé en ce que l' élément de traction (64, 7, 8) est maintenu avec un jeu sur la partie cylindrique (63) de la vis ou de la douille (33) de la plaquette (32).

9. Cryostat selon la revendication 7 ou 8 caractérisé en ce que la plaque possédant la douille (53) est formée à partir d'une zone de la pièce constitutive (51) assurant la liaison mutuelle.

10. Cryostat selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que les éléments de traction (7, 8) sont des segments des pièces constitutives (2, 3; 3, 4) reliés directement entre eux et disposés à intervalle l'un de l'autre dans des plans parallèles.

11. Cryostat selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que les pièces formant les réservoirs coaxiaux (2, 4) et les panneaux (3) comportent des revêtements cylindriques à axes horizontaux et des surfaces d'extrémités (31, 41, 51) planes et en ce que les éléments de traction sont disposés entre les surfaces d'extrémités planes (31, 41, 51) des réservoirs et/ou des panneaux.

12. Cryostat selon la revendication 11 caractérisé en ce qu'un ancrage de traction (9) supplémentaire est prévu entre les surfaces de revêtement des pièces (2, 4).

Claims

1. A cryostat, particularly for super-conductive magnets, comprising inter-penetrative component parts of which one forms an outer casing and at least one other forms a vessel disposed in the casing and adapted to accommodate a cooling agent and with, connecting the component parts, draw bars by which a respective inner component part is suspended on the adjacent farther outwardly disposed component part, the said draw bars consisting of a glass fibre reinforced synthetic plastics material and being provided at their ends with lugs and being fixed to the respective component part by means of bolts which pass through said lugs, characterised in

that the draw bars (7, 8) are constructed as strip-like elements which consist of a glass fibre fabric reinforced synthetic plastics slab material and comprise an elongated middle portion (21) having parallel edges, at the ends of which there are widened portions (22) in the region of which are the lugs (25) which are traversed by the bolts.

2. A cryostat according to Claim 1, characterised in that the widened portions (22) take the form of a rectangular plate in the middle portion of which there is a bore (25) which constitutes the lug and adjacent to which there is a respective transition portion (23) having an arcuate contour (24) which tangentially extends the lateral edges of the middle portion (21), and providing a transition between the width of the middle portion (21) and the width of the plate.

3. A cryostat according to Claim 2, characterised in that the arcuate contour (24) takes the shape of a parabola.

4. A cryostat according to one of the preceding Claims, characterised in that the draw bars (7, 8) are mirrored at least in the region of their widened portions (22).

5. A cryostat according to one of the preceding Claims, characterised in that the draw bars (7, 8) consist of a material which is commercially available under the name "Vetronite EP G10".

6. A cryostat according to one of the preceding Claims, characterised in that the bolt traversing the lug consists of the cylindrical portion (23) of a screen (61) and adjacent the head (62) of the screw (61), the end of which at the same time forms an abutment which limits the depth of penetration of the screw.

7. A cryostat according to one of the preceding Claims, characterised in that the bolt traversing the lug in the draw bar is constituted by a sleeve-like projection (33) disposed on one side of a plate (32) engaging over the rim of the lug and fixed to the corresponding part by a screw (34) which passes through the projection (33).

8. A cryostat according to Claim 6 or 7, characterised in that the draw bar (64; 7, 8) is supported with clearance on the cylindrical portion (63) of the screw (61) or the projection (33) on the plate (32).

9. A cryostat according to Claim 7 or 8, characterised in that the plate with the projection (53) is formed by a portion of the component parts (51) which are to be joined.

10. A cryostat according to one of the preceding Claims, characterised in that the draw bar (7, 8) directly connects to each other portions of the components (2, 3; 3, 4) which are disposed in mutually parallel planes and at a distance from one another.

11. A cryostat according to to one of the preceding Claims, characterised in that the component parts comprise, disposed concentrically in relation to one another, vessels (2, 4) and shields (3) having cylindrical surface areas and plane end faces (31, 41, 51) which are disposed with a horizontal axis and in that the draw bars (7, 8) are disposed between the plane end faces (31, 41, 51) of the vessels and/or shields.

12. A cryostat according to Claim 11, characterised in that further tie rods (9) are disposed between the cylindrical surfaces of the components (2, 4).

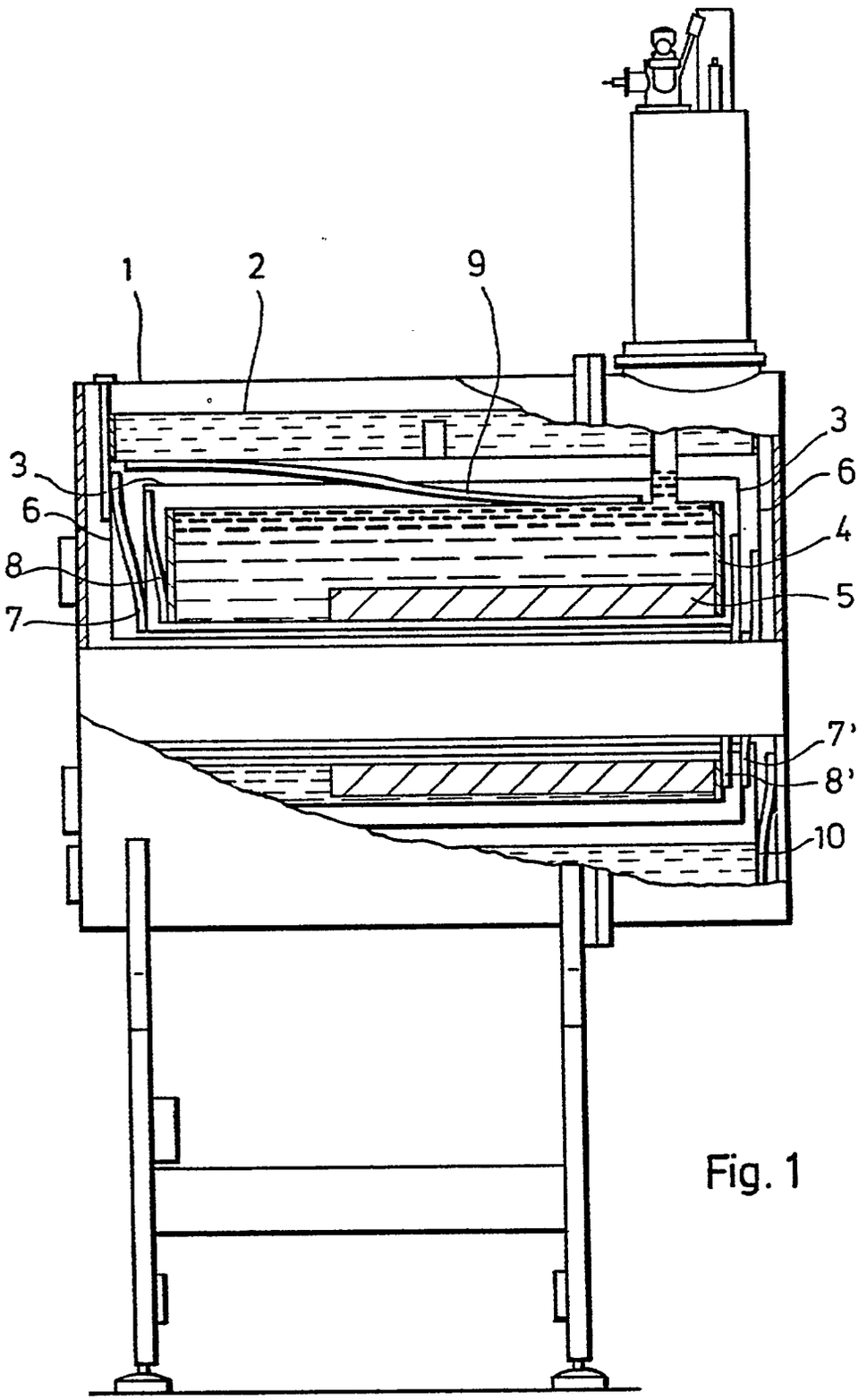


Fig. 1

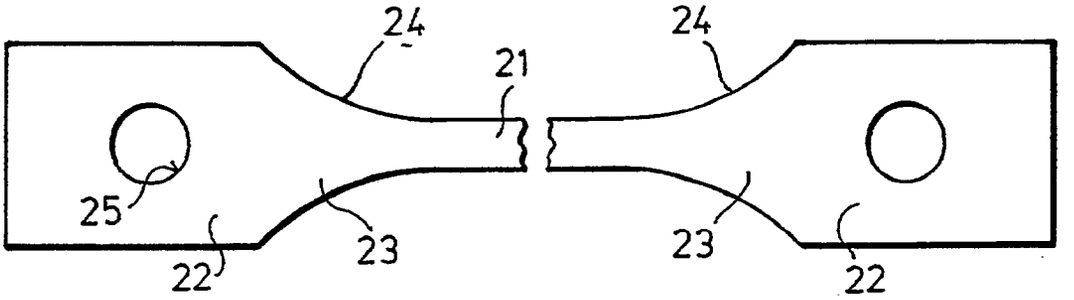


Fig. 2

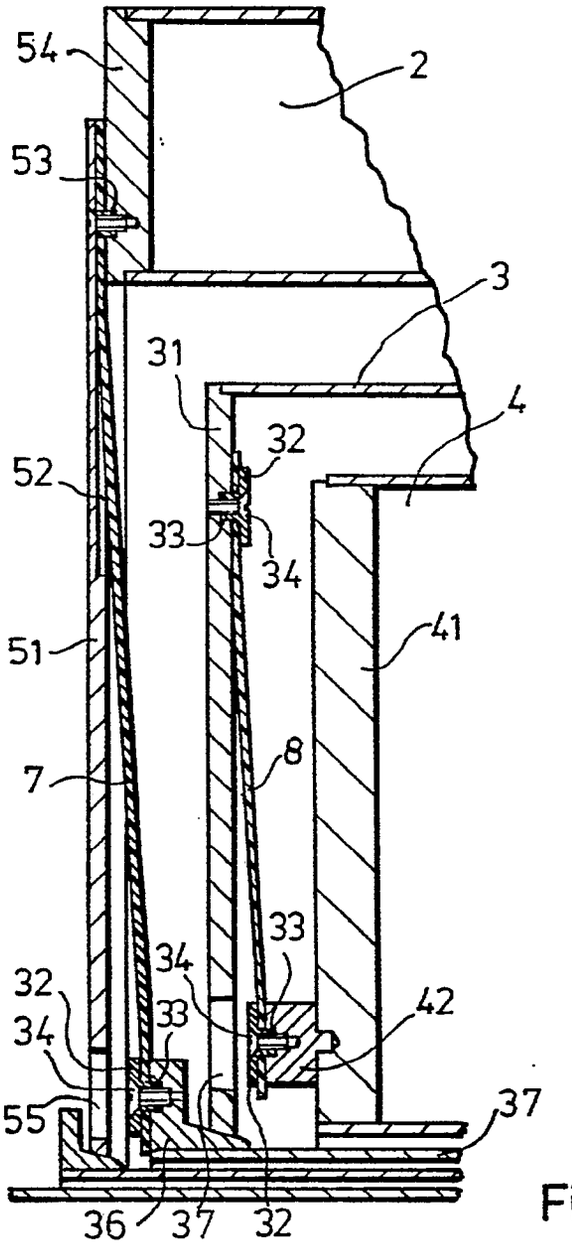


Fig. 3

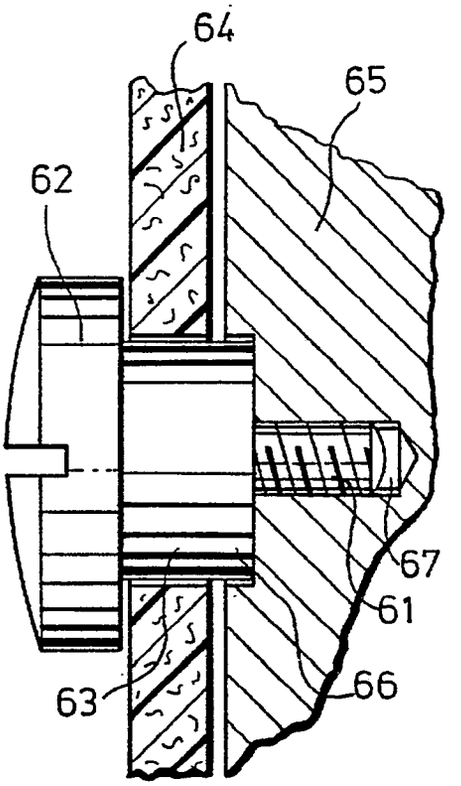


Fig. 4