

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 688 025 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.08.1998 Patentblatt 1998/32

(51) Int Cl.⁶: **H01B 17/16**

(21) Anmeldenummer: **95108162.9**

(22) Anmeldetag: **29.05.1995**

(54) **Hochspannungsisolator aus Keramik**

Ceramic high voltage insulator

Isolateur haute tension en céramique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI PT SE

(30) Priorität: **17.06.1994 DE 4421343**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.12.1995 Patentblatt 1995/51

(73) Patentinhaber: **CeramTec AG Innovative Ceramic
Engineering
73207 Plochingen (DE)**

(72) Erfinder: **Kuhl, Martin
D-95100 Selb (DE)**

(74) Vertreter: **Schulz, Wilfried, Dipl.-Ing. et al
Dynamit Nobel AG
Abt. Patente und Dokumentation
53839 Troisdorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A- 3 643 651 DE-B- 1 130 024
DE-C- 696 142**

• **ELEKTROKERAMIK, A. HECHT, 1976, SEITEN
144-147, 158/9, 162-177, 188-191.**

EP 0 688 025 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents 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

Hochspannungsisolatoren aus keramischen Werkstoffen finden Verwendung hauptsächlich in Freiluftschaltanlagen und Freileitungen. Sie bestehen aus einem langgestreckten Isolierkörper, der mit Schirmen ausgestattet ist, für die Ausbildung eines Kriechweges, der den atmosphärischen Bedingungen angepaßt ist. Die Schirme sind am Isolatorstrunk angeformt, dessen Dicke durch die mechanischen Anforderungen bestimmt ist. An den Enden des Isolierkörpers bzw. des Isolatorstrunkes befinden sich Metallkappen, über die die Kraftübertragung vom Isolatorstrunk zu weiterführenden Bauteilen erfolgt. Hochspannungsisolatoren sind meistens rotationssymmetrisch ausgeführt, wenn von der Asymmetrie der Kappen zum Beispiel durch einzelne Stege abgesehen wird; die Isolatorkappen umgeben konzentrisch die Enden des Isolatorstrunks. Für die Größe der mechanischen Belastbarkeit ist nicht nur der Strunkdurchmesser des Isolators entscheidend, sondern auch die Gestaltung der Strunkenden, die Art der Befestigung der Metallkappen am Strunk und die Gestaltung und der Werkstoff der Metallkappen sowie die Art der mechanischen Beanspruchungen, die prinzipiell Zugkräfte, Druckkräfte, Biegekräfte und Torsionskräfte oder Kombinationen dieser Kräfte sein können. Die Konstruktionen der Metallkappen richten sich daher nach der jeweils vorherrschenden Beanspruchungsart.

Gemäß A. HECHT, Elektrokeramik 1976, Seiten 144-147; 158/9, 162-177 und 188-191, werden bei den bekannten Hochspannungsisolatoren - voll oder hohl ausgeführt - die Metallkappen auf das zu armierende Isolatorende gestülpt und der Spalt zwischen Isolatorstrunk und Metallkappe mit einem aushärtenden Kittmaterial gefüllt, wie verschiedene Zementsorten, Blei oder Gießharz. Dabei sind die Isolatorkörperenden unterschiedlich gestaltet. So sind die Enden von zugbeanspruchten Langstabisolatoren (Hängeisolatoren) konisch und glasiert ausgebildet und häufig mit einem Bleiverguß in der Metallkappe befestigt. Bei auf Biegung und/oder Torsion beanspruchten Stützisolatoren werden die Isolierkörper meistens mit zylindrischen Enden versehen. Dabei können die Enden in verschiedener Weise rauh gestaltet sein, z.B. geriffelt, gesplittet oder gewellt. Als Kittwerkstoff wird hauptsächlich Portlandzement verwendet. Die Biegefestigkeit von Stützisolatoren ist stark vom Verhältnis von Kitttiefe zu Isolatorstrunkdurchmesser abhängig. Metallkappen für Hänge- und Stützisolatoren bestehen meistens aus verzinktem Gußeisen, weil bei diesen Isolatoren keine großen Genauigkeiten bei den äußeren Abmessungen verlangt werden. Bei hohen Anforderungen an die Genauigkeit der äußeren Abmessungen der Isolatoren bestehen die Metallkappen meistens aus Aluminiumlegierungen, die maschinell genauestens bearbeitet werden müssen und nach der maschinellen Bearbeitung keinen zusätzlichen Korrosionsschutz mehr benötigen. Um die notwendige Präzision der Isolatorenabmessungen wäh-

rend des Kittens der Kappen zu erreichen, muß ein entsprechender Aufwand für die Positionierung der Kappen erbracht werden.

Nach DE-A-36 43 651 ist bekannt, die Metallkappen auf die Enden von Keramik-Kugelpfisolatoren aufzuschrumpfen. Danach werden die Komponenten gemeinsam aufgeheizt, gefügt und gemeinsam abgekühlt, damit das keramische Werkstück keinen Schaden nimmt. Diese Art der Fügetechnik ist für Isolatoren sehr aufwendig, da insbesondere Hohlisolatoren Abmessungen im Meterbereich aufweisen können. Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen.

DE 696 142 lehrt einen Isolator, bei dem Metallkappen durch Aufschrumpfen auf die geschliffenen Isolatorenden befestigt sind. Der Rand der Kappen zeigt eine geschwächte Wandstärke, um eine Nachgiebigkeit zu erzeugen.

Der Erfindung liegt demnach die Aufgabe zugrunde, einen Hochspannungsisolator aus keramischem Werkstoff zu schaffen, der präzise Abmessungen aufweist und sie auch beibehält, einfach und schnell zu armieren ist und bei dem keine chemischen Reaktionen zwischen den Werkstoffkomponenten auftreten. Ferner soll die mechanische Festigkeit des Isolatorwerkstoffs bei möglichst kleiner Einspannlänge der Isolatorenden in die Metallkappen voll ausgenutzt werden.

Die Aufgabe wird durch einen rotationssymmetrischen Hochspannungsisolator aus einem keramischen Werkstoff mit an den Enden befestigten Schrumpfkappen gelöst, der dadurch gekennzeichnet ist, daß der Durchmesser D der Enden gegenüber dem Strunkdurchmesser d um mindestens das 1,05-fache verdickt ausgeführt ist, daß die verdickten Enden zylindrisch und stirnseitig auf eine Rauigkeit R_a von 0,5 bis 30 μm mechanisch bearbeitet sind, daß die Höhe H der Kappe größer ist als die Höhe h des Endes und daß Radialspannungen $> 40 \text{ N/mm}^2$ im Bereich der Verbindungsstelle zwischen den verdickten Enden und der Kappe auftreten.

Die Metallkappe kann mit ihrem dem Isolatorkörper zugewandten Kappenende das verdickte Isolatorende überragen und an ihrer Stirnseite einen Anschlag aufweisen, der sich auf der Stirnseite des Isolatorendes abstützt. Zwischen Metallkappe und Isolatorstrunk kann eine glasierte Rinne und an den Stirnflächen der Isolatorenden eine Phase von mindestens 1,5 mm Höhe, bevorzugt von 2-5 mm Höhe, vorgesehen sein. Das verdickte, mechanisch bearbeitete Isolatorende und die Innenflächen der Metallkappen können eine Rauigkeit R_a von 0,5-100 μm , bevorzugt von 0,8-30 μm , besonders bevorzugt von 1-10 μm aufweisen und die Rinne mit einem Dichtungsmittel, z.B. Silikongummi ausgefüllt sein. Die Metallkappen können mit Flanschen versehen sein, die eine Nut zur Aufnahme einer Dichtung aufweisen. Metallkappen können aus Gußaluminium, Aluminium-Knetlegierungen, korrosionsbeständigen Stahlwerkstoffen oder Stahl- und Gußwerkstoffen mit korrosionsschützenden Oberflächenbeschichtungen bestehen.

Als keramische Werkstoffe kommen vor allem Porzellan, aluminiumoxidhaltige Keramik, Zirkonsilicat-, Cor-dierit- und Steatitwerkstoffe in Betracht.

Die Vorteile der Erfindung sind im wesentlichen in der einfachen Fügetechnik, der Maßhaltigkeit und der Reproduzierbarkeit der mechanischen Belastungswerte der Hochspannungsisolatoren insbesondere von Hohlisolatoren zu sehen. Für letztere ergibt sich der Vorteil einer einfacheren Abdichtbarkeit.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen

Figur 1 einen Prüfling für Zugversuche, teilweise geschnitten;

Figur 2 einen Prüfling für Biegeversuche, teilweise geschnitten;

Figur 3 den Zusammenhang zwischen Radialspannung und Biegefestigkeit;

Figur 4 einen Abschnitt eines hohlen Stützisolators geschnitten und

Figur 5 eine Variante zu Figur 4.

Aus Tonerdeporzellan wurden mit Glasur versehene rotationssymmetrische Prüflinge 1 mit verdickten, mechanisch bearbeiteten Enden 3, sogenannte Schulterstäbe hergestellt. Der Stabdurchmesser d betrug 75mm, der Durchmesser D der Enden 3 95mm. Die Metallkappen 2 bestanden aus einer Aluminium-Knetlegierung. Die Enden 3 der Stäbe 1 waren am Umfang und stirnseitig nach dem Brand geschliffen und wiesen eine Rauigkeit R_a von 1,3-2,5 μ m auf. Die Rauigkeit R_a der Metallkappen 2 in der Ausnehmung 6 betrug 1,2-1,5 μ m. Der Durchmesser der Ausnehmung 6 war kleiner als der Durchmesser D der Enden 3; ihre Höhe H betrug 65 mm und die Höhe h der Enden 3 60 mm, wodurch sich eine Rinne 7 zwischen Kappe und Stab ausbildet. Die Metallkappen wurden auf 250°C erwärmt, danach auf die Enden der Stäbe gestülpt und auf 25°C abgekühlt, wodurch sich eine Verbindung Metall-Keramik durch Schrumpfen bildet. Je nach Kappenabmessungen resultiert eine Radialspannung in der Keramik, die berechnet werden kann.

Gemäß Figur 1 wurden die Prüflinge einer Zerreißprüfung unterworfen, wobei die Zugkräfte F_z in Pfeilrichtung angreifen. Es ergaben sich Bruchwerte zwischen 190 und 230 kN, was einer Zugfestigkeit des Keramikwerkstoffes von 43-52 N/mm² entspricht. Der Bruch dieser Prüflinge erfolgte immer im Bereich der Rinne 7, d.h. im Bereich des Übergangs vom Strunk 8 zum verdickten Strunkende 3.

Gemäß Figur 2 wurden die Prüflinge einer Biegefestigkeitsprüfung unterzogen, wobei die Biegekräfte F_B in Pfeilrichtung angreifen und der sich in Figur 3 dargestellte Zusammenhang zwischen Radialspannung und Biegefestigkeit ergibt. Die Festigkeitswerte zwischen 50 und 100 N/mm² stammen von Prüflingen, deren Bruchstelle im Bereich der Schulter 5 der Rinne 7 ist. Die nied-

rigen Festigkeitswerte (<20 N/mm²) sind auf Scheibenbrüche innerhalb der Metallkappe 2 zurückzuführen.

Figur 3 zeigt einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Biegefestigkeit und Radialspannung im Bereich der Verbindungsstelle, ohne daß Streuungen auftraten, wie nach dem Stand der Technik beobachtet. Figur 3 zeigt ferner, daß für die technisch interessanten Biegefestigkeiten Radialspannungen benötigt werden, die >40 N/mm² sind. Untersuchungen im Temperaturbereich von -25°C bis + 1 25°C, also einem Temperaturintervall von 150° bestätigten die Reproduzierbarkeit der Meßpunkte in Figur 3, wobei eine Radialspannung von 60N/mm² nicht unterschritten wurde. Damit konnte gezeigt werden, daß aufgeschrumpfte Metallkappen auf die Enden von Hochspannungsisolatoren gemäß den Merkmalen der Erfindung auch im Freien eingesetzt werden können, wo Temperaturdifferenzen in extremen Klimagebieten von bis zu 100°C zu erwarten sind.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Hohlisolator aus Porzellan ist der Strunk 8 mit angeformten Schirmen 4 versehen. Das Ende 3 des Isolierkörpers weist einen größeren Durchmesser D auf als der Durchmesser d des Strunkes 8 auf. Durch Schleifen der äußeren Umfangfläche des Endes 3 und der Stirnseite des Endes 3 wird die Länge des Isolierkörpers auf ein präzises Maß gebracht. Die Metallkappe 2, vorzugsweise aus einer Aluminiumlegierung oder aus Edelstahl bestehend, ist mit radialer Spannung auf dem geschliffenen Ende 3 des Isolierkörpers angeordnet. Die Metallkappe 2 kann mit einem umlaufenden Anschlag 9 versehen werden, der bei der Armierung des Isolierkörpers auf der Stirnfläche des Endes 3 des Isolierkörpers aufliegt. Auf diese Weise wird ein präzises Anschlußmaß des Isolators erreicht. Die Montage der Metallkappen 2 ist sehr einfach. Die aufgeheizten Metallkappen werden einfach auf die Enden des Isolierkörpers aufgesteckt und kühlen dann in einigen Sekunden soweit ab, daß der Isolator sofort gehandhabt werden kann. Nach etwa 30 Minuten kann der Isolator bereits mechanisch geprüft werden, ohne daß ein Setzen der Metallkappen auftritt.

Von großer Bedeutung sind die Rauigkeiten der Fügeflächen des Schrumpfsitzes, da das Abziehen der Kappe in Folge mechanischer Beanspruchung nicht nur von der Radialspannung im Schrumpfsitz abhängt, sondern auch vom Reibbeiwert zwischen den Fügeflächen. Als besonders vorteilhaft hat sich eine Rauigkeit R_a von 1-10 μ m bei der Paarung Aluminium/Porzellan herausgestellt. Von großer Bedeutung bei Hohlisolatoren ist auch die Abdichtung zu Bauteilen, die an dem Hohlisolator aus Porzellan befestigt werden. Es hat sich gezeigt, daß Rauigkeiten der Paarung Aluminium/Porzellan von 1-10 μ m wasser- und gasdicht sind, so daß Dichtungen 10 auch in einer Nut 13 im Flansch 11 der Metallkappe 2 angeordnet werden können (Figur 4). Dichtungen 10 können jedoch auch gemäß Figur 5 auf der Stirnseite des Endes 3 des Isolierkörpers angeordnet werden.

Für den Fügevorgang ist es zweckmäßig wie in Fi-

gur 5 dargestellt, das Ende 3 des Isolierkörpers mit einer Fase 12 von mindestens 1,5 mm Höhe zu versehen, die einen Winkel von 2-45 Grad, insbesondere von 5-30 Grad mit der Isolatorachse einschließt.

Die eingehenden Untersuchungen der Schrumpfverbindung mit dem Isolatorende haben gezeigt, daß unter allen Umständen jegliche Bewegung zwischen dem Isolator und der Metallkappe vermieden werden muß. Um diese Bedingung auch für den Bereich zu erfüllen, wo der Ort der höchsten mechanischen Beanspruchung für den Isolierwerkstoff liegt, nämlich im Übergangsbereich Ende 3 - Strunk 8, ist es zweckmäßig, die Höhe H der Kappe 2 größer zu wählen als die Höhe h des Isolierkörperendes 3. Die sich dabei bildende Rinne 7 kann zur Vermeidung von Wasserlachenbildung mit einem Einkomponentensilikonkautschuk ausgefüllt werden. Silikonkautschuke auf Acetoxy-Essigsäurebasis haften hervorragend auf Aluminium und glasiertem Porzellan.

Die glasierte Rinne 7 bildet wegen ihrer Kerbwirkung bei hoher mechanischer Beanspruchung eine Sollbruchstelle. Da die Lage der Sollbruchstelle vom Überstand der Kappe 2 abhängt, ist es zweckmäßig die Rinne 7 möglichst flach zu gestalten und mit einem Radius am Isolatorstrunk zu versehen.

Die Erfindung wurde am Beispiel des Hohlisolators näher erläutert, weil sie hier am vorteilhaftesten anwendbar ist. Selbstverständlich können Hochspannungsisolatoren gemäß der Erfindung auch als Vollkörper-Stützisolatoren oder als Hängeisolatoren ausgeführt werden. Andere Anwendungen der Erfindung bei Bauteilen höchster Präzision, z.B. bei Schalt- und Betätigungsstangen für elektrische Hochspannungseinrichtungen, sind möglich.

Patentansprüche

1. Rotationssymmetrischer Hochspannungsisolator aus keramischem Werkstoff, bestehend aus einem Strunk (8) mit angeformten Schirmen (4), an dessen Enden (3) Metallkappen (2) durch Schrumpfsitz befestigt sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser (D) der Enden (3) gegenüber dem Strunkdurchmesser (d) um mindestens das 1,05-fache verdickt ausgeführt ist, daß die verdickten Enden (3) zylindrisch und stirnseitig auf eine Rauigkeit R_a von 0,5 bis 30 μm mechanisch bearbeitet sind, daß die Höhe (H) der Kappe (2) größer ist als die Höhe (h) des Endes (3) und daß Radialspannungen $> 40 \text{ N/mm}^2$ im Bereich der Verbindungsstelle zwischen den verdickten Enden (3) und der Kappe (2) auftreten.
2. Hochspannungsisolator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallkappe (2) mit ihrem dem Isolierkörper zugewandten Kappenende das verdickte Isolierkörperende (3) überragt.

3. Hochspannungsisolator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß an den Kappen stirnseitig ein Anschlag (9) vorgesehen ist, der sich auf der Stirnseite des Endes (3) abstützt.
4. Hochspannungsisolator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine glasierte Rinne (7) zwischen Metallkappe (2) und Isolatorstrunk (8) vorgesehen ist.
5. Hochspannungsisolator nach Anspruch 1, 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fase (12) von mindestens 1,5 mm, bevorzugt von 2-5mm Höhe an den Stirnflächen der Enden 3 vorgesehen ist.
6. Hochspannungsisolator nach den Ansprüchen 1, 2, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die verdickten Isolatorenden (3) eine Rauigkeit R_a von 1-10 μm aufweisen.
7. Hochspannungsisolator nach den Ansprüchen 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rinne (7) zwischen Kappe (2) und Isolatorstrunk (8) mit einem Dichtungsmittel ausgefüllt ist.
8. Hochspannungsisolator nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallkappe (2) mit einem Flansch (11) versehen ist, der eine Nut (13) zur Aufnahme einer Dichtung (10) aufweist.
9. Hochspannungsisolator nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallkappen (2) aus Gußaluminium, Aluminium/Knetlegierung, korrosionsbeständigen Stahlwerkstoffen oder Stahl- und Gußwerkstoffen mit korrosionsschützenden Oberflächenbeschichtungen bestehen.

Claims

1. Rotationally symmetrical high-voltage insulator of ceramics material, consisting of a core (8) having integrally moulded sheds (4), to the ends (3) of which core metal caps (2) are secured by means of a shrink fit, characterised in that the diameter (D) of the ends (3) is made at least 1.05 times thicker than the core diameter (d), the thickened ends (3) are mechanically machined cylindrically and on their end faces to a roughness R_a of from 0.5 to 30 μm , the height (H) of the cap (2) is larger than the height (h) of the end (3), and radial stresses $> 40 \text{ N/mm}^2$ occur in the region of the joint between the thickened ends (3) and the cap (2).
2. High-voltage insulator according to claim 1, characterised in that with its inner end on the insulating body the metal cap (2) extends beyond the thick-

ened insulating body end (3) .

3. High-voltage insulator according to claim 1 or 2, characterised in that on the end face of the caps there is provided a stop member (9) which is supported on the end face of the end (3).
4. High-voltage insulator according to claim 1 or 2, characterised in that a glazed groove (7) is provided between metal cap (2) and insulator core (8).
5. High-voltage insulator according to claim 1, 2 or 4, characterised in that a bevel (12) having a height of at least 1.5 mm, preferably of 2-5 mm, is provided at the end faces of the ends (3).
6. High-voltage insulator according to claims 1, 2, 4 or 5, characterised in that the thickened insulator ends (3) have a roughness R_a of from 1-10 μm .
7. High-voltage insulator according to claims 4, 5 or 6, characterised in that the groove (7) between cap (2) and insulator core (8) is filled with a sealing agent.
8. High-voltage insulator according to claims 1 to 7, characterised in that the metal cap (2) is provided with a flange (11) which has a groove (13) for receiving a seal (10).
9. High-voltage insulator according to claims 1 to 8, characterised in that the metal caps (2) consist of cast aluminium, aluminium/wrought alloy, corrosion-resistant steel materials or steel materials and cast materials having corrosion-resistant surface coatings.

Revendications

1. Isolateur pour haute tension symétrique de rotation réalisé en un matériau céramique, comprenant un fût (8) avec des ailettes (4) attenantes, aux extrémités (3) duquel des coiffes métalliques (2) sont fixées par frettage, caractérisé par le fait que le diamètre (D) des extrémités (3) est augmenté de au moins 1,05 fois par rapport au diamètre (d) du fût, par le fait que les extrémités (3) élargies sont cylindriques et sont usinées par voie mécanique coté frontal pour obtenir une rugosité R_a comprise dans une plage allant de 0,5 à 30 μm , par le fait que la hauteur (H) de la coiffe (2) est supérieure à la hauteur (h) de l'extrémité (3) et par le fait que des contraintes radiales $>40\text{N/mm}^2$ apparaissent dans la région du point d'assemblage entre les extrémités élargies (3) et la coiffe (2).
2. Isolateur pour haute tension selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la coiffe métallique (2),

avec son extrémité de coiffe tournée vers le corps isolant, dépasse par rapport à l'extrémité élargie (3).

3. Isolateur pour haute tension selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'une butée (9) est prévue sur la coiffe métallique (2) côté frontal, laquelle butée prend appui sur la face frontale de l'extrémité (3).
4. Isolateur pour haute tension selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'un sillon (7) vitrifié est prévu entre la coiffe métallique (2) et le fût d'isolateur (8).
5. Isolateur pour haute tension selon les revendications 1, 2 ou 4, caractérisé par le fait qu'un chanfrein (12) d'au moins 1,5 mm, de préférence de 2-5 mm de hauteur, est prévu sur les faces frontales des extrémités (3).
6. Isolateur pour haute tension selon les revendications 1, 2, 4 ou 5, caractérisé par le fait que les extrémités élargies (3) de l'isolateur présentent une rugosité R_a de 1-10 μm .
7. Isolateur pour haute tension selon les revendications 4, 5 ou 6, caractérisé par le fait que le sillon (7) entre la coiffe (2) et le fût d'isolateur (8) est rempli avec un produit d'étanchéité.
8. Isolateur pour haute tension selon les revendications 1 à 7, caractérisé par le fait que la coiffe métallique (2) est pourvue d'une bride (11) qui comporte une gorge (13) destinée à recevoir un joint (10).
9. Isolateur pour haute tension selon les revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que les coiffes métalliques (2) sont en aluminium moulé, en alliage corroyé d'aluminium, en acier résistant à la corrosion ou en acier et en fonte pourvus de revêtements de surface anti-corrosion.

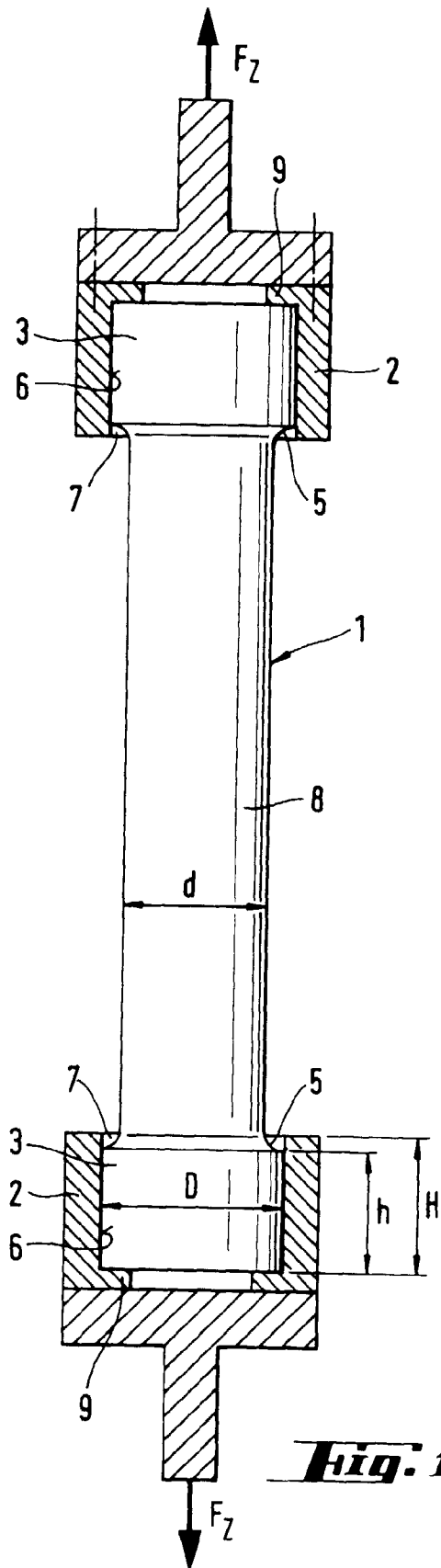


Fig. 1

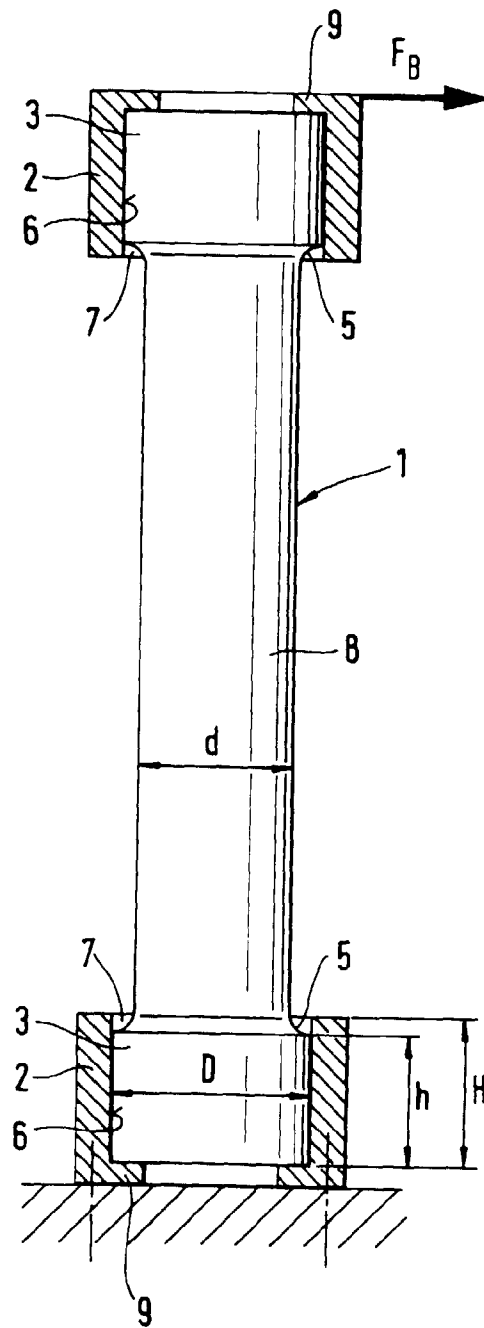


Fig. 2

Fig. 3