

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 051 314
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 81109485.3

(51) Int. Cl.³: G 21 F 9/36

(22) Anmeldetag: 02.11.81

(30) Priorität: 03.11.80 DE 3041220
30.09.81 DE 3138880

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.05.82 Patentblatt 82/19

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

(71) Anmelder: STEAG Kernenergie GmbH
Bismarckstrasse 54
D-4300 Essen(DE)

(72) Erfinder: Bienek, Heinz, Ing.grad.
Mellinghofer Strasse 253
D-4200 Oberhausen(DE)

(72) Erfinder: von Heesen, Wolfgang, Dipl.-Ing.
Filchnerstrasse 7
D-4650 Gelsenkirchen(DE)

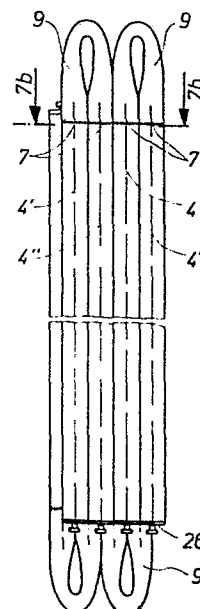
(72) Erfinder: Wick, Wilhelm, Dr.-Ing.
Neckarstrasse 27
D-4300 Essen 18(DE)

(74) Vertreter: Carstens, Wilhelm
c/o STEAG AG Bismarckstrasse 54
D-4300 Essen(DE)

(54) Verfahren zur Längenreduzierung mindestens eines bestrahlten Brennstabs, Umhüllung zur Durchführung des Verfahrens und Anordnung zur Aufnahme eines längenreduzierten Brennstabs.

(57) Zur Längenreduzierung eines bestrahlten Brennstabs ist es bekannt, den Brennstab zunächst in ein gerades Umschließungsrohr (4', 4'', 26) einzubringen und ihn danach zur Reduzierung der Brennstablänge zu verformen, indem das Umschließungsrohr mit darin enthaltenem Brennstab aufgewickelt wird. Dieses Verfahren zur Längenreduzierung führt zu Schwierigkeiten bei der Herstellung der für die Aufnahme der Wickel vorgesehenen Lagerbehälter. Zur Vermeidung dieser Schwierigkeiten wird vorgeschlagen, dem Umschließungsrohr (4', 4'', 26) mindestens ein einen Brennstababschnitt vorgegebener Teillänge hülsenartig überdeckendes, gasdicht mit dem Umschließungsrohr verbundenes und unter Verformung gasdicht verbleibendes Verformungselement (9) zuzuordnen und den Brennstab in dem durch das Verformungselement bestimmten Verformungsbereich um in wesentlichen 180° zu knicken, wobei das Verformungselement entsprechend der Knickung verformt wird und das Umschließungsrohr im wesentlichen Teil (4', 4'') seiner Länge geradlinig verbleibt. Dabei kann das Verformungselement gesondert ausgebildet oder ein einstückiger Bestandteil des Umschließungsrohres sein. Im letzten Fall können Querschnitte von Verformungselement und Umschließungsrohr gleich sein. (Hierzu Figur 7a)

Fig. 7a



EP 0 051 314 A1

1 STAG Kernenergie GmbH
Bismarckstraße 54
4300 Essen

Az.: 506

5 Verfahren zur Längenreduzierung mindestens eines bestrahlten Brennstabs, Umhüllung zur Durchführung des Verfahrens und Anordnung zur Aufnahme eines Längenreduzierten Brennstabs

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Längenreduzierung mindestens eines bestrahlten Brennstabs, bei dem der Brennstab zunächst in ein Umschließungsrohr eingebracht und danach zur Reduzierung der Brennstablänge des Brennstab verformt wird.

15 Zum Zwecke der Zwischenlagerung und/oder der Endlagerung von bestrahlten Kernbrennstoffen ist ein solches Verfahren zur Längenreduzierung der bestrahlten Brennstäbe bekannt (Bericht KfK 3000, 20 Sept. 1980, S. 465-466), um einerseits bestrahlte Kernbrennstoffe in der Lagerstätte leichter handhaben zu können und andererseits als Verpackungsmaterial keramische Werkstoffe einsetzen zu können, die in 25 kleineren Geometrien einfacher und wirtschaftlicher herstellbar sind. Bei dem bekannten Verfahren werden die abgebrannten Brennstäbe einzeln oder zu mehreren in ein abgeplattetes Umschließungsrohr aus Stahl eingebracht und anschließend das Umschließungsrohr gasdicht verschweißt. Vorzugsweise werden in jedes 30 Umschließungsrohr zwei Brennstäbe eingebracht. Die in die metallischen Umschließungsrohre eingeschweißten Brennstäbe werden zur Reduzierung ihrer beispielsweise 4 m betragenden Länge um einen Dorn zu einer Spirale aufgewickelt, dessen Durchmesser von dem kleinsten zulässigen Biegeradius des 35 Umschließungsrohres abhängig ist.

- 1 Beim Aufwickeln zerbricht der vorzugsweise in
Pellet-Form vorliegende Kernbrennstoff zu Bruch-
stücken und die den Kernbrennstoff umhüllenden
Hüllrohre der Brennstäbe reißen auf. Da die Umschlie-
5 Bungsrohre während der durch das Aufwickeln hervorgeru-
fenen Verformung aufgrund der Eigenschaften des
verwendeten Werkstoffes gasdicht bleiben, halten sie
die radioaktiven Stoffe und/oder Gase zurück, die bei
der Verformung des Brennstabs freigesetzt werden. Der
10 Gasdruck des im Brennstab befindlichen Gases beträgt
in einigen Anwendungsfällen rund 80 bar. Der sich nach
Verformung in dem Umhüllungsrohr einstellende
geringere Druck hängt von dem vom Umschließungsrohr
umschlossenen Leervolumen ab. Bei dem bekannten
15 Verfahren zur Längenreduzierung wird zwar die Länge
des einzelnen Brennstabes reduziert, jedoch führt die
Verformung zu Spiralen mit großen Durchmessern, sowie
zu großen Toträumen, die durch das zylindrische
Dornvolumen in der Mitte der aufgewickelten Brennstäbe
20 bestimmt sind. Die großen Außendurchmesser der
aufgewickelten Brennstäbe erschweren den Einsatz von
bestimmten keramischen Verpackungswerkstoffen für
Verpackungen, in die die im Umhüllungsrohr befindli-
chen, verformten Brennstäbe verpackt werden sollen, da
25 sich diese Verpackungen aus den keramischen Werkstof-
fen in den dann erforderlichen Abmessungen nur in
technisch aufwendiger Weise oder gar nicht herstellen
lassen. Hinzukommt, daß die großen Toträume ein
geringes Nutzvolumen der Verpackungen bestimmen.
- 30 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein
Verfahren zur Längenreduzierung anzugeben, das
eine Längenreduzierung der Brennstäbe ermöglicht,
ohne daß beim Einbringen der verformten Brennstäbe
35 in die Verpackungen das Nutzvolumen der Verpackungen
durch unerwünscht große Toträume verringert wird



- 1 und ohne daß die Herstellung der Verpackungen
durch Vorgabe zu großer Abmessungen der Aufnahme-
hohlräume der Verpackungen erschwert wird.
- 5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst,
daß dem Umschließungsrohr mindestens ein einen
Brennstababschnitt vorgegebener Teillänge hülsenartig
überdeckendes, gasdicht mit dem Umschließungsrohr
verbundenes und unter Verformung gasdicht verbleiben-
10 des Verformungselement zugeordnet wird und daß
der Brennstab im durch das Verformungselement
bestimmten Verformungsbereich um im wesentlichen
180° geknickt wird, wobei das Verformungselement
entsprechend der Knickung verformt wird und das
15 Umschließungsrohr im wesentlichen geradlinig
bleibt.

- Durch das oder die gasdicht mit dem Umschließungs-
rohr verbundenen Verformungselemente ist es möglich,
20 den Brennstab immer an einer oder mehreren Stellen
im wesentlichen um 180° soweit zu knicken, daß
die bei Verwendung eines Verformungselements
geradlinig verbleibenden Abschnitte des Umschlie-
bungsrohres paarweise im wesentlichen in Parallellage
25 gebracht werden und nahezu in Anlage aneinander
kommen.

- Bei dieser Knickverformung wird kein großer Totraum
aufgebaut; die Aufnahmhohlräume der Verpackungen
30 können mit kleinen Durchmessern realisiert werden.

- Der Brennstab wird entweder beim Knicken zerteilt
oder er wird vor dem Knicken zumindest teilweise
zerteilt. Bevorzugte Ausführungsform der teilweisen
35 Zerteilung ist in der Abflachung des Verformungs-
elements und des Brennstabs vor dem Knicken im
Verformungsbereich zu sehen. Diese Vorverformung

- 1 des Verformungselements erfolgt vorzugsweise durch
Walzen oder Pressen.

- Bei einer besonders bevorzugten Verfahrensführung
5 wird das Umschließungsrohr über im wesentlichen
seine gesamte Länge mit einer konstanten und eine
gasdichte Knickverformung sichernde Querschnittskon-
figuration ausgelegt und werden der Brennstab
und das Umhüllungsrohr in einen als Verformungsele-
10 ment dienenden, vorbestimmten Längenabschnitt
geknickt. Bei dieser Verfahrensführung wird zwar
wie bei den bekannten Verfahren ein Umhüllungsrohr
verwendet, das im wesentlichen über seine gesamte
Länge eine konstante Querschnittskonfiguration
15 aufweist, jedoch erfolgt mindestens eine Knickung
um im wesentlichen 180° derart, daß geradlinig
verbleibende Umschließungsrohrabschnitte in Anlage
aneinander kommen. Als Material für ein solches
Umhüllungsrohr mit integrierter Knickverformbarkeit
20 wird vorzugsweise austenitischer Stahl verwendet.

- Ausgehend von der bekannten Umhüllung für mindestens
einen bestrahlten Brennstab mit einem den Brennstab
umschließenden Umschließungsrohr ist die Erfindung
25 auch auf eine Umhüllung zur Durchführung des erfin-
dungsgemäßen Verfahrens gerichtet.

- Die Umhüllung ist erfindungsgemäß dadurch gekenn-
zeichnet, daß dem Umschließungsrohr mindestens
30 ein Verformungselement zugeordnet ist, das einen
Brennstababschnitt vorgegebener Teillänge hülsenar-
tig überdeckt, gasdicht mit dem Umschließungsrohr
verbunden ist und bei Knickung des Brennstabs
gasdicht bleibt. Das Verformungselement kann auf
35 verschiedene Weise verwirklicht werden. Vorzugs-
weise ist das Verformungselement auf das Umschlie-
bungsrohr aufgeschoben und gasdicht mit diesem
verbunden. Das Verformungselement kann mit dem

- 1 Umschließungsrohr z.B. verschweißt, verlötet oder
verklebt sein. Die Verbindung kann über die gesamte
axiale Länge des Verformungselements aufgebaut
werden oder nur an dessen Endbereichen ausgebildet
5 sein.

- Es kann aber auch zweckmäßig sein, daß das Verfor-
mungselement zwischen Teilstücken des Umschließungs-
rohres angeordnet und gasdicht mit den zugewandten
10 Enden des Umschließungsrohres verbunden ist. Auch
hier eignen sich die oben genannten Verbindungs-
techniken. Selbstverständlich muß sichergestellt
sein, daß die Verbindungen bei der Knickung gasdicht
bleiben. Schließlich ist die Möglichkeit gegeben,
15 das Verformungselement einstückig mit dem Umhüllungs-
rohr auszubilden.

- Das Verformungselement kann so gestaltet sein,
daß es bei der mechanischen Knickung durch die
20 von außen aufgebrachten Kräfte plastisch oder
elastisch oder plastisch-elastisch verformt wird.

- Bei einstückiger Ausbildung des Verformungselements
mit dem Umhüllungsrohr - aber auch bei gesonderter
25 Fertigung des Verformungselements - kann das Verfor-
mungselement im Bereich größerer Materialstreckung
eine größere Wandstärke als im Bereich kleinerer
Materialstreckung aufweisen.

- 30 Bei einstückiger Ausbildung des Verformungselements
mit dem Umhüllungsrohr gelangt man zu einer beson-
ders zweckmäßigen und einfach herzustellenden
Umhüllung, wenn das Verformungselement eine über
seine Länge konstante und eine gasdichte Knickver-
35 formung sichernde Querschnittskonfiguration aufweist
und die Querschnittskonfiguration des Umhüllungsroh-
res gleich der des Verformungselements ist, d.h.,
die Querschnittskonfiguration des Umhüllungsrohres

1 entspricht im wesentlichen über die gesamte Länge
des Umhüllungsrohrs einer eine gasdichte Knickverfor-
mung um 180° sichernden Querschnittskonfiguration.

5 Weitere auf die Umhüllung gerichtete Unteransprüche
betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen der erfin-
dungsgemäßen Umhüllung.

Das erfindungsgemäße Verfahren und verschiedene
Ausführungsformen der Umhüllung sollen nun anhand
10 der beigefügten Figuren genauer beschrieben werden.

Es zeigt:

Figur 1) Die erste Ausführungsform der Umhüllung
mit einem auf das Umhüllungsrohr aufgeschobenen
15 und plastisch verformbaren Verformungselement,
Figur 2) Die zweite Ausführungsform mit einem
in das Umhüllungsrohr eingeschalteten plastisch
verformbaren Verformungselement, das vor Knickung
vorgeformt wird,
20 Figur 3) Die dritte Ausführungsform in Form eines
in das Umschließungsrohr eingeschalteten Verfor-
mungselement mit einem mindest teilweise elastisch
verformbaren Kompensator,
Figur 4) Eine weitere Ausführungsform mit elasti-
25 schem Kompensator,
Figur 5) Eine Ausführungsform mit elastischem
Kompensator und einem Trennkeil zum mindestens
teilweisen Zerteilen des Brennstabs vor Durchfüh-
rung des Knickvorgangs,
30 Figur 6) Drei jeweils in einer Knickstelle geknickte
Umhüllungsrohre gemäß Figur 4) in Lageranordnung,
Figur 7) Vier jeweils in einer Knickstelle geknickte
Umhüllungsrohre gemäß Figur 2 in Lageranordnung,
Figur 8) Ein zweifach geknicktes Umhüllungsrohr
35 gemäß Figur 2 und,
Figur 9) Ein in einer gegenüber Figur 8 abweichen-
den Weise geknicktes Umhüllungsrohr gemäß Figur 2

- 1 das sich insbesondere zur kreisringartigen Lageranordnung der Brennstäbe eignet.

In der Figur 1a ist ein Schnitt eines Brennstabs 1
5 dargestellt, der üblicherweise aus einem Hüllrohr 2 und in das Hüllrohr eingebrachtem Brennstoff 3 in Form von Brennstoffpellets besteht, wie in der Figur 1a unten angedeutet ist. In den nachfolgenden Figuren 2-9 ist der Brennstab 1 als einheitlich massive Stan-
10 ge dargestellt, um das Verständnis der eigentlichen Erfindung zu erleichtern. Der Brennstab 1 ist in ein Umschließungsrohr 4 eingebracht, dessen Enden gasdicht verschlossen sind.

- 15 Auf das Umschließungsrohr 4 ist ein Verformungselement 5 aufgeschoben und mit der Oberfläche des Umschließungsrohrs durch an den Enden des Verformungselements angelegte Verschweißungen 7 gasdicht verbunden. Obwohl in manchen Fällen eine Ausgestaltung des Verformungs-
20 elements als Rohrabschnitt möglich ist, ist bei der bevorzugten Ausführungsform gemäß Figur 1 das Verformungselement im Bereich der größeren Materialstreckung während des Knickens mit einer dickeren Außenwand versehen als im Bereich kleinerer Materialstreckung,
25 so daß nach Knickung eine Mindestwandstärke im Bereich größerer Materialstreckung vorhanden ist. Zusätzlich ist das Verformungselement 5 in der in der Figur 1a gezeigten Weise gewölbt ausgebildet, so daß zwischen Verformungselement 5 und dem Umschließungsrohr 4 ein
30 Hohlraum 6 entsteht, wodurch die notwendige Längendehnung des Materials verringert wird.

- Zur Durchführung der Verformung wird das Umschließungsrohr 4 gemäß Figur 1a etwa in der Mitte des Verformungselements 5 auf einen in der Figur 1c im
35 Schnitt dargestellten Dorn 8 aufgelegt und über diesen Dorn geringen Durchmessers soweit geknickt, daß die beiden Schenkel 4' u. 4'' des Umschließungsrohres parallel aneinander anliegen. Der nach Herausziehen

- 1 des Verformungsdorns verbleibende Totraum ist im Ver-
gleich zum Volumen des Umschließungsrohres vernach-
lässigbar klein. Die aus der Figur 1b ersichtliche
Formgebung des Verformungselements 5 in der Ebene
5 senkrecht zur Achse der eingebrachten Brennstäbe 1
und 1', die von einem Kreisquerschnitt abweicht, sorgt
dafür, daß in der höchstbeanspruchten Knickebene die
plastische Materialverformung auf ein Mindestmaß be-
grenzt und Anrisse, wie sie z.B. bei der Knickung
10 runder Rohrquerschnitte auftreten, vermieden werden.

- Bei der in der Figur 2 gezeigten Ausführungsform ist
das Verformungselement 9 zwischen Stücken 4'u.4''
des Umschließungsrohres 4 angeordnet und durch Schwei-
15 bungen 7 gasdicht mit den zugewandten Enden der beiden
Teilstücke des Umschließungsrohres verbunden. Das
noch nicht verformte Verformungselement 9 weist den
in der Figur 2c dargestellten Querschnitt auf. Zur
Durchführung der mechanischen Knickung wird das Ver-
20 formungselement 9 mittels zweier Walzen 10 u. 10'
in der in der Figur 2a gezeigten Weise im Bereich
der Knickstelle mit dem eingeschlossenen Brennstab
verformt, wobei das Hüllrohr und die Struktur des
keramischen Brennstoffes im Hüllrohr zerstört werden.
25 Die Querschnittsänderung durch die beiden Walzen 10
u. 10' erfolgt so, daß die für das Knicken zu dehnende
Faser zur neutralen Faser hin verschoben wird in der
Art, daß beim Knickvorgang die Längendehnung der Faser
minimal ist.
30 Eine Querschnittsänderung des Verformungselements
kann z.B. auch durch Pressen erfolgen. Es kommt nur
darauf an, die zu dehnenden Fasern zur neutralen Faser
hin zu verschieben.
- 35 Um das Verformungselement vor evtl. aus dem Hüllrohr 2
austretenden Bruchstücken des zerbrochenen keramischen
Brennstoffes zu schützen, können auf der Innenfläche
des Verformungselements 9 Schutzplatten 11 und 12

1 in der in der Figur 2e gezeigten Anordnung vorgesehen
werden, die bei Änderung des Querschnitts durch von
außen aufgebrachte Kräfte eine Berührung von Brenn-
stoffkörpern unter dem Verformungsdruck mit dem Verfor-
5 mungselement verhindern.

Die beschriebene Vorverformung kann selbstverständ-
lich auch bei einem einstückig mit dem Umhüllungsrohr
ausgebildeten Verformungselement durchgeführt werden;
10 aber auch bei einem Umhüllungsrohr, dessen Querschnitt-
konfiguration über seine gesamte Länge an den bzw.
die Knickvorgänge angepaßt ist.

Bei den beiden bisher beschriebenen Ausführungsformen
15 der erfindungsgemäßen Umhüllung tritt im wesentlichen
beim Knickvorgang plastische Verformung auf. Bei der
in der Figur 3 gezeigten Ausführungsform tritt auch
eine teilweise elastische Verformung des Verformungs-
elements auf. Das Verformungselement 13 besteht aus
20 einer durch Schweißungen 7 mit zwei Teilstücken 4'
u. 4'' des Umhüllungsrohrs verbundenen Hülse 14 mit
einer etwa mittig gelegenen Sollbruchstelle 14a und
einem mit der Hülse gasdicht verbundenen und die Soll-
bruchstelle umschließenden Kompensator 15, der zur
25 Kennzeichnung der Sollbruchstelle 14a eine Einsenkung
oder andere Markierung 15a aufweist. Bei der in der
Figur 3a gezeigten Ausführungsform sind die Enden
des Kompensators 15 durch Schweißungen 16 mit der
Sollbruchhülse 14 verbunden. Selbstverständlich können
30 hier auch andere gasdichte Verbindungstechniken verwen-
det werden. Der Kompensator besteht aus einem bei
dem Knickvorgang einer plastischen Verformung unterlie-
genden Abschnitt 15b und einem beim Knickvorgang im
wesentlichen einer elastischen Verformung unterliegen-
35 den Abschnitt 15c. Bei der gezeigten Ausführungsform
sind die beiden Abschnitte 15b und 15c des Kompensa-
tors 15 einstückig miteinander ausgebildet.

1 Beim Knicken wird das Verformungselement 13 im
Bereich der Einsenkung 15a auf eine gestrichelt
dargestellte Knickkante 8' aufgelegt und um diese
geknickt. Dabei wird der Brennstab durch die verstärk-
5 ten Teilstücke der Sollbruchhülse 14 an der Sollbruch-
stelle 14a geteilt. Bei plastisch-elastischer
Verformung aus der Lage gemäß Figur 3a in die Lage
gemäß Figur 3c sorgt der Kompensator 15 dafür, daß
die Knickstelle gegen Gasaustritt gesichert wird. Der
10 infolge des größeren Durchmessers der beiden Abschnit-
te 4'u.4'' des Umschließungsrohres auftretende etwa
größere Totraum ist immer noch vernachlässigbar klein
und kann durch entsprechende Werkstoffauswahl für die
Sollbruchhülse verkleinert werden, indem die Wandstär-
15 ke verringert wird.

Bei der in der Figur 4 gezeigten Ausführungsform
der Umhüllung weist das Verformungselement 17
zwei einander coaxial gegenüberstehende Hülsen
18 und 19 auf. In Ausnehmungen an den einander
20 gegenüberstehenden Enden sind Scherringe 20 bzw. 21
eingebracht, die Scherschneiden 20a, 21a bestimmen.
Mit den beiden einander gegenüberstehenden Hülsen
18 und 19 ist in vergleichbarer Weise wie in der
Figur 3 ein elastisch verformbarer Kompensator
25 22 verbunden.

Zur Einleitung der Längenreduzierung werden zunächst
die beiden Scherhülsen derart gegeneinander verscho-
ben, daß der Brennstab zerteilt wird (vgl. Figur 4b),
30 werden die beiden Teilstücke voneinander entfernt
(vgl. Figur 4c) und geknickt, bis sie die in der
Figur 4d gezeigte Lage annehmen. Aus der vorstehenden
Beschreibung der Ausführungsform gemäß Figur 4
geht hervor, daß in den Ansprüchen und in der
35 Beschreibung unter dem Begriff "Knicken" auch
ein solcher Vorgang verstanden wird, bei dem bei
Durchführung der 180°-Schwenkbewegung die beiden

- 1 Brennstababschnitte nicht mehr miteinander in Verbindung stehen.
Bei der Ausführungsform gemäß Figur 5 wird ein Verformungselement 23 angewendet, das ebenfalls
5 über Schweißungen 7 mit Teilstücken 4' bzw. 4'' des Umhüllungsrohres 4 verbunden ist. Das Verformungselement 23 weist hier die Form eines Kompensators auf, der dem Kompensator gemäß Figur 3 vergleichbar ist und somit auch aus zwei Abschnitten 23a
10 und 23b besteht, wobei der Abschnitt 23b im wesentlichen plastisch verformbar ist wie der Übergang von Figur 5a zu 5c deutlich zeigt. Wie bei der Ausführungsform gemäß Figur 3 können die beiden Kompensatorabschnitte einstückig miteinander oder
15 getrennt voneinander ausgebildet sein, wobei im letzteren Fall beide Abschnitte natürlich in geeigneter Weise (z.B. Verschweißung) miteinander verbunden sein müssen.
- 20 Dem im wesentlichen elastisch verformbaren Abschnitt 23b ist ein Abschnitt 23c in der in der Figur 3 gezeigten Weise zugeordnet, der einen nach innen gerichteten geraden Trennkeil 24 trägt (vgl. Figur 5d). Anstelle des geraden Trennkeils
25 kann auch ein sichelförmiger Trennkeil verwendet werden.
- Auf den dem Trennkeil gegenüberliegenden Flächenabschnitt 23a des Verformungselements 23 ist ein
30 Trennkeilwiderlager 23d ausgebildet, auf dem der Brennstab abgestützt wird.
- Zur Einleitung des Knickvorganges wird der Trennkeil 24 durch einen von außen auf den Kompensator
35 einwirkenden Stempel 25 belastet, so daß er in das Hüllrohr 2 des Brennstabes und in den Brennstoff 3 des Brennstabes 1 gedrückt wird. Dadurch wird der Brennstab völlig zerteilt oder

- 1 an der vorgesehenen Knickstelle so geschwächt,
daß er bei dem anschließenden Knicken zerteilt
wird. Auch hier gewährleistet der Kompensator
23 eine gasdichte Umschließung der Knickstelle
5 während des Trenn- und Knickvorganges.

Bei den Ausführungsformen gemäß Figuren 3 und
4 können die Hülsen 14 bzw. 18 und 19 auch einstückig
mit dem Umhüllungsrohr 4 ausgebildet werden.

10

Bei der Figur 3 kann auch ein Kompensator in Form
eines gewellten Metallschlauchs Verwendung finden,
wie ihn der Kompensator gemäß Figur 4 aufweist.

- 15 Bei Verwendung eines Kompensators kann der Kompen-
sator als Ganzes oder dessen elastisch verformbare
Abschnitt zur Aufprägung der elastischen Verform-
barkeit balgenartig vorgeformt werden.

- 20 Für das Erreichen elastischen Formverhaltens eignen
sich insbesondere Stähle. Für die plastisch verform-
baren Verformungselemente oder Abschnitte dersel-
ben werden zähe metallische Werkstoffe verwendet,
die ein hohes Bruchdehnungsverhalten zeigen.

25

Die Figur 6a zeigt drei durch jeweils eine Knickstel-
le verformte Umhüllungsrohre der Ausführungsform
gemäß Figur 4. Die freien Enden der beiden Teil-
stücke 4'u.4'' sind jeweils durch einen Verschluß-
30 deckel 26 verschlossen, der mit dem zugeordneten
Teilstück gasdicht verbunden ist, z.B. verschweißt
ist. Auf der freien Stirnfläche des Deckels ist
ein Ansatz für einen Manipulator vorgesehen. Die
durch die eine Knickstelle in ihrer Länge reduzier-

35

ten Brennstäbe sind in U-Form gebracht worden.
Beim Packen der Brennstäbe können diese schicht-
weise in der in den Figuren 6a u. 6b gezeigten
Weise gepackt werden. Die Verformungselemente 22

- 1 der einzelnen Schichten liegen jeweils auf einer
Seite der Schicht, während die geradlinigen
Teilstücke 4'u.4'' der einen Schicht die Teilstücke
der anderen Schicht in der aus der Figur 6 ables-
5 baren Weise berühren, wobei die karo-förmigen
Zwickel zwischen den Rohrstücken verbleiben,
die jedoch im Vergleich zu dem Volumen der Umhül-
lungsrohre einen sehr kleinen Totraum darstellen.
- 10 In den Figuren 7a und 7b wird eine Lageranord-
nung beschrieben, wie sie mit einfach geknickten
Brennstäben gemäß Figur 2 erreichbar ist. Wie
aus dem Schnitt gemäß Figur 7b ersichtlich ist,
wird eine im Schnitt hexagonale Packungsdichte
15 erreicht. Die Zwickel sind nur noch dreieckförmig.
Auch bei dieser Anordnung liegen die Verformungs-
elemente einer Schicht auf ein und derselben
Seite der Schicht.
- 20 In der Figur 8a ist die Seitenansicht eines
zweifach geknickten Umhüllungsrohrs 4 gemäß
Figur 2 dargestellt. In dem Umhüllungsrohr sind
also zwei Verformungselemente 9 eingeschweißt,
so daß dieses aus den Teilstücken 4', 4''u.4'''
25 besteht. Die Verformungselemente 9 sind jeweils
so gewalzt worden, daß die Knickrichtungen nicht
identisch sind, sondern so ausgerichtet sind, daß
beim Knicken die aus der Figur 8b ablesbare
Konfiguration erreichbar ist, bei der die Schnitt-
30 punkte der Achsen der drei Teilstücke 4', 4''u.4'''
mit einer zu ihnen senkrechten Ebene im wesentli-
chen ein gleichseitiges Dreieck definieren. Mit so
geknickten Brennstäben kann ebenfalls eine im
wesentlichen hexagonale Packungskonfiguration
35 erreicht werden.

Die Figur 9 zeigt ein zweifach geknicktes Umhül-

- 1 lungsrohr, in das zwei Verformungselemente 9
gemäß Figur 2 eingeschaltet sind. Die Verformungs-
elemente 9 sind so gewalzt, daß die aus der
Figur 9b ablesbare Lageranordnung erreichbar
5 ist, bei der die geknickten Brennstäbe kreisring-
artig angeordnet werden können. In dem innerhalb
der aus solchen geknickten Brennelementen aufgebau-
ten Kreisringen verbleibenden zylinderartigen
Freiraum können z.B. Stäbe eingebracht werden,
10 die gemäß Figur 8 geknickt sind, so daß auch
hier eine im wesentlichen hexagonale Packungs-
dichte erreichbar ist.

- Die in den Figuren 6-9 dargestellten Lageranord-
15 nungen können auch mit den anderen Verformungsele-
menten erreicht werden. Bei Konfigurationen
mit mehreren Knickstellen müssen die gesondert
oder einstückig ausgebildeten Verformungselemente
mit vorgeprägter Knickrichtung natürlich in
20 vorgegebener Weise beim Aufbringen auf das Umschlie-
bungsrohr, beim Einschalten in das Umschließungs-
rohr oder beim Ausbilden im Umhüllungsrohr ausge-
richtet werden. Bei Verwendung eines entsprechend
dickwandigen und keine vorgeprägte Knickrichtung
25 aufweisenden Verformungselements bzw. Abschnitts im
Umhüllungsrohr, braucht eine solche Ausrichtung
nicht berücksichtigt zu werden. Jedoch besitzen die
Verformungselemente vorzugsweise eine aufgeprägte
Knickrichtung.

- 30 Das Knicken der Brennstäbe in einer Umhüllung
mit integrierter Knickverformbarkeit ermöglicht
die Verpackung der umhüllten Brennstäbe in Behälter
derart, daß in dem Behälter im wesentlichen
35 kein Totraum mehr vorhanden ist, da im wesentlichen
im Querschnitt senkrecht zu den geradlinig ver-
bleibenden Teilstücken der Brennstäbe eine hexagona-

- 1 Packungsdichte erzielt werden kann. Auf diese Weise können Keramikbehälter mit kleinen inneren Abmessungen verwendet werden.

5

10

15

20

25

30

35

1 STFAG Kernenergie GmbH
Bismarckstraße 54
4300 Essen

Az.: 504

5 Stichwort: Geknickter Brennstab

Verfahren zur Längenreduzierung mindestens eines
bestrahlten Brennstabs, Umhüllung zur Durchführung des
Verfahrens und Anordnung zur Aufnahme eines längenredu-
10 zierten Brennstabs

- 1) Verfahren zur Längenreduzierung mindestens
eines bestrahlten Brennstabs,
bei dem der Brennstab zunächst in ein gerades
15 Umschließungsrohr eingebracht und danach zur
Reduzierung der Brennstablänge der Brennstab
verformt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
dem Umschließungsrohr mindestens ein einen
Brennstababschnitt vorgegebener Teillänge
20 hülsenartig überdeckendes, gasdicht mit dem
Umschließungsrohr verbundenes und unter Verfor-
mung gasdicht verbleibendes Verformungselement
zugeordnet wird und
daß der Brennstab in dem durch das Verformungs-
25 element bestimmten Verformungsbereich um im
wesentlichen 180° geknickt wird, wobei das
Verformungselement entsprechend der Knickung
verformt wird und das Umschließungsrohr im
wesentlichen Teil seiner Länge geradlinig
30 verbleibt.
- 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß der Brennstab vor dem Knicken zumindest
teilweise zerteilt wird.
- 35
- 3) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß der Brennstab beim Knicken zerteilt
wird.

- 1 4) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, daß das Verformungselement
und der Brennstab vor dem Knicken im Verfor-
mungsbereich abgeflacht wird.
- 5 5) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4,
dadurch gekennzeichnet, daß das Umschließungs-
rohr über im wesentlichen seine gesamte Länge
mit einer konstanten und eine gasdichte Knick-
10 verformung sichernde Querschnittskonfiguration
ausgelegt wird und der Brennstab und das Umhül-
lungsrohr in einen als Verformungselement
dienenden, vorbestimmten Längenabschnitt geknickt
werden.
- 15 6) Umhüllung für mindestens einen bestrahlten
Brennstab mit einem den Brennstab umschließenden
Umschließungsrohr zur Durchführung des Verfahrens
nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch
20 gekennzeichnet,
daß dem Umschließungsrohr (4) mindestens ein
Verformungselement (5;9;13;18;23) zugeordnet ist,
das einen Brennstababschnitt vorgegebener
Teillänge hülsenartig überdeckt, gasdicht
25 (7,16) mit dem Umschließungsrohr (4) verbunden
ist und bei Knickung des Brennstabs gasdicht
verbleibt.
- 30 7) Umhüllung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß das Verformungselement (5) auf das Umschlie-
bungsrohr (4) aufgeschoben und gasdicht mit
diesem verbunden ist.
- 35 8) Umhüllung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß das Verformungselement (9;13;17;23) zwischen
Teilstücken (4'/4'') des Umschließungsrohres (4)
angeordnet und gasdicht mit den zugewandten
Enden der beiden Teilstücke des Umschließungs-



- 1 rohr verbunden ist.
- 9) Umhüllung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß das Verformungselement einstückig mit dem
5 Umhüllungsrohr ausgebildet ist.
- 10) Umhüllung nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungsele-
ment (5;9) aus einem plastisch verformbaren,
10 zähen Werkstoff hergestellt ist.
- 11) Umhüllung nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt
des Verformungselements (5;9;13;17;23) im
15 wesentlichen längs der gesamten axialen Länge
des hülsenartigen Verformungselements von
der Kreisform abweicht.
- 12) Umhüllung nach Anspruch 6 bis 10, dadurch
20 gekennzeichnet, daß zwischen dem Verformungsele-
ment und dem Brennstab (1) mindestens eine
Stützplatte (11,12) angeordnet ist.
- 13) Umhüllung nach einem der Ansprüche 6 bis 12,
25 dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungselement
(5) im Bereich größerer Materialstreckung
eine größere Wandstärke als im Bereich kleinerer
Materialstreckung aufweist.
- 14) Umhüllung nach einem der Ansprüche 6 bis 12,
30 dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungselement
eine über seine Länge konstante, eine gasdichte
Knickverformung sichernde Querschnittskonfigura-
tion aufweist und die Querschnittskonfiguration
35 des Umhüllungsrohres gleich der des Verformungs-
elements ist.
- 15) Umhüllung nach einem der Ansprüche 6 bis 13,



1 dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungselement (5) im Bereich größerer Materialstreckung von der Achse des Brennstabs unter Ausbildung eines Hohlraums (6) nach außen gewölbt ist.

5

16) Umhüllung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungselement (13;17;23) zumindest teilweise elastisch verformbar ist.

10

17) Umhüllung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Verformungselement (13) aus einer ein- oder mehrteiligen Hülse (14;18,19) und einem mit der Hülse gasdicht verbundenen und die Sollbruchstelle umschließenden Kompensator (15;22) besteht.

15

18) Anordnung zur Aufnahme mindestens eines abgebrannten Brennstabs mit einem Behälter einschließlic einer Ausnehmung zur Aufnahme des in eine Umhüllung eingebrachten Brennstabs, dadurch gekennzeichnet, daß in den Behälter ein im Umhüllungsrohr geknickter Brennstab eingebracht ist.

25

BAD ORIGINAL

30

35

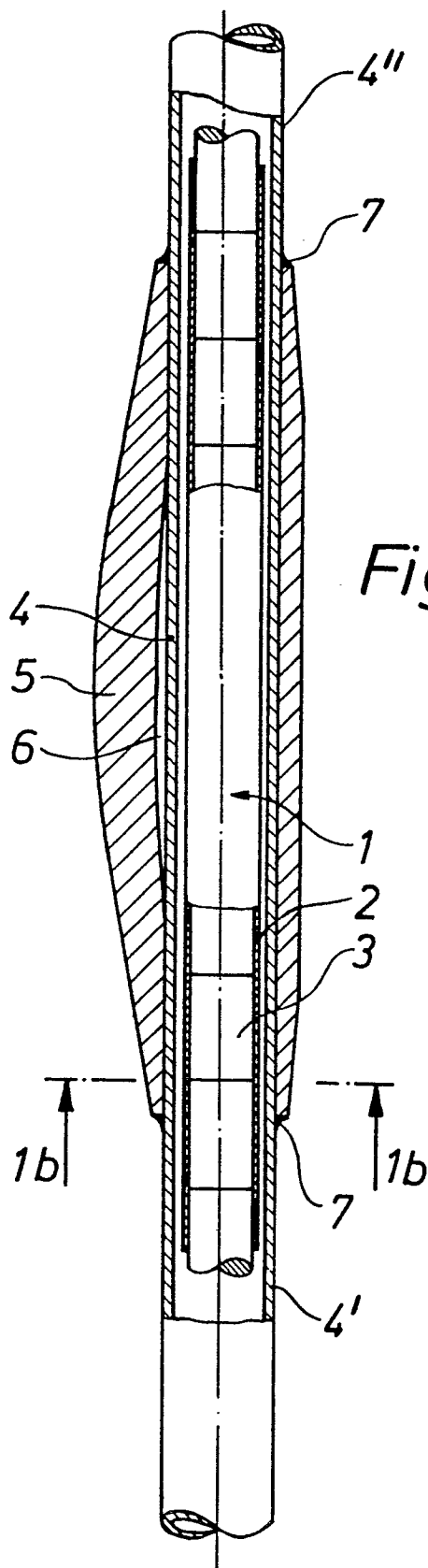


Fig. 1a

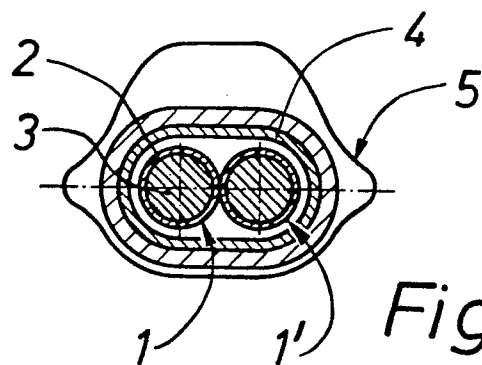


Fig. 1b

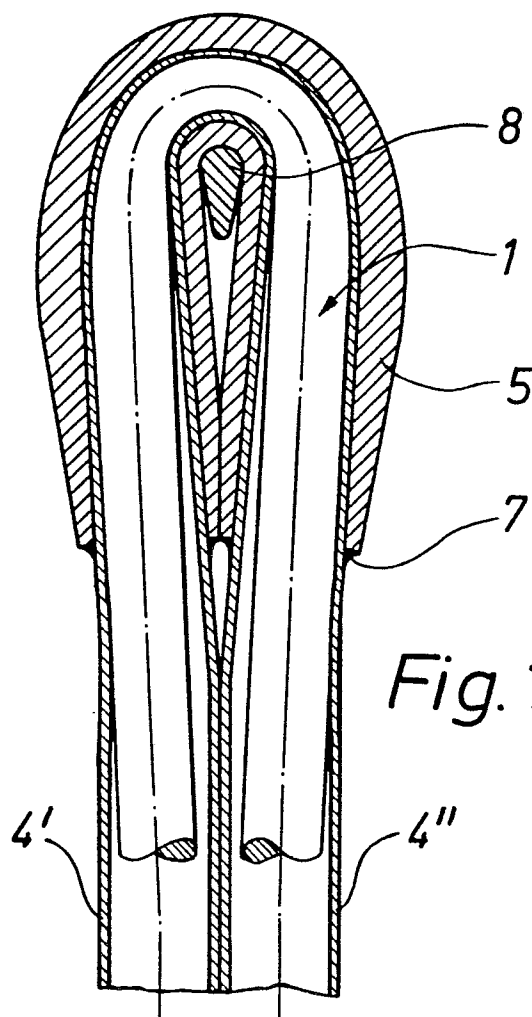
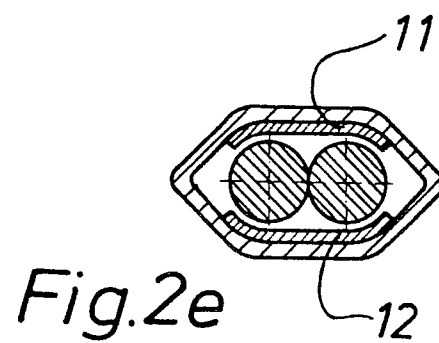
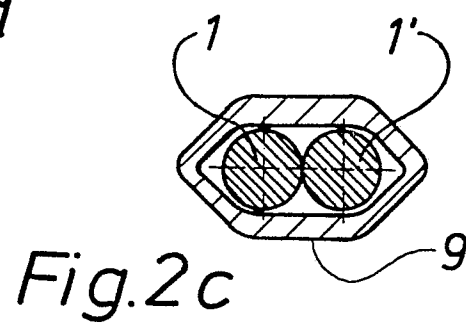
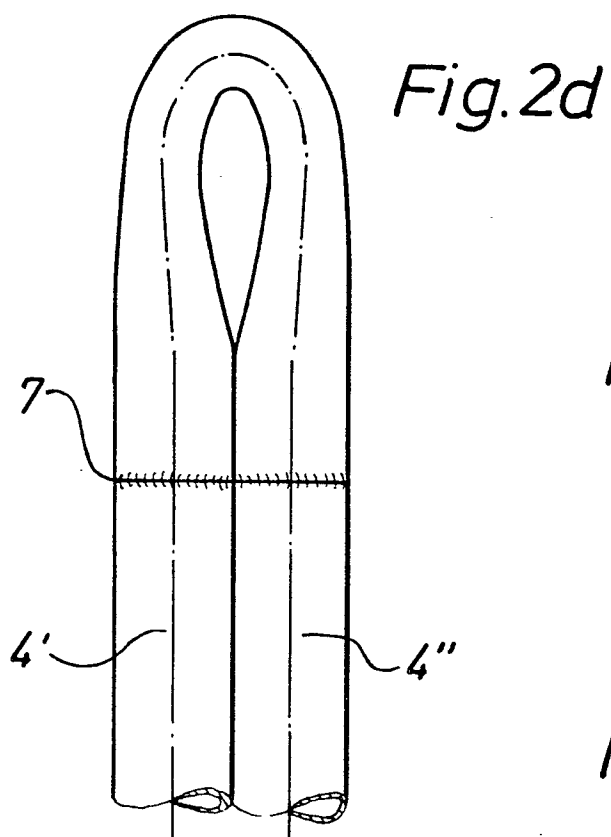
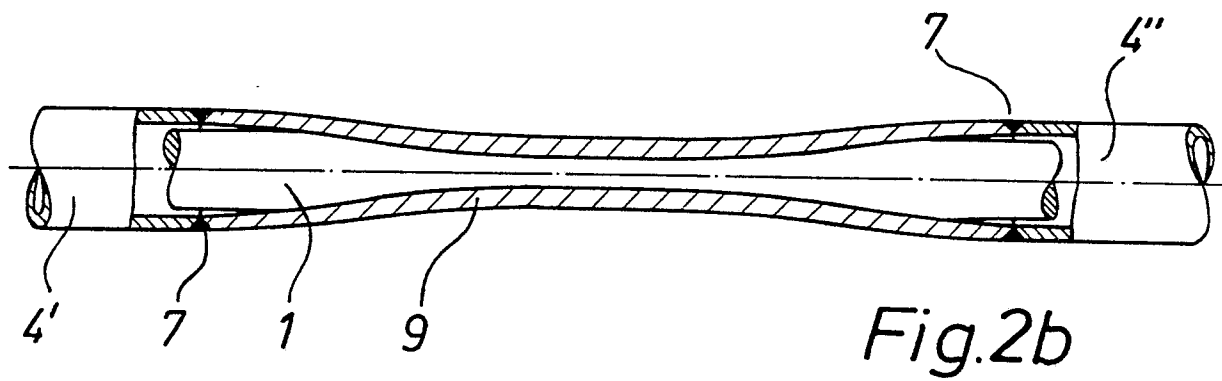
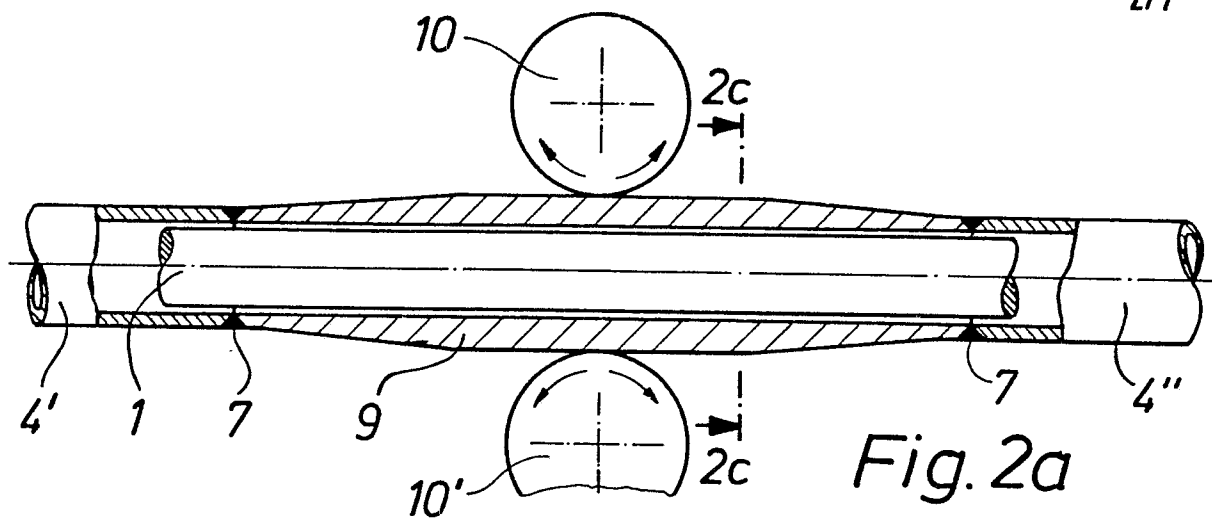
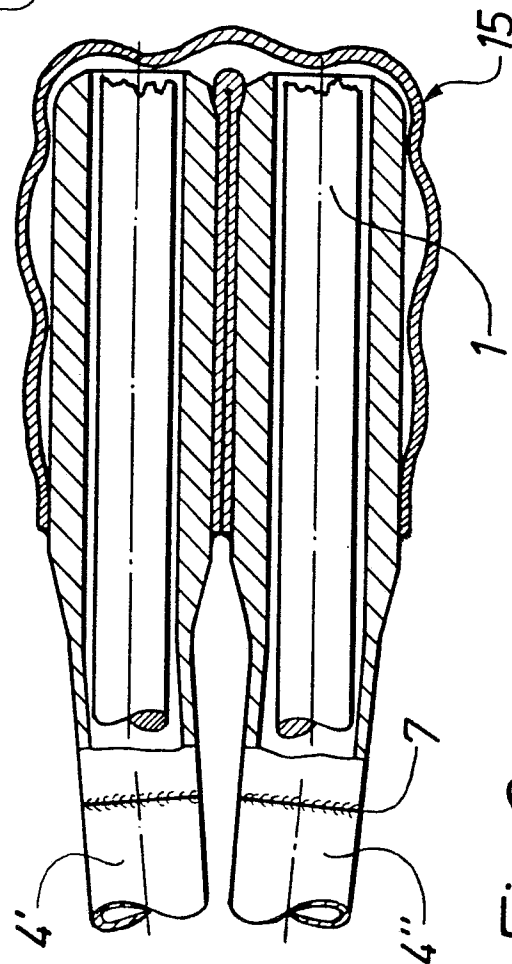
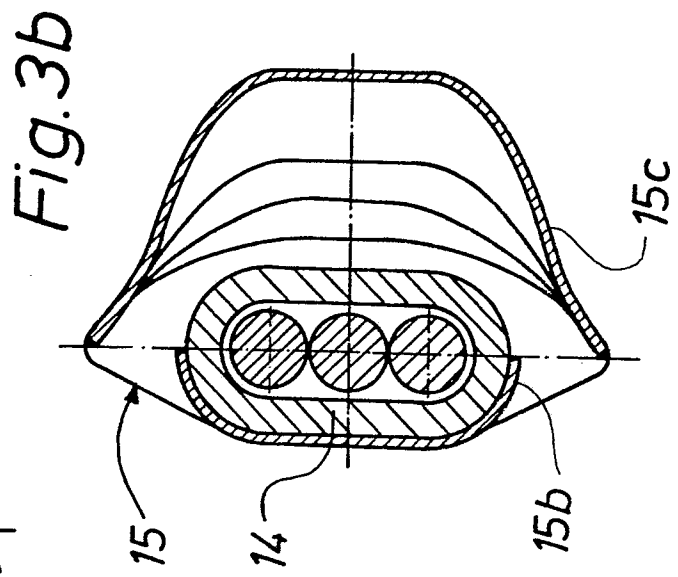
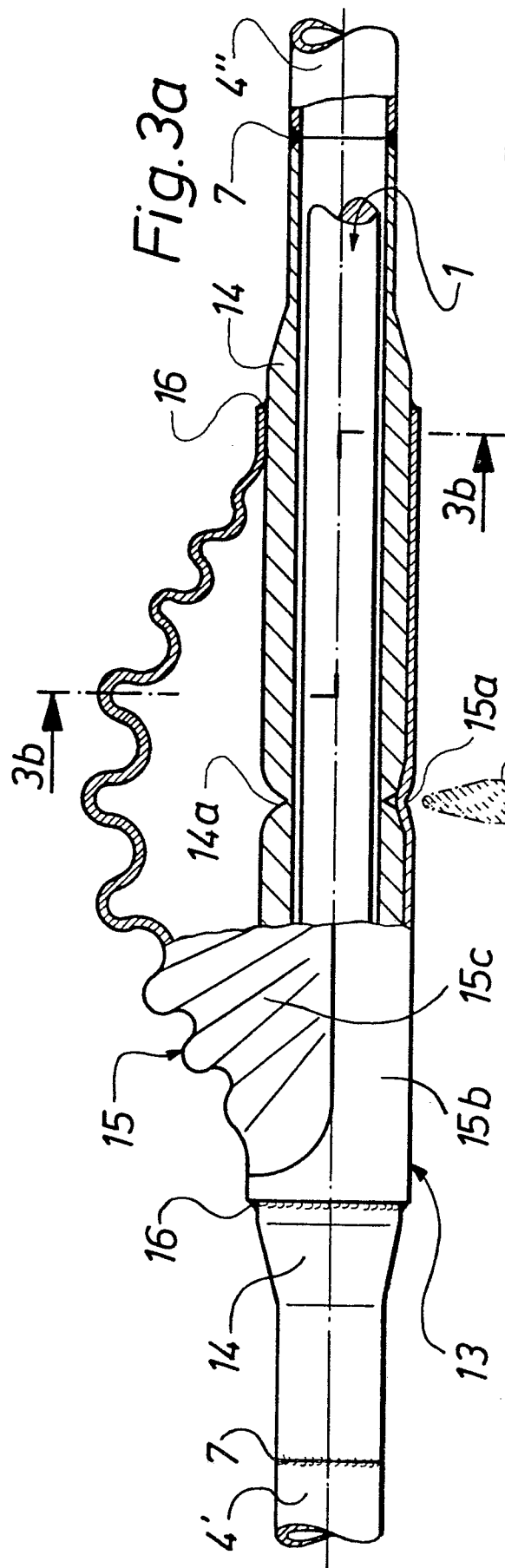
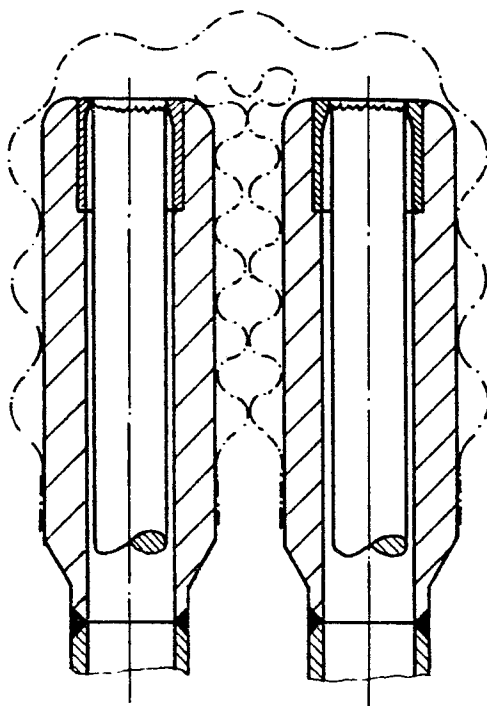
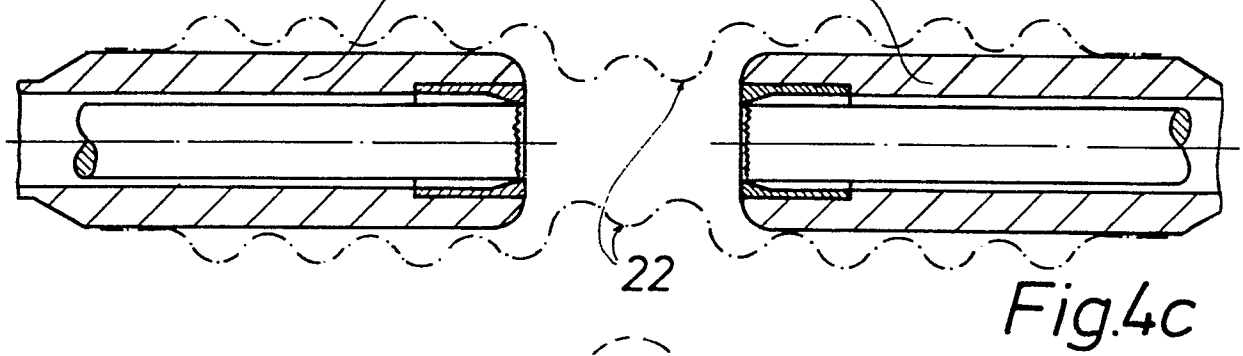
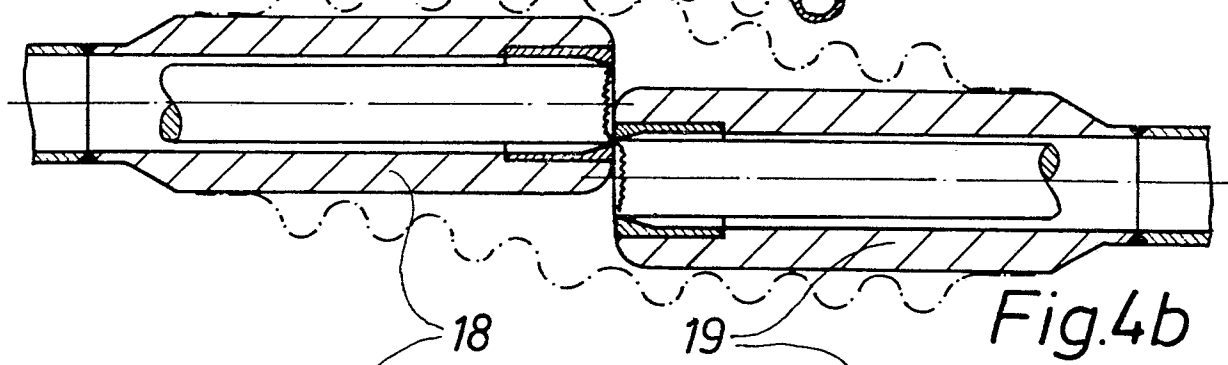
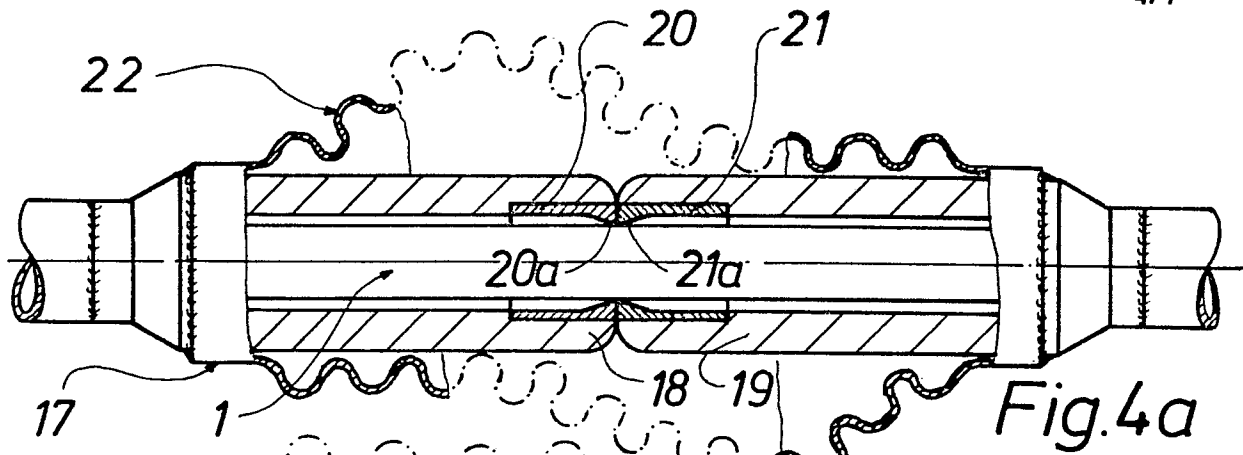


Fig. 1c







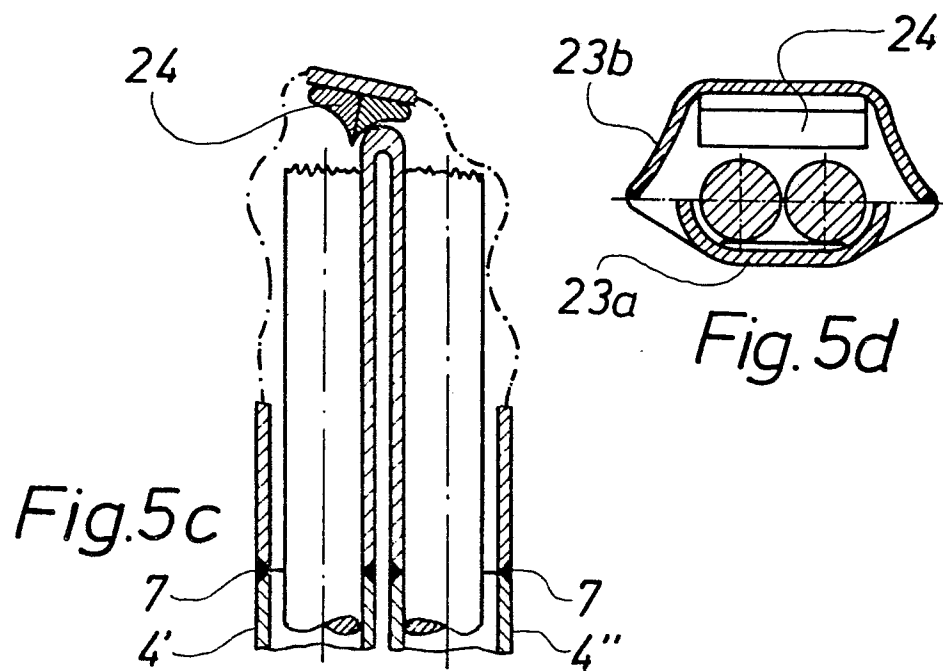
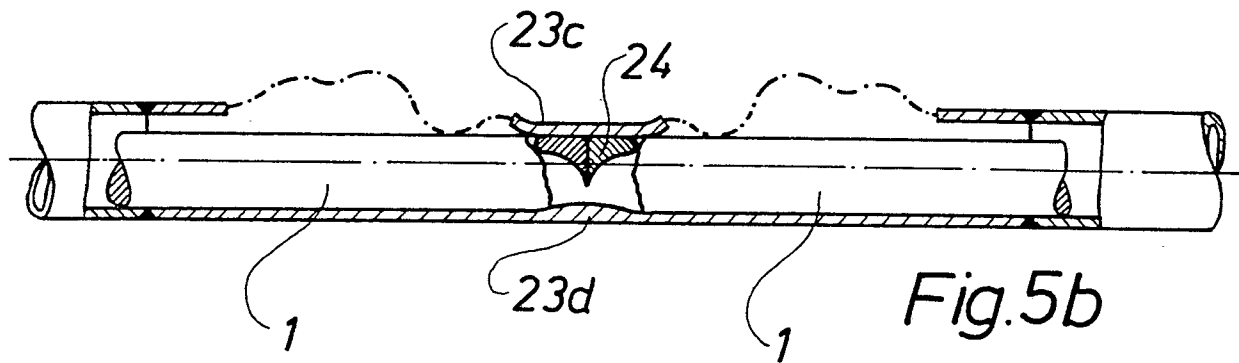
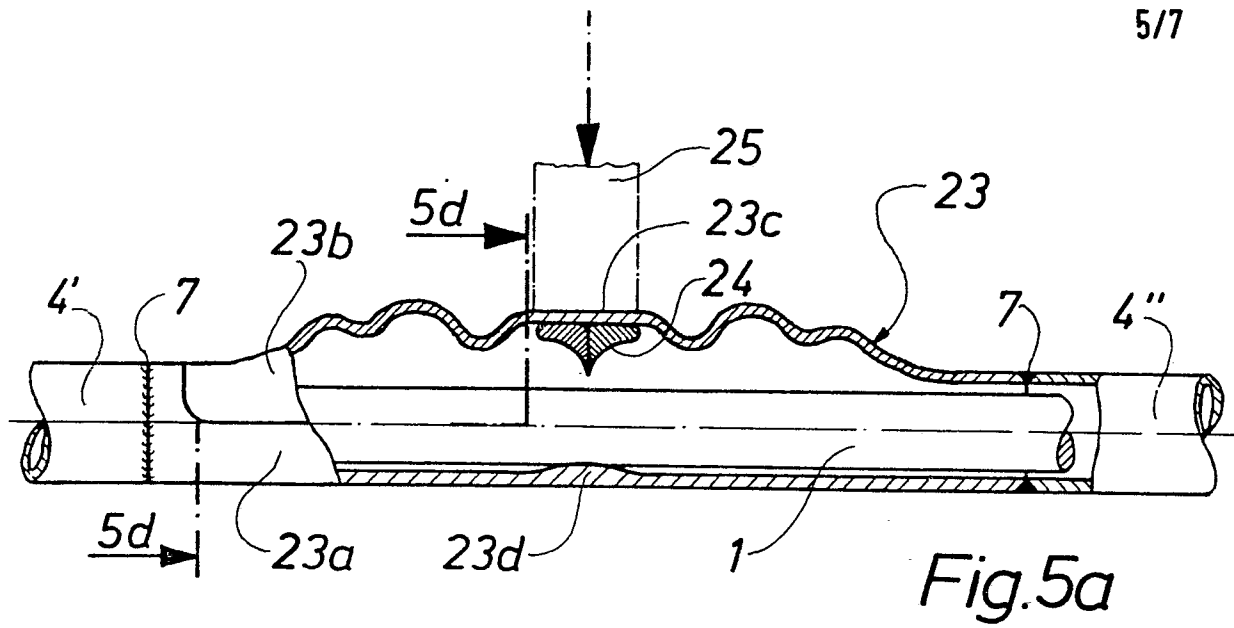


Fig. 6a

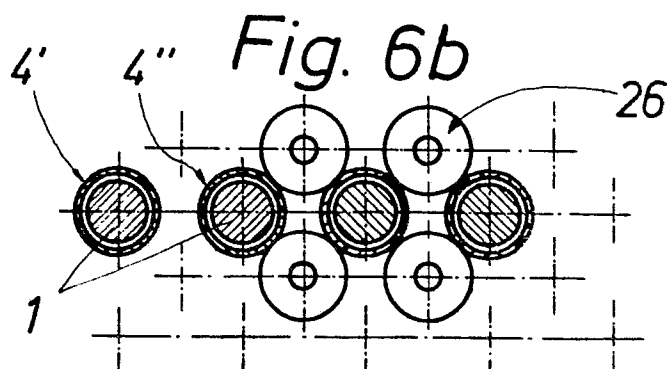
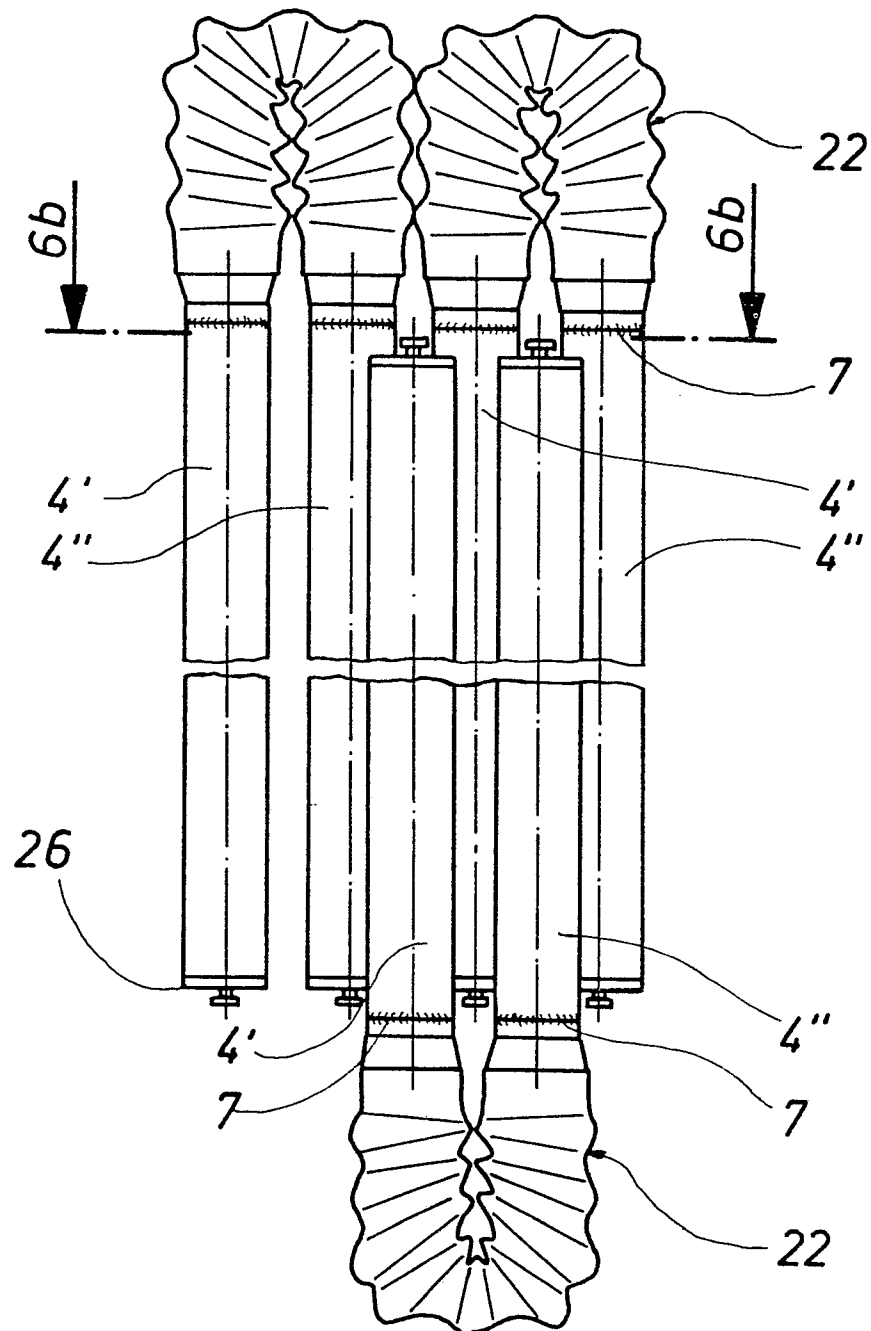
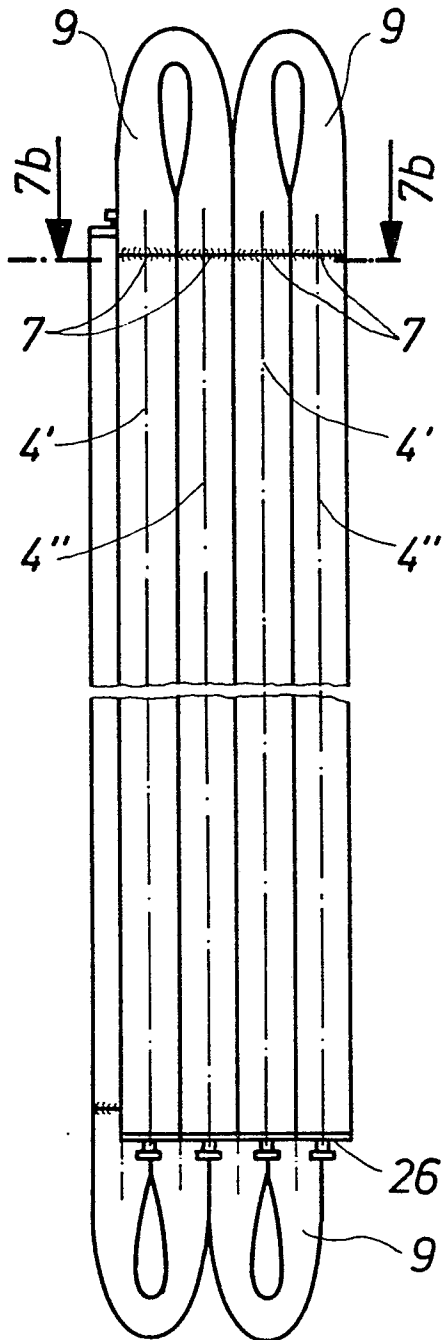
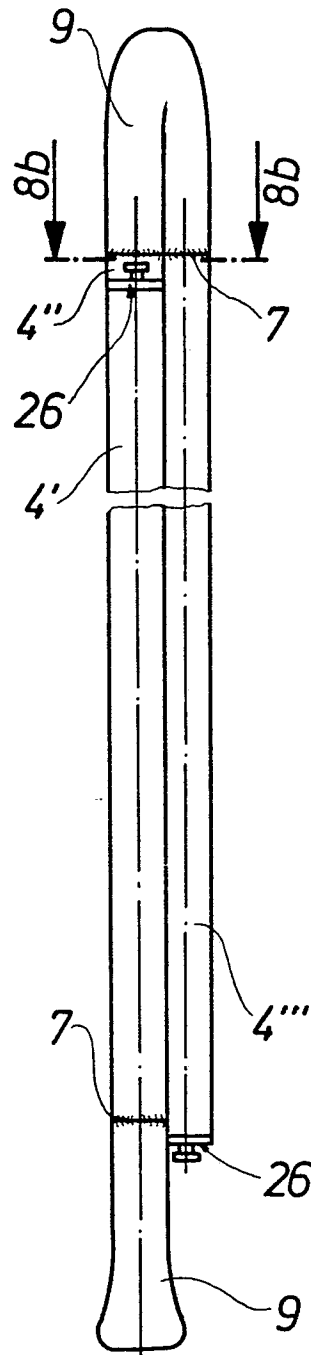
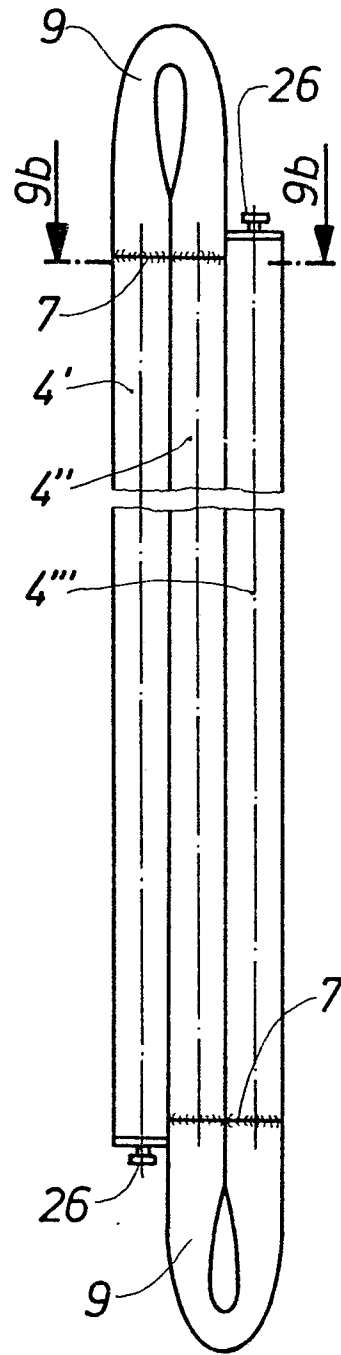
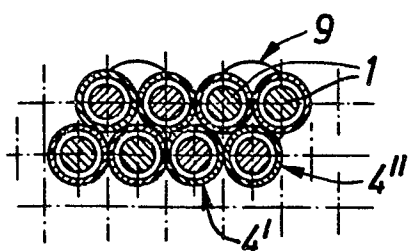
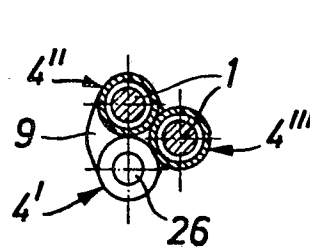
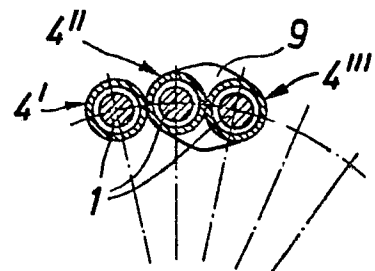


Fig. 7a*Fig. 8a**Fig. 9a**Fig. 7b**Fig. 8b**Fig. 9b*



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0051314

Nummer der Anmeldung

EP 81 10 9485

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
X,Y	<u>DE - A - 2 818 781</u> (ASEA) * Ansprüche 1,2,3; Figur 5 * --	1,18	G 21 F 9/36
Y	<u>DE - A - 2 722 472</u> (NOVATOME) * Anspruch 1 * --	1	
Y	ELEKTROTECHNIK, Jahrgang 60, No. 4, Februar 1978 "Fortschritte bei der Kapselung von Kernbrennstoffabfall" * Figur 1 * --	1,18	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.) G 21 F 9 G 21 C 19
A	<u>US - A - 4 170 817</u> (ADAM)		
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			&: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	12-03-1982	NICOLAS	