



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 805 261 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
05.11.1997 Patentblatt 1997/45

(51) Int. Cl.⁶: **E21D 11/38**

(21) Anmeldenummer: **96114769.1**

(22) Anmeldetag: **14.09.1996**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE NL

(30) Priorität: **29.04.1996 DE 19617200**

(71) Anmelder:
**HOCHTIEF AKTIENGESELLSCHAFT VORM.
GEBR. HELFMANN
45128 Essen (DE)**

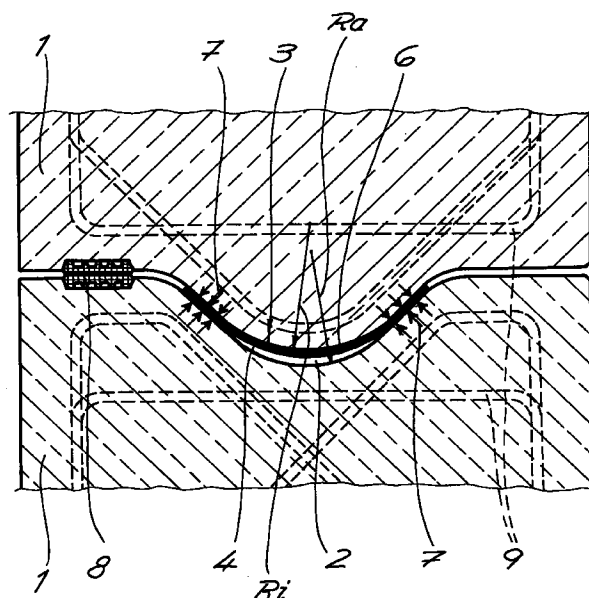
(72) Erfinder:
• **Dahl, Johannes, Dipl.-Ing.
44225 Dortmund (DE)**
• **Nussbaum, Guido, Dipl.-Ing.
45479 Mülheim a.d. Ruhr (DE)**

(74) Vertreter:
**Masch, Karl Gerhard, Dr. et al
Patentanwälte,
Andrejewski, Honke & Partner,
Theaterplatz 3
45127 Essen (DE)**

(54) **Tunnelauskleidung**

(57) Eine Tunnelauskleidung weist in Tunnellängsrichtung hintereinander angeordnete Tübbingringe auf, die jeweils aus in Tunnelumfangsrichtung hintereinander angeordneten segmentförmigen Tübbing (1) aus Stahlbeton aufgebaut sind. Die zwischen den Tübbing (1) eines Tübbingringes verlaufenden Längsfugen sind zu den Längsfugen der benachbarten Tübbingringe versetzt zueinander angeordnet. Ferner sind die Tübbinge (1) an ihrer einen Ringstirnfläche mit zumindest einer segmentförmigen Ausnehmung (2) und an ihrer anderen Ringstirnfläche mit in die Ausnehmungen (2) der Tübbinge (1) eines benachbarten Tübbingringes einfassenden segmentförmigen Erhebungen (3) versehen. Endlich sind den benachbarten Ringstirnflächen Fugeneinlagen (4, 5) zwischengeschaltet. Optimale Übertragung auftretender Querkräfte bei gleichzeitig verringerter Abplatzungsgefahr sind gegeben, wenn die Ausnehmungen (2) und Erhebungen (3) eine ausgerundete Formgebung mit im Radialschnitt wellenförmiger Kontur aufweisen und die Fugeneinlagen (4) zumindest in den Wendepunktbereichen der wellenförmigen Kontur vorgesehen sind.

Fig. 2



EP 0 805 261 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Tunnelauskleidung mit in Tunnel längsrichtung hintereinander angeordneten Tübbingringen, die jeweils aus in Tunnelumfangsrichtung hintereinander angeordneten segmentförmigen Tübbing aus Stahlbeton aufgebaut sind, wobei die zwischen den Tübbing eines Tübbingringes verlaufenden Längsfugen zu den Längsfugen der benachbarten Tübbingringe versetzt zueinander angeordnet sind, wobei ferner die Tübbinge an ihrer einen Ringstirnfläche mit zumindest einer segmentförmigen Ausnehmung und an ihrer anderen Ringstirnfläche mit in die Ausnehmungen der Tübbinge eines benachbarten Tübbingringes einfassenden segmentförmigen Erhebungen versehen sind und wobei endlich den benachbarten Ringstirnflächen Fugeneinlagen zwischengeschaltet sind.

Aufgrund der Entwicklung im oberflächennahen und maschinellen Tunnelausbau wird das Einsatzgebiet für die einschalige Tunnelauskleidung in Form von Tübbing ausgeweitet. Schildmaschinen sind mittlerweile in der Lage, Vortriebsgeschwindigkeiten mit Tagesleistungen von mehr als 25 m zu erreichen. Demzufolge muß die Montagegeschwindigkeit für den Tübbingausbau an diesen Baurhythmus angepaßt werden. Von entscheidender Bedeutung für die Gebrauchsfähigkeit und die Stabilität der Tübbingauskleidung sind die Konstruktion und das Tragverhalten der Tübbingfugen. Dies trifft in besonderem Maße für die quer zur Tunnelachse verlaufenden Ringfugen zu. Die Wahl dieser Fugenkonstruktion ist ausschlaggebend für die Koppelung der Tübbingringe untereinander. In der Vergangenheit haben sich in zunehmendem Maße diese gekoppelten Tübbingkonstruktionen durchgesetzt. Besonders im oberflächennahen Tunnelbau mit geringen Überdeckungen der Tunnelkonstruktion und nicht auszuschließenden späteren Abgrabungen infolge Neubebauung ist eine biegesteife Konstruktion mit hohem Ausbauwiderstand zwingend erforderlich. Darüber hinaus muß bei sehr weichem und locker gelagertem Baugrund eine formstabile Konstruktion gebaut werden.

Im Regelfall werden die einzelnen Tübbinge im Bereich des Schildmantels mittels Erektor montiert. Je nach Querschnittsgröße wird die Aufteilung und Anzahl der Tübbinge festgelegt. Den Ringschluß bildet ein Schlußstein, der als letztes Tübbingelement den Tübbingring schließt. Dieser Schlußstein sowie die beidseits anliegenden Tübbinge sind keilförmig ausgebildet. Der Tübbingring erhält mit dieser Konstruktion den nötigen Anpreßdruck für den Ringschluß. Zur Überwindung von Bodenhindernissen und z.B. bei Kurvenfahrten müssen teilweise extrem hohe Vortriebskräfte über diese Pressen auf die bereits montierten Tübbingringe in den fertigen Tunnel eingeleitet werden. Die einzelnen Tübbinge werden so angeordnet, daß die Tübbingringe jeweils um ein halbes Tübbingelement versetzt angeordnet sind. Somit werden problematische Kreuzfugen vermieden. Diese versetzte Anordnung ist zudem die Grundvoraussetzung zur Sicherstellung einer ausrei-

chenden Ausbauteifigkeit bei einschaligem Tunnelausbau. Mit fortschreitender Schildvorwärtsbewegung wird der Ringraum zwischen dem neu eingebauten Tübbingring und dem umgebenden Gebirge kontinuierlich durch einen Ringverpreßmörtel kraftschlüssig verpreßt, nachdem durch die Vortriebsmaschine ein etwas größerer Ausbruchsquerschnitt zum Zwecke der Montageerleichterung geschaffen wurde.

Für die Konstruktion der Ringfugen werden üblicherweise scharfkantige NutFeder-Konstruktionen gewählt. Durch diese relativ filigrane scharfkantige Konstruktion kommt es beim Einbau der Tübbinge immer wieder zu Abplatzungen, wenn die scharfkantigen Konturen infolge von Maßabweichungen bei der Montage unplanmäßig in Druckkontakt geraten. Dieser Umstand kann zu gravierenden Einschränkungen für die Gebrauchsfähigkeit eines Tunnelbauwerkes führen, und zwar insbesondere dann, wenn aufgrund dieser Abplatzungen Risse und Klaffungen auf der Erdseite auftreten. Auf dieser Seite werden im Regelfall Dichtrahmen in eine Nutkonstruktion in den Tübbing eingelegt und verklebt. Diese Dichtrahmen sichern durch einen definierten Anpreßdruck auf Dauer die Wasserdichtigkeit des Tunnelbauwerkes. Bei den beschriebenen Abplatzungen der Betonkonstruktion ist der betreffende Dichtrahmen aber nicht mehr in der Lage, eine Wasserdichtigkeit auf Dauer zu gewährleisten. Aus diesem Grunde werden auch glatte Ringfugenkonstruktionen ohne Nut-Feder-Einschnürungen gebaut. Diese nicht gekoppelte Tübbingbauweise ist aber nur bei optimalen Randbedingungen, wie großer Tiefenlage oder tragfähigem Baugrund, anwendbar. Durch die damit verbundenen gleichförmigen Belastungen auf die Tunnelauskleidung ist eine formstabile Tunnelkonstruktion möglich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Tunnelauskleidung der eingangs genannten Art so weiter zu entwickeln, daß sie einerseits erhöhten Baugegeschwindigkeiten Rechnung trägt, andererseits besondere Anforderungen an Stabilität und Gebrauchsfähigkeit erfüllt.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe besteht darin, daß die Ausnehmungen und Erhebungen eine ausgerundete Formgebung mit im Radialschnitt wellenförmigen Kontur aufweisen und die Fugeneinlagen zumindest in den Wendepunktbereichen der wellenförmigen Kontur vorgesehen sind.

Nach bevorzugter Ausführungsform weist die im Radialschnitt wellenförmige Kontur der Ausnehmungen und Erhebungen jeweils einen zentralen Kreisbogenabschnitt und in den daran anschließenden Wendepunktbereichen ebene Kontaktflächen auf, wobei die zentralen Kreisbogenabschnitte der Ausnehmungen einen kleineren Krümmungsradius als die der Erhebungen aufweisen und die einander zugeordneten Kontaktflächen parallel zueinander verlaufen. Dabei können die zentralen Kreisbogenabschnitte im Scheitelpunkt auch mit einer Abflachung versehen sein. Im übrigen sollten die Ausnehmungen und Erhebungen im Umfangs-

schnitt eine trapezförmige Kontur mit gerundeten Ecken aufweisen. Weisen wie nach einer bevorzugten Ausführungsform die benachbarten Ringstirnflächen zwischengeschalteten Fugeneinlagen unterschiedliche Dicke auf, können aus Montagetoleranzen bzw. Verformungen im Endzustand resultierende Ovalisierungseffekte ausgeglichen werden. Ferner empfiehlt es sich, die Fugeneinlagen radial und/oder in Umfangsrichtung längs der Kontaktflächen verlaufend anzuordnen. In allen Fällen sollte wie üblich in die Ringstirnflächen benachbarter Tübbingringe im Außenrandbereich umlaufende, einander zugeordnete Dichtungsrahmen eingebracht, z.B. eingeklebt sein.

Im Vordergrund der erfindungsgemäßen Tunnelauskleidung steht die ausgerundete Formgebung. Hierdurch werden die sonst üblichen ein- und vorspringenden Ecken ausgeschaltet und die Gefahr von Abplatzungen nahezu ausgeschlossen. Dies ist möglich, da die Spannungsspitzen an den bisher üblichen Nut-Feder-Konstruktionen vermieden werden, die bisher immer wieder zu Schäden und Undichtigkeiten in den Tübbingfugen geführt haben. Zur Übertragung der Koppelkräfte bzw. Querkräfte in der Ringfuge wird die Konsoltragwirkung der wellenförmigen Kontur genutzt. Auch bei dünnwandigen Tübbingungen stehen somit ausreichende Betonabmessungen zur Verfügung. Die Bewehrung wird dabei so angeordnet, daß in allen Konstruktionsbereichen eine ausreichende Betondeckung sichergestellt werden kann. Die Kraftübertragungszonen werden durch parallele Kontaktflächen in den Flanken sichergestellt. Durch eine entsprechende Wahl der Fugeneinlagen (z.B. Neoprene, Kaubit, Weichhölzer etc.) wird das Last-Verformungsverhalten der Fugeneinlagen und zusätzlich die Lastverteilung in den Flanken so gesteuert, daß ein hohes Arbeitsvermögen zur Aufnahme von Koppelkräften sowie Zwängungskräften beim Tübbingbau vorhanden ist. Die Variation des Materials der Fugeneinlagen ermöglicht eine definierte Koppelsteifigkeit. Somit kann das Gesamtsystem der Tübbingauskleidung problemlos an alle denkbaren Last- und Verformungszustände angepaßt werden. Durch entsprechende Wahl der Bewehrungsanordnung in der Nocke und an den Rändern des Topfes und darüber hinaus durch entsprechend harte Fugeneinlagen besteht die Möglichkeit, auch Tübbingauskleidungen für Tunnelbauverfahren mit extremen Randbedingungen herzustellen. Die beim schnellen Ringbau erforderliche Zwangsführung der Tübbinge untereinander kann durch die neue Konstruktion ebenfalls sichergestellt werden. Insbesondere die Neigung der Topfflanken kann auf die Größe der beim Schildvortrieb wirkenden Pressenkräfte abgestimmt werden. Zum Toleranzausgleich, z.B. bei ungenauem Formschluß in Folge Ovalisierung in Ringrichtung, werden die glatten Fugen im Bereich der Pressenschuhe genutzt. Diese Fugenzone wirken wie die bisher üblichen Einschnürungen.

Alternativ zur beschriebenen Ausbildung besteht selbstverständlich die Möglichkeit, die gewählte Fugenausbildung über die gesamte Ringfuge zu führen. Die

Abflachungen im Bereich der Pressenschuhe können dann entfallen. Der nötige Toleranzausgleich bei möglicher Ovalisierung erfolgt in diesem Fall über größere Fugenbreiten, insbesondere an den Flanken. Die Verformbarkeit des Tübbingringes wird bei dieser Variante durch die Fugeneinlagen gesteuert und begrenzt. Dies ist zum einen möglich durch Anpassung der Flächenpressungen und zum anderen durch Materialien mit entsprechenden Steifigkeitsabstufungen. Bei dieser Alternativlösung muß selbstverständlich die Form des Pressenschuhes an die Formgebung der Ringfuge angepaßt werden. Bei einer geometrischen Zuordnung zur Vortriebsrichtung muß der Pressenschuh ausnehmungsartig geformt werden. Bei ebenfalls möglicher Verdrehung der Fugenkonstruktion um 180° zur Vortriebsrichtung muß der Pressenschuh eine erhebungsartige Form erhalten. Die Vortriebskräfte werden bei dieser Variante über Fugeneinlagen im Zentrum der Ausnehmungs/Erhebungsstruktur in die bereits installierten Tübbingringe übertragen. Der Vorteil dieser Alternativlösung liegt in der Vergleichmäßigung und Anpassung der Fugeneinlagen an die Koppelkraftübertragung. Die geometrischen Veränderungen in der Ringfuge infolge Ovalisierung können so weitergehend vergleichmäßig und verbessert werden. Der weitere Vorteil liegt in der Vereinfachung der Tübbingschalung.

Mit diesem Tübbingdesign läßt sich das Tunnelausbausystem an alle möglichen Last- und Verformungszustände anzupassen. Eine Variation zwischen Ausweich- bzw. Widerstandsprinzip ist möglich.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 eine Ringfugenansicht einer Tunnelauskleidung,
- Fig. 2 einen Schnitt A-A durch den Gegenstand der Fig. 1 in vergrößerter Darstellung,
- Fig. 3 einen Schnitt B-B durch den Gegenstand der Fig. 1 in vergrößerter Darstellung,
- Fig. 4 den Gegenstand der Fig. 1 mit einer anderen Anordnung der Fugeneinlagen,
- Fig. 5 einen Schnitt C-C durch den Gegenstand der Fig. 4, und
- Fig. 6 einen Fig. 2 entsprechenden Schnitt durch eine andere Ausführungsform.

Die in den Figuren dargestellten Teile gehören zu einer Tunnelauskleidung mit in Tunnel längsrichtung hintereinander angeordneten Tübbingringen. Die Tübbingringe sind jeweils aus in Tunnelumfangsrichtung hintereinander angeordneten segmentförmigen Tübbingungen 1 aus Stahlbeton aufgebaut. Die zwischen den Tübbingungen 1 eines Tübbingringes verlaufenden Längsfugen sind zu den Längsfugen der benachbarten Tübbing-

bingringe versetzt zueinander angeordnet. Ferner sind die Tübbinge 1 an ihrer einen Ringstirnfläche mit zumindest einer segmentförmigen Ausnehmung 2 und an ihrer anderen Ringstirnfläche mit in die Ausnehmungen 2 der Tübbinge 1 eines benachbarten Tübbingrings einfassenden segmentförmigen Erhebungen 3 versehen. Schließlich und endlich sind den benachbarten Ringstirnflächen Fugeneinlagen 4, 5 zwischengeschaltet. Alles das ist nur teilweise aus den Figuren ersichtlich, da der Aufbau einer solchen Tunnelauskleidung im Stand der Technik hinlänglich bekannt ist.

Insbesondere aus den Fig. 1 bis 3 erkennt man, daß die Ausnehmungen 2 und Erhebungen 3 eine ausgerundete Formgebung mit im Radialschnitt wellenförmiger Kontur aufweisen und die Fugeneinlagen 4 zumindest in den Wendepunktbereichen der wellenförmigen Kontur vorgesehen sind. Im einzelnen ist dabei die Anordnung so getroffen, daß die im Radialschnitt wellenförmige Kontur der Ausnehmungen 2 und Erhebungen 3 jeweils einen zentralen Kreisbogenabschnitt 6 und in den daran anschließenden Wendepunktbereichen ebene Kontaktflächen 7 aufweist, wobei die zentralen Kreisbogenabschnitte 6 der Ausnehmungen 2 einen kleineren Krümmungsradius ($R_a < R_i$) als die der Erhebungen 3 aufweisen und die einander zugeordneten Kontaktflächen 7 parallel zueinander verlaufen (vgl. Fig. 2). Die Ausnehmungen 2 und Erhebungen 3 weisen im Umfangsschnitt eine trapezförmige Kontur mit gerundeten Ecken auf (vgl. Fig. 3).

Bei der Ausführungsform nach den Fig. 1 bis 3 sind die Fugeneinlagen 4 radial längs der Kontaktflächen 7 verlaufend angeordnet. Im Gegensatz dazu sind die Fugeneinlagen 4 bei der Ausführungsform nach Fig. 4 und 5 in Umfangsrichtung längs der Kontaktflächen 7 verlaufend angeordnet. Kombination dieser beiden Anordnungen wäre selbstverständlich ebenfalls möglich. In beiden Fällen sind jedenfalls zwischen den Ausnehmungen 2 und Erhebungen 3 noch Fugeneinlagen 5 zur Überleitung von Pressenkräften angeordnet.

Die Fig. 1, 2 und 4 sowie 5 zeigen darüber hinaus, daß in die Ringstirnflächen benachbarter Tübbingringe noch im Außenrandbereich umlaufende, einander zugeordnete Dichtungsrahmen 8 eingebracht, insbesondere eingeklebt sind. In Fig. 2 erkennt man auch den Verlauf der Bewehrungen 9 im Bereich der Ausnehmungen 2 und Erhebungen 3, die der geschwungenen Kontur der Erhebung 3 besonders gut angepaßt werden kann und damit besonders hoch belastbar ist.

Fig. 6 verdeutlicht ungleiche Abwandlungen. Zunächst erkennt man, daß die zentralen Kreisbogenabschnitte 6 im Scheitelpunkt mit einer Abflachung 10, d.h. mit gleichsam zwischengeschalteten, zu den Längsfugen senkrechten ebenen Bereichen versehen sind. Im übrigen ist angedeutet, daß die Fugeneinlagen 4 unterschiedliche Dicke aufweisen können; auf diese Weise wird ein Verformungsspiel vorgegeben, über das der Zeitpunkt der Lastabtragung in Tunnelumfangsrichtung beeinflussbar ist.

Patentansprüche

1. Tunnelauskleidung mit in Tunnellängsrichtung hintereinander angeordneten Tübbingringen, die jeweils aus in Tunnelumfangsrichtung hintereinander angeordneten segmentförmigen Tübbingen aus Stahlbeton aufgebaut sind, wobei die zwischen den Tübbingen eines Tübbingrings verlaufenden Längsfugen zu den Längsfugen der benachbarten Tübbingringe versetzt zueinander angeordnet sind, wobei ferner die Tübbinge an ihrer einen Ringstirnfläche mit zumindest einer segmentförmigen Ausnehmung und mit ihrer anderen Ringstirnfläche mit in die Ausnehmungen der Tübbinge eines benachbarten Tübbingrings einfassenden segmentförmigen Erhebungen versehen sind und wobei endlich den benachbarten Ringstirnflächen Fugeneinlagen zwischengeschaltet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausnehmungen (2) und Erhebungen (3) eine ausgerundete Formgebung mit im Radialschnitt wellenförmiger Kontur aufweisen und die Fugeneinlagen (4) zumindest in den Wendepunktbereichen der wellenförmigen Kontur vorgesehen sind.
2. Tunnelauskleidung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die im Radialschnitt wellenförmige Kontur der Ausnehmungen (2) und Erhebungen (3) jeweils einen zentralen Kreisbogenabschnitt (6) und in den daran anschließenden Wendepunktbereichen ebene Kontaktflächen (7) aufweist, wobei die zentralen Kreisbogenabschnitte (6) der Ausnehmungen (2) einen kleineren Krümmungsradius als die der Erhebungen (3) aufweisen und die einander zugeordneten Kontaktflächen (7) parallel zueinander verlaufen.
3. Tunnelauskleidung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zentralen Kreisbogenabschnitte (6) im Scheitelpunkt mit einer Abflachung (10) versehen sind.
4. Tunnelauskleidung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmungen (2) und Erhebungen (3) im Umfangsschnitt eine trapezförmige Kontur mit gerundeten Ecken aufweisen.
5. Tunnelauskleidung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die benachbarten Ringstirnflächen zwischengeschalteten Fugeneinlagen (4, 5) unterschiedliche Dicke aufweisen.
6. Tunnelauskleidung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Fugeneinlagen (4) radial und/oder in Umfangsrichtung längs den Kontaktflächen verlaufend angeordnet sind.

7. Tunnelauskleidung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in die Ringstirnflächen benachbarter Tübbingringe im Außenrandbereich umlaufende, einander zugeordnete Dichtungsrahmen (8) eingebracht sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

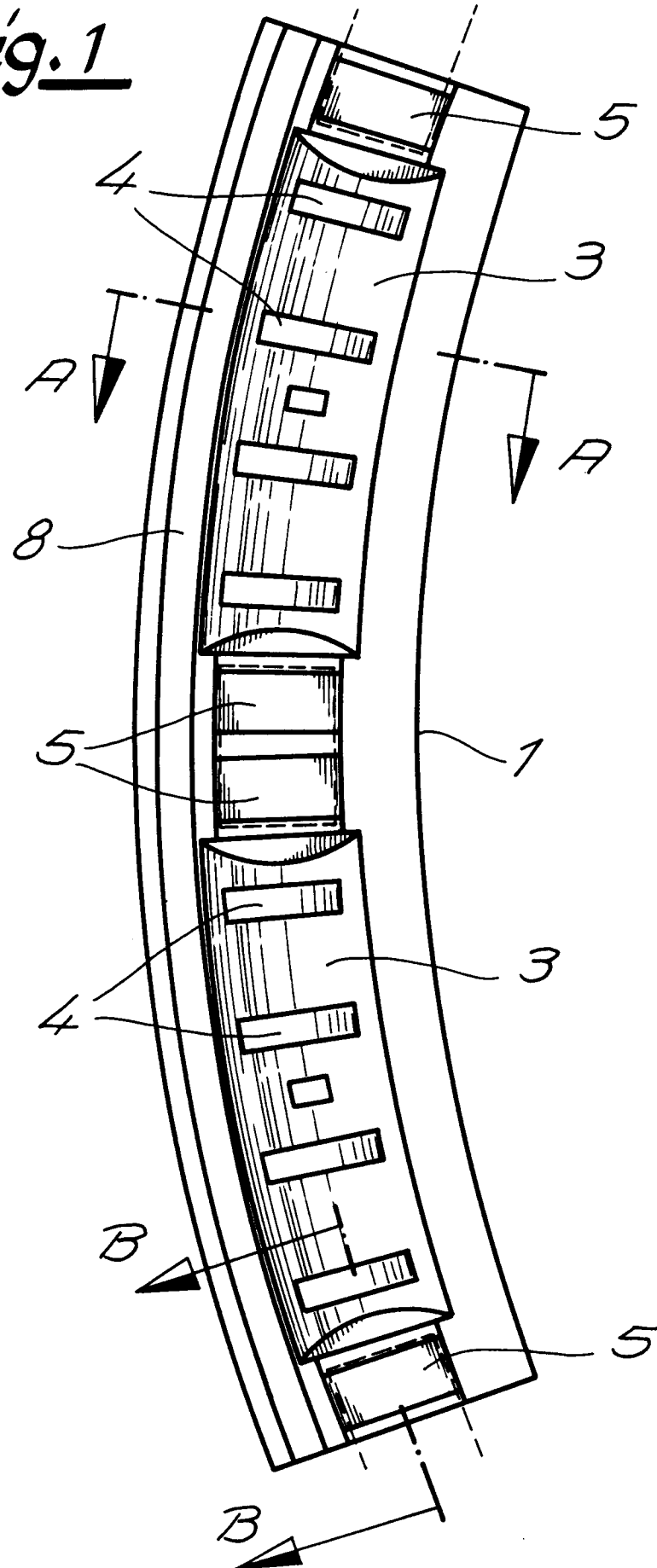


Fig. 2

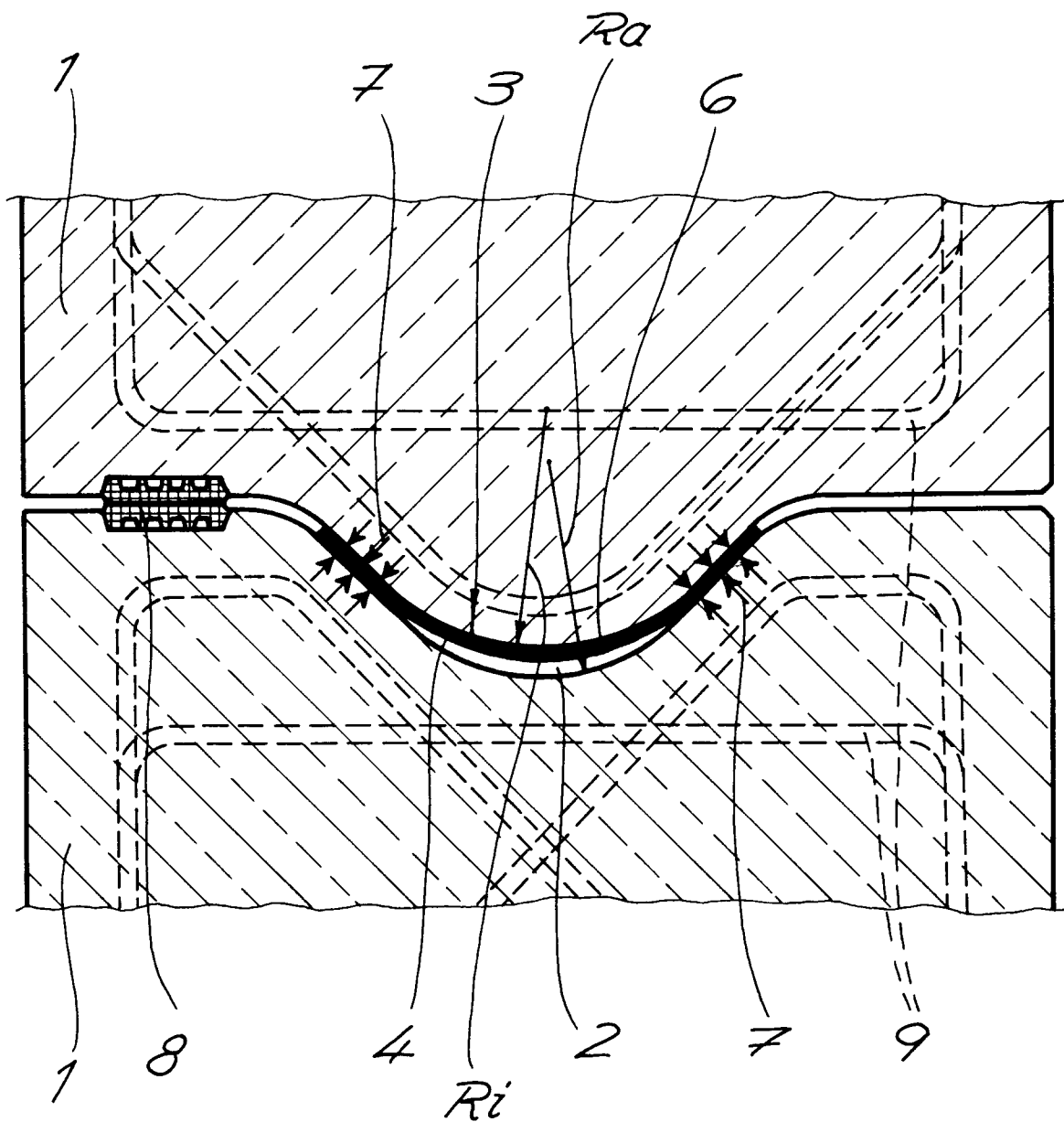


Fig. 3

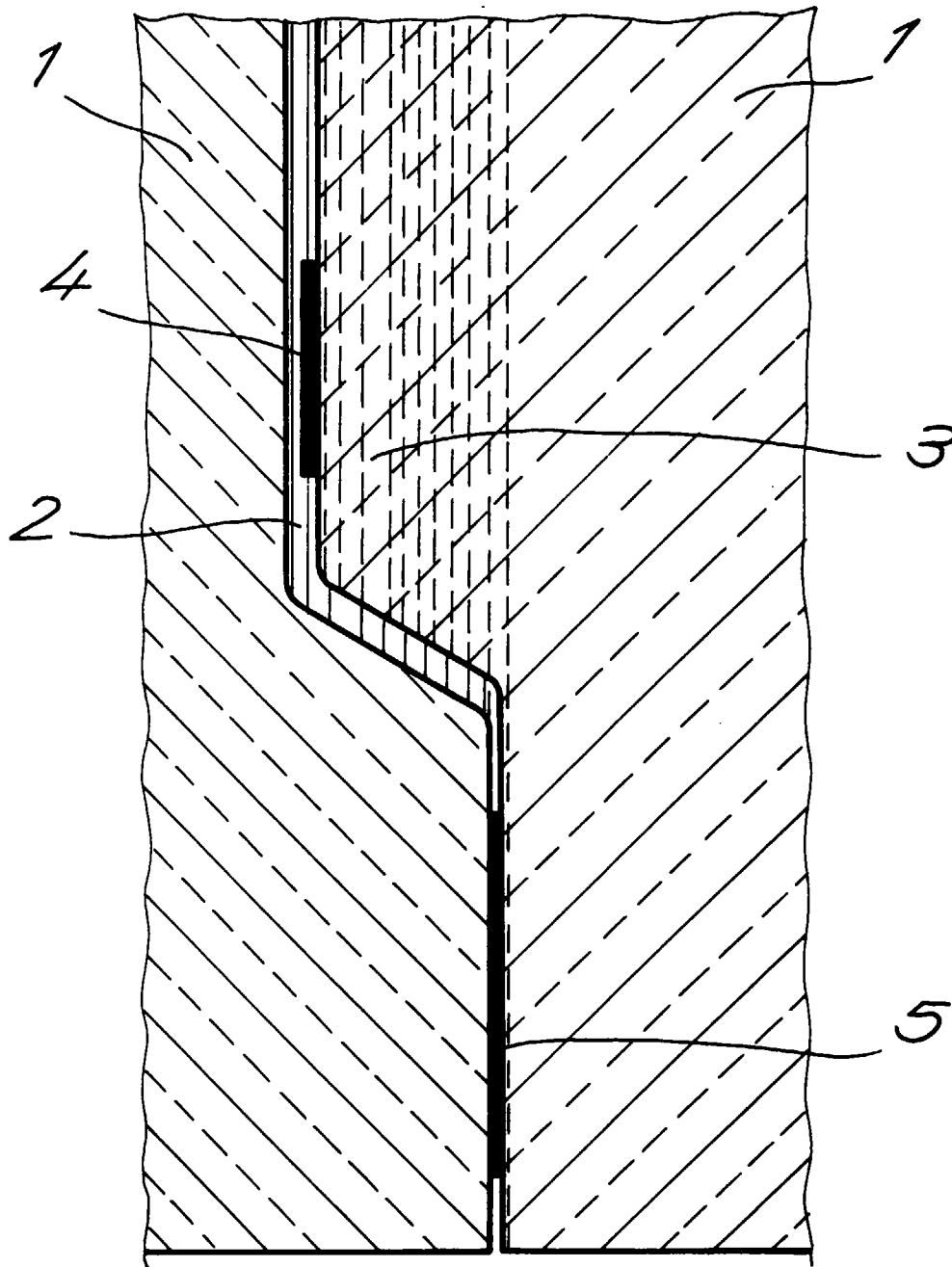


Fig. 4

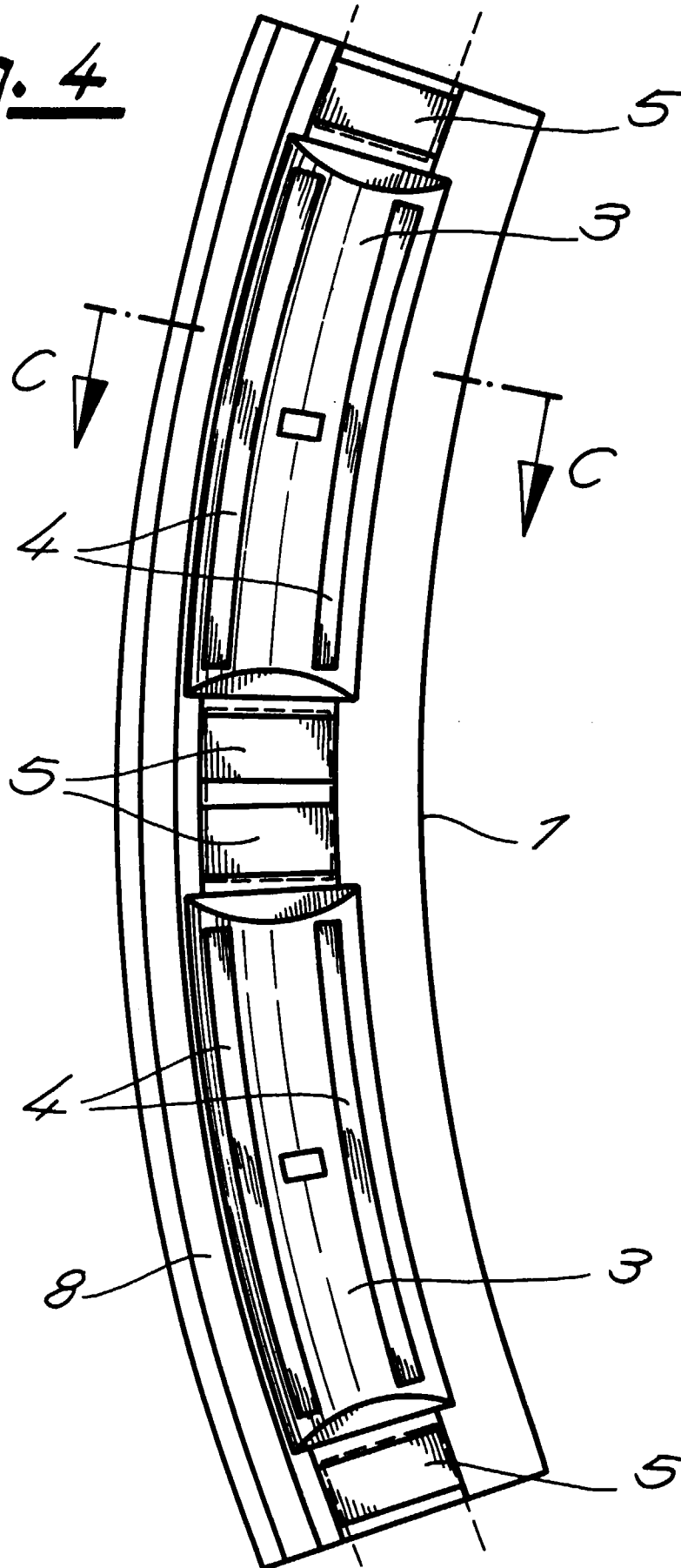


Fig. 5

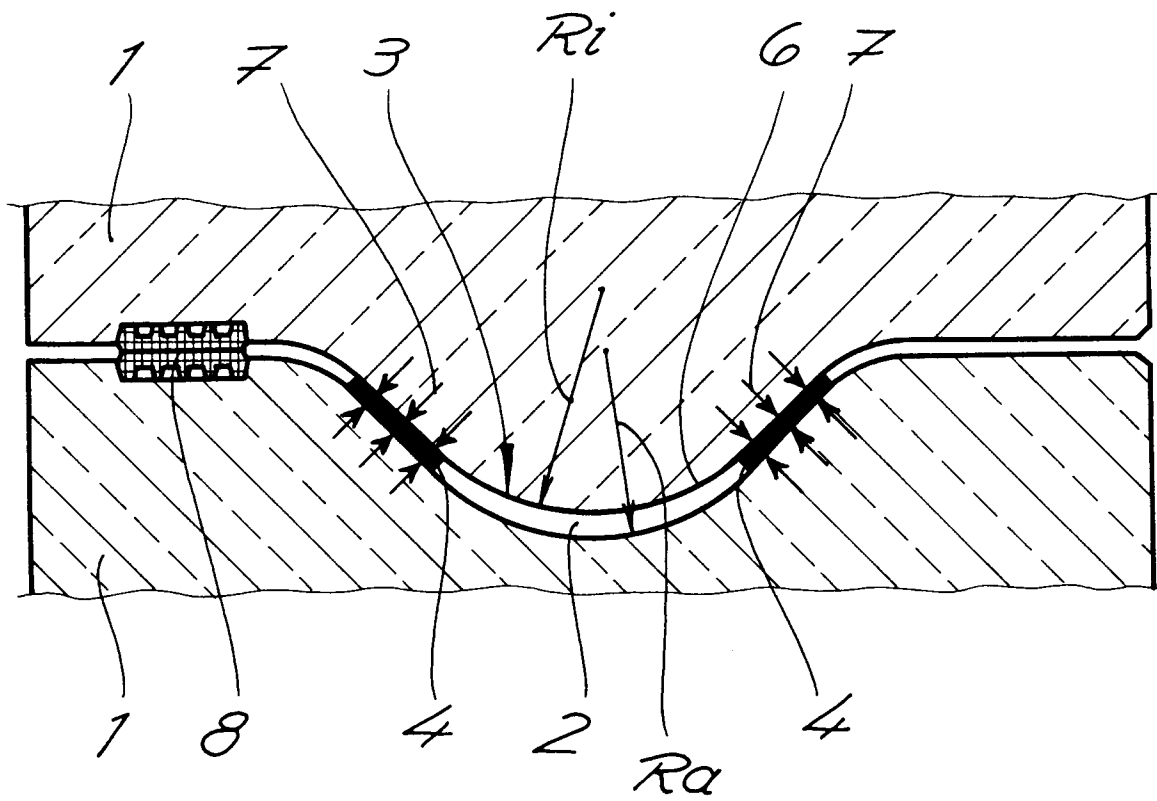
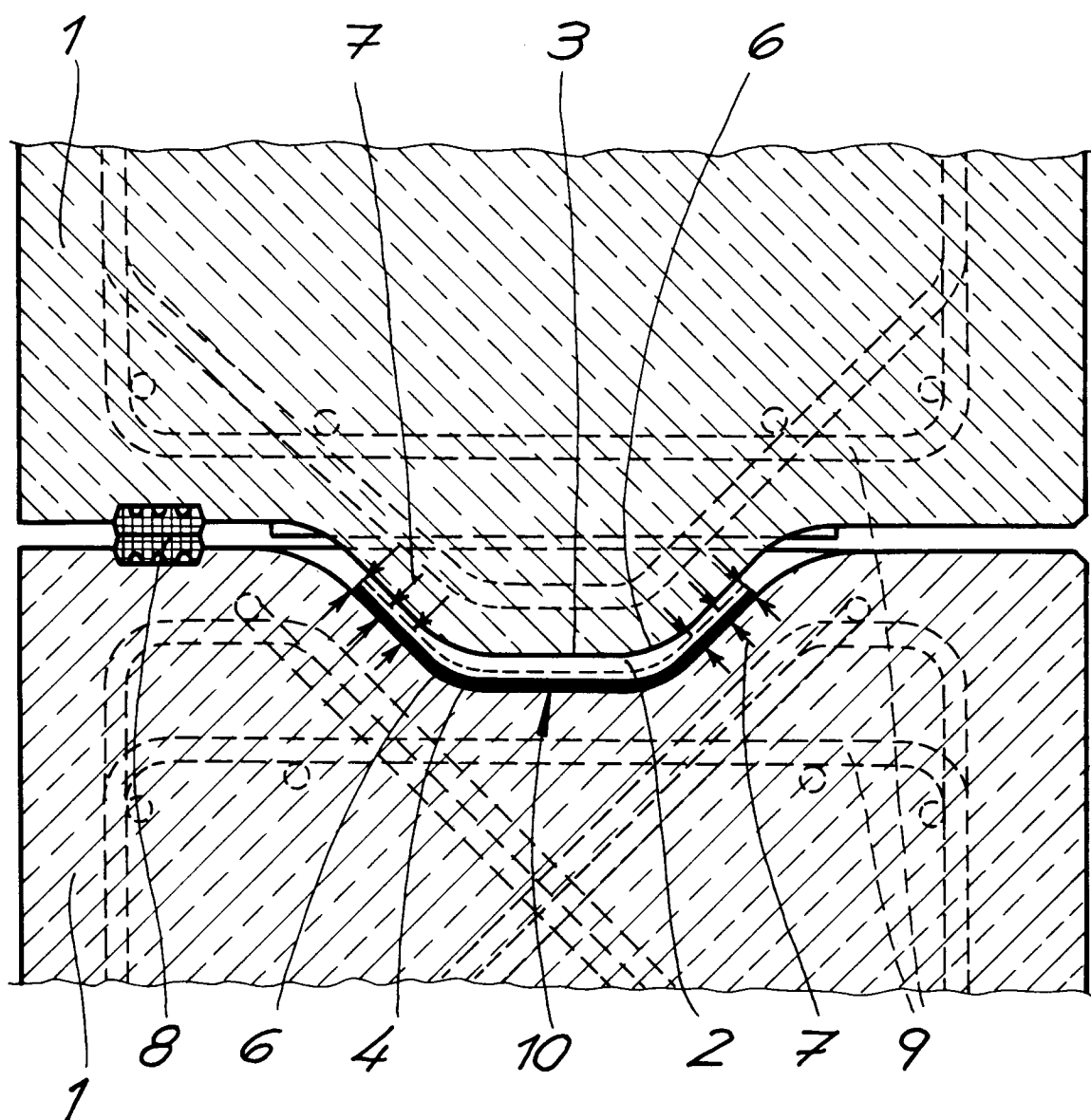


Fig. 6





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 96 11 4769

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	BAUMASCHINE+BAUTECHNIK.BMT, Bd. 27, Nr. 5, Mai 1980, Seiten 350-352, XP002034159 P HOLZMANN AG: "dichtungssysteme im tunnelbau"	1,7	E21D11/38
A	* Seite 351 *	2-6	
X	PHOENIX: "elastomer-profile catalog" 1980 XP002034161 * Seite 4 *	1,7	
X	BMT, Bd. 24, Nr. 10, Oktober 1977, Seite 620 XP002034160 BMT: "u-bahnbau in hongkong" * das ganze Dokument *	1	
A	EP 0 624 714 A (TOKYO GAS CO LTD ;NIPPON HIGH STRENGTH CONCRETE (JP)) 17.November 1994 * Seite 6, Zeile 14 - Zeile 21; Abbildungen 5,6 *	1	
A	CH 469 146 A (SCHAFIR & MUGGLIN AG)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 1.Juli 1997	Prüfer Fonseca Fernandez, H
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 01.82 (POMC01)