

①⑨



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

①⑪

Veröffentlichungsnummer: **0 254 835**
B1

①⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤

Veröffentlichungstag der Patentschrift:
03.10.90

⑤①

Int. Cl.⁵: **E21D 11/10, E04G 21/06,**
B28B 17/02, H05B 3/60

②①

Anmeldenummer: **87107717.8**

②②

Anmeldetag: **27.05.87**

⑤④

Verfahren zur Herstellung einer Tunnelauskleidung aus Auskleidungsbeton und Vorrichtung für die Durchführung des Verfahrens.

③⑩

Priorität: **02.07.86 DE 3622203**
24.12.86 DE 3644532

④③

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.02.88 Patentblatt 88/5

④⑤

Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
03.10.90 Patentblatt 90/40

⑧④

Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB NL

⑤⑥

Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 636 530
DE-A- 2 813 462
FR-A- 2 461 425
FR-A- 2 485 860

⑦③

Patentinhaber: **HOCHTIEF AKTIENGESELLSCHAFT**
VORM. GEBR. HELFMANN, Rellinghauser Strasse 53-57,
D-4300 Essen 1(DE)

⑦②

Erfinder: **Hillemeier, Bernd, Dr.-Ing.,**
Bodenstedtstrasse 5, D-6200 Wiesbaden(DE)
Erfinder: **Glöyer, Jens, Dipl.-Ing.,**
Schnutenhausstrasse 8, D-4300 Essen 1(DE)

⑦④

Vertreter: **Andrejewski, Walter et al, Patentanwälte**
Andrejewski, Honke & Partner
Postfach 10 02 54 Theaterplatz 3, D-4300 Essen 1(DE)

EP 0 254 835 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 bezieht sich gattungsgemäß auf ein Verfahren zur Herstellung einer Tunnelauskleidung aus Auskleidungsbeton in Zuge des Tunnelvortriebs mit einer Tunnelvortriebsmaschine, z. B. Schildvortriebsmaschine, wobei mit Hilfe einer Tunnelschalung ein Tunnelauskleidungsringraum eingerichtet wird, der vortriebsmaschinenseitig von einer Stirnschalung abgeschlossen wird und am rückwärtigen Ende der Tunnelschalung durch bereits erhärteten Beton abgeschlossen ist, wobei in den Tunnelauskleidungsringraum zumindest eine Betonförderleitung einmündet und durch die Betonförderleitung der Auskleidungsbeton in den Auskleidungsringraum eingepumpt wird, wobei fernerhin die Tunnelschalung nach ausreichendem Erhärten des zu diesem Zweck erwärmten Auskleidungsbetons, dem fortschreitenden Tunnelvortrieb folgend, umgesetzt wird. Die Erfindung bezieht sich fernerhin auf eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens. Bei der Tunnelschalung kann es sich um eine solche handeln, die aus einzelnen Elementen zusammengesetzt ist, die demontiert und umgesetzt werden können. Es kann sich jedoch auch um eine Gleitschalung handeln, die schrittweise oder mehr oder weniger kontinuierlich dem fortschreitenden Tunnelvortrieb folgend nachgezogen und in diesem Sinne umgesetzt wird.

Bei den bekannten gattungsgemäßen Maßnahmen (DE-A 35 08 966) werden in den in den Tunnelauskleidungsringraum eingepumpten Auskleidungsbeton von der Tunnelschalung her während einer vorgegebenen Einwirkzeit elektromagnetische Wellen eingeleitet. Der Auskleidungsbeton erfährt auf diese Weise gleichsam eine dielektrische Erwärmung.

Um dieses durchzuführen, sind in Schalungselemente der Tunnelschalung induktive Sendeantennen für elektromagnetische Wellen in Form von Abstrahlungsspulen oder kapazitive Abstrahlungselemente eingebaut. Die bekannten Maßnahmen haben sich bewährt. Die Zeitspanne bis zum Erreichen einer ausreichenden Festigkeit des eingebrachten Auskleidungsbetons läßt sich beachtlich reduzieren. Die Tunnelschalung kann daher sehr frühzeitig, dem fortschreitenden Tunnelvortrieb folgend, umgesetzt werden. Anders ausgedrückt kann die Länge der Tunnelschalung beachtlich reduziert werden. Im Rahmen der bekannten Maßnahmen ist der apparative Aufwand jedoch beachtlich, weil die Tunnelschalung mit besonderen, in der beschriebenen Weise eingerichteten Schalungselementen ausgerüstet werden muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren so zu führen, daß eine Tunnelschalung, mit Schalungselementen, die induktive Sendeantennen oder kapazitive Abstrahlungselemente aufweisen, nicht mehr erforderlich ist.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Durch das unmittelbare Einleiten der elektrischen Energie wird erreicht, daß in allen Volumenelementen des fließenden Auskleidungsbetons Wärme erzeugt wird und der Auskleidungsbeton gleichsam

durch und durch ohne störenden Temperaturgradienten (wie er bei einer Erwärmung durch Wärmeleitung auftritt) erwärmt wird. Vorzugsweise wird mit einem Auskleidungsbeton gearbeitet, der nach Erwärmung auf eine Temperatur von etwa 50° C nach etwa 15 Minuten nicht mehr verarbeitbar ist. Die Einleitung der elektrischen Energie kann im Rahmen der Erfindung auf verschiedene Weise erfolgen, Insbesondere kann auch im Rahmen der Erfindung der Auskleidungsbeton durch Einleiten von elektromagnetischen Wellen erwärmt werden. Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist jedoch dadurch gekennzeichnet, daß der Auskleidungsbeton zwischen Elektroden erwärmt wird. Diese Ausführungsform ist von besonderer Bedeutung. Ohne Schwierigkeiten kann mit einem Auskleidungsbeton gearbeitet werden, der neben den üblichen Bestandteilen (wie Zement, Sand, Kies und Betonzusatzmittel, wie Verflüssiger und Verzögerer) einen Zusatz von Stahlfasern aufweist. Im übrigen kann mit einem Auskleidungsbeton stets auch Füllstoffe beige mischt werden. Die Einleitung der elektrischen Energie erfolgt zweckmäßigerweise in unmittelbarer Nachbarschaft der Stirnschalung. Es kann aber auch ein Abstand von einigen Metern verwirklicht werden. Insoweit kann sich das Einleiten der elektrischen Energie im Bereich der Stirnschalung nach den betrieblichen Verhältnissen richten.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß ein Beton, der wie angegeben eingestellt ist, überraschenderweise in dem Tunnelauskleidungsringraum in kurzer Zeit so weit erhärtet, daß die Schalung umgesetzt werden kann, obgleich in den Tunnelschalungsringraum elektrische Energie nicht mehr eingeleitet, eine weitere Erwärmung also nicht mehr vorgenommen wird. Es versteht sich, daß nach einer gewissen Zeit die reaktionsbedingte Hydratationswärme frei wird. Die fühlbare Wärme des in den Tunnelauskleidungsringraum eintretenden Auskleidungsbetons reicht zusammen mit der Hydratationswärme für die beschleunigte Ansteifung und Erhärtung aus. Andererseits treten auch keine Probleme auf, wenn der normale Betriebsablauf beim Tunnelvortrieb aus irgendwelchen Gründen gestört wird und der Tunnelvortrieb für eine Zeitspanne von etwa zwei Stunden oder weniger stockt. In diesem Fall bleibt der Auskleidungsbeton in der Betonförderleitung ausreichend fließfähig, um bei Wiederaufnahme des Betriebes durch Einpumpen von weiterem Auskleidungsbeton weitergefördert zu werden. Es versteht sich, daß bei einer solchen Störung die Einleitung der elektrischen Energie unverzüglich unterbrochen wird. Dann findet auch im Bereich dieser Einleitungsstelle ein störendes Erhärten des Auskleidungsbetons nicht statt. Im Ergebnis kann bei Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Tunnelschalung sehr frühzeitig umgesetzt werden und folglich kann mit verhältnismäßig kurzer Tunnelschalung gearbeitet werden. Von besonderem Vorteil ist die Tatsache, daß mit sehr einfachen Vorrichtungen für die Durchführung des Verfahrens gearbeitet werden kann.

Eine solche Vorrichtung ist in ihrem grundsätzlichen Aufbau gekennzeichnet durch zumindest ei-

nen Rohrschuß in der Betonförderleitung, der als Einrichtung für die Einleitung von elektrischer Energie in den Auskleidungsbeton eingerichtet ist. Der Rohrschuß besteht nach bevorzugter Ausführungsform der Erfindung aus einem elektrisch nicht leitenden Werkstoff, der rohrinnenseitig, z. B. einander gegenüberliegende, Elektroden mit außen liegenden Anschlußeinrichtungen für elektrische Kabel aufweist, die ihrerseits über einen Transformator an das Netz oder an einen Generator angeschlossen sind. Es kann sich um üblichen Wechselstrom handeln. Eine andere Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß der Rohrschuß aus einem elektrisch nicht leitenden Werkstoff besteht und zumindest eine induktive oder kapazitive Antenne aufweist, die mit einem zugeordneten Sender verbunden ist. Es versteht sich, daß im Rahmen der Erfindung übliche Anpassungen und Abstimmungen durchgeführt werden müssen. Abzustimmen ist die elektrische Energie, die pro Zeiteinheit in den Auskleidungsbeton eingeführt wird, auf den Mengenstrom. Dazu lehrt die Erfindung, daß die Einrichtung zur Einleitung der elektrischen Energie in den Auskleidungsbeton eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung aufweist, die die Zufuhr an elektrischer Energie nach Maßgabe des Volumenstromes sowie der Anfangstemperatur und der vorgegebenen Endtemperatur steuert. Entsprechend kann auch mit Rohrschüssen unterschiedlicher Länge gearbeitet werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung ausführlicher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Tunnel, der für die Herstellung einer Tunnelauskleidung nach dem erfindungsgemäßen Verfahren eingerichtet ist.

Fig. 2 den vergrößerten Ausschnitt A aus dem Gegenstand nach Fig. 1,

Fig. 3 in nochmaliger Vergrößerung einen Schnitt in Richtung B-B durch den Gegenstand nach Fig. 2, ausschnittsweise,

Fig. 4 entsprechend der Fig. 3 die Anordnung für eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig. 5 eine graphische Darstellung zur Erläuterung des Verhaltens des erfindungsgemäße eingesetzten Auskleidungsbetons.

In der Fig. 1 erkennt man links das Ende 1 einer nicht gezeichneten Tunnelvortriebsmaschine sowie nach rechts anschließend eine Stirnschalung 2 mit der weiter anschließenden Tunnelschalung aus einer Mehrzahl von Tunnelschalungselementen 3. Es kann sich auch um eine Gleitschalung handeln. Man erkennt ferner in dem umgebenden Gebirge 4 die Tunnelröhre 5. - Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in den Fig. 1 nur die Längsschnitte, nicht aber die Projektionen der genannten Bauteile und Aggregate auf die Zeichenebene dargestellt.

In den Tunnelauskleidungsräumen 6 zwischen Tunnelschalung aus den Tunnelschalungselementen 3 und Gebirge 4 wird Auskleidungsbeton eingepumpt. Dazu dient die oben in Fig. 1 dargestellte Zu-

föhrleitung 7. Man erkennt in der Zuföhrleitung 7 einen besonderen Zuföhrleitungsabschnitt 8. Es handelt sich um einen besonderen Rohrschuß, der so eingerichtet ist, daß in seinem Bereich der Auskleidungsbeton in der Zuföhrleitung 7 durch Zuföhrung von elektrischer Energie erwärmt werden kann. Dazu wird in den Volumenelementen des Betons Wärme erzeugt und der Auskleidungsbeton wird dadurch vor Eintritt in den Tunnelauskleidungsräumen 6 durch und durch erwärmt, und zwar auf eine Temperatur von 40 bis 70° C, vorzugsweise von 50 bis 60° C. Der Zuföhrleitungsabschnitt 8, in dem die Erwärmung erfolgt, befindet sich praktisch unmittelbar vor dem Eintritt des Auskleidungsbetons in den Tunnelauskleidungsräumen 6. Es versteht sich, daß Armaturen und Meßeinrichtungen in die Zuföhrleitung 7, 8 sowie zwischen 8 und der Stirnschalung 2 angeordnet sein können.

In den Fig. 2 und 3 erkennt man eine elektrolitische Erwärmungseinrichtung 9 mit einem nichtleitenden Rohrabchnitt 8 als Zuföhrleitungsabschnitt der Zuföhrleitung 7 und darin eingebauten, an der Rohrabchnittsinnenwand 10 anliegenden, den Phasen eines technischen Wechselstromes zugeordneten Elektroden 11, 12. Die Elektroden 11, 12 sind an die entsprechenden Phasen 13, 14 eines leistungsregelbaren Transformators 15 angeschlossen, der in Fig. 1 dargestellt wurde.

Die Fig. 2 und 3 zeigen die Ausführungsform für Zweiphasen-Wechselstrom. Die Elektroden 11, 12 liegen dazu in dem Rohrabchnitt einander gegenüber. Bei Dreiphasen-Wechselstrom wären drei Elektroden vorgesehen und um 120° versetzt zueinander angeordnet.

In der Fig. 4 erkennt man die Verhältnisse für eine dielektrische Erwärmungseinrichtung 9 mit einem Rohrabchnitt 8, der induktive und/oder kapazitive Sendeantennen 16, 17 aufweist, die an einen leistungsregelbaren Sender angeschlossen sind, der etwa dort angeordnet ist, wo sich in der Fig. 1 der Transformator befindet. Auch hier besteht der Rohrabchnitt 8 aus nichtleitendem Werkstoff, die Sendeantennen 16, 17 sind außen aufgesetzt.

Aus der graphischen Darstellung der Fig. 5 entnimmt man, wie im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens der Auskleidungsbeton beim Anmachen eingestellt wird und sich verhält. Auf der Abszissenachse ist die Zeit in Minuten aufgetragen, auf der Ordinatenachse das Ausbreitmaß nach DIN in cm. Bekanntlich wird die Konsistenz eines Frischbetons, d. h. wie weich der Beton ist und wie sich diese Weichheit mit der Zeit verändert, meßtechnisch mit dem Ausbreitmaß erfaßt.

Dabei läßt man einen Betonkonus auf einem Schocktisch auseinanderfließen. Der Durchmesser des auseinandergeflossenen Betons ist das Ausbreitmaß. Wenn der Beton nicht mehr auseinanderfließt, befindet er sich in dem Übergangsstadium zwischen "Ende der Verarbeitbarkeit" und "Anfang des Ansteifens". Der weitere Übergang vom Ansteifen bis zum Erhärten geschieht allmählich. Der Beton, mit dem erfindungsgemäß als Auskleidungsbeton gearbeitet wird, weist in den Bereichen "Verarbeitbarkeit" und "Erhärten" die angegebenen Besonderheiten auf. Insoweit kann der Beton

nach den herrschenden Lehren der Betontechnologie eingestellt werden. Diese Einstellung hat überraschenderweise zur Folge, daß in den ersten Minuten bis zur Zeitspanne von etwa 10 bis 30 Minuten ein störendes Ansteifen auch nach der Einleitung der elektrischen Energie bis zu Einstellung der vorgegebenen Temperatur nicht eintritt. Bei einer Temperatur von 20° C ergibt sich die Kurve, die in der Fig. 5 mit dem entsprechenden Parameter versehen ist, bei z. B. 50° C die demgegenüber wesentlich steilere Kurve. Das bedeutet, daß bei 50° C die Auskleidungsbetonmischung wesentlich schneller ansteift. Die Betonerhärtung läuft im Tunnelauskleidungsringraum beschleunigt ab. Während bei 20° C die Festigkeit auch noch nach zwei bis vier Stunden im Bereich zwischen dem Verarbeitungsende und dem Beginn der Festigkeitsbildung bleibt, stellt sich im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens schon nach zwei Stunden eine Festigkeit von 5 N/mm² und nach vier Stunden eine solche von über 20 N/mm² ein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Tunnelauskleidung aus Auskleidungsbeton im Zuge des Tunnelvortriebs mit einer Tunnelvortriebsmaschine, z.B. einer Schildvortriebsmaschine,

- wobei mit Hilfe einer Tunnelschalung (3), die nach ausreichendem Erhärten des Auskleidungsbetons dem fortschreitenden Tunnelvortrieb folgend umgesetzt wird, ein Tunnelauskleidungsringraum (6) eingerichtet wird, der vortriebsmaschinenseitig von einer Stirnschalung (2) abgeschlossen wird,
- wobei in den Tunnelauskleidungsringraum (6) zumindest eine Betonförderleitung (7) einmündet, in der im Bereich der Stirnschalung (2) ein unmittelbares Einleiten von elektrischer Energie in den Auskleidungsbeton durchgeführt wird,
- wobei in den Tunnelauskleidungsringraum (6) ein Auskleidungsbeton eingeführt wird, der sowohl bei einer Temperatur von etwa 20°C über mehr als zwei Stunden verarbeitbar ist als auch nach Erwärmung auf eine Temperatur im Bereich zwischen 40 und 70°C nach 10 bis 30 min. nicht mehr verarbeitbar ist, und
- wobei der fließende Beton in der Betonförderleitung (7, 8) durch das Einleiten der elektrischen Energie auf eine Temperatur in dem angegebenen Bereich erwärmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei mit einem Auskleidungsbeton gearbeitet wird, der nach Erwärmung auf eine Temperatur von etwa 50°C nach etwa 15 min. nicht mehr verarbeitbar ist.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Auskleidungsbeton durch Einleiten von elektromagnetischen Wellen erwärmt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Auskleidungsbeton zwischen Elektroden erwärmt wird.

5. Vorrichtung für die Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 in Form einer Rohrleitung, die zur Einführung von elektrischer Energie in den Auskleidungsbeton eingerich-

tet ist, wobei zumindest ein Rohrschuß (8) vorgesehen ist, der aus einem elektrisch nichtleitenden Werkstoff besteht und rohrinnenseitig Elektroden (11, 12) mit Anschlußeinrichtungen für elektrische Kabel aufweist.

Claims

1. A process for the manufacture of a tunnel lining of lining concrete in the course of driving a tunnel by a tunnel-driving machine, e.g. a shield driving machine,

- in which an annular tunnel-lining space (6) which is closed off in the direction of the driving machine by face shuttering (2) is produced by means of tunnel shuttering (3) that after adequate hardening of the lining concrete is moved, following the progressive driving of the tunnel,

- in which at least one concrete-conveyor pipe (7) discharges into the annular tunnel-lining space (6), in which pipe direct introduction of electrical energy into the lining concrete is performed in the neighbourhood of the face shuttering (2),

- in which a lining concrete is introduced into the annular tunnel-lining space (6) that is both workable for more than two hours at a temperature of about 20°C and no longer workable 10 to 30 minutes after heating to a temperature in the range between 40°C and 70°C, and

- in which the flowing concrete in the concrete-conveyor pipe (7, 8) is heated to a temperature in the specified range by the introduction of electrical energy.

2. A process according to Claim 1, in which a lining concrete is used that is no longer workable about 15 minutes after heating to a temperature of 50°C.

3. A process according to one of Claim 1 or 2, in which the lining concrete is heated by the introduction of electromagnetic waves.

4. A process according to one of Claims 1 or 2, in which the lining concrete is heated-between electrodes.

5. An equipment to perform the process according to one of Claims 1 to 4 in the form of a pipe line that is equipped for the introduction of electrical energy into the lining concrete, in which at least one length of tube (8) is provided that consists of an electrically non-conducting material and possesses electrodes (11, 12) inside the tube with connection devices for electrical cables.

Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'un revêtement de tunnel en béton de revêtement au cours du creusement du tunnel avec une machine à creuser des tunnels, par exemple une taupe à bouclier, un espace annulaire (6) pour le revêtement du tunnel fermé du côté de la taupe par un coffrage frontal (2) étant agencé à l'aide d'un coffrage de tunnel (3) qui, après un durcissement suffisant du béton de revêtement, est déplacé en fonction de l'avancement du tunnel; au moins une conduite d'amenée de béton (7)

débouchant dans l'espace annulaire (6) pour le revêtement du tunnel pour permettre l'introduction directe de l'énergie électrique dans le béton de revêtement, dans la région du coffrage frontal (2); dans l'espace annulaire (6) pour le revêtement du tunnel étant introduit un béton de revêtement qui peut être mis en œuvre pendant plus de deux heures à une température d'environ 20°C et qui ne peut plus être mis en œuvre, après réchauffement à une température de l'ordre de 40 à 70°C, au bout de 10 à 30 minutes; et le béton coulant dans la conduite d'amenée de béton (7, 8) étant porté à une température située dans la plage précitée par l'introduction de l'énergie électrique.

2. Procédé selon la revendication 1, avec mise en œuvre d'un béton de revêtement qui, après échauffement à une température d'environ 50°C, ne peut plus être mis en œuvre au bout de 15 minutes environ.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, avec réchauffement du béton de revêtement par l'introduction d'ondes électromagnétiques.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, avec réchauffement du béton de revêtement entre des électrodes.

5. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 sous la forme d'une conduite agencée pour l'introduction d'énergie électrique dans le béton de revêtement, avec au moins une section de tube (8) constituée d'un matériau électriquement non conducteur et présentant sur la paroi intérieure du tube des électrodes (11, 12) avec des dispositifs de raccordement pour des câbles électriques.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

Fig.1

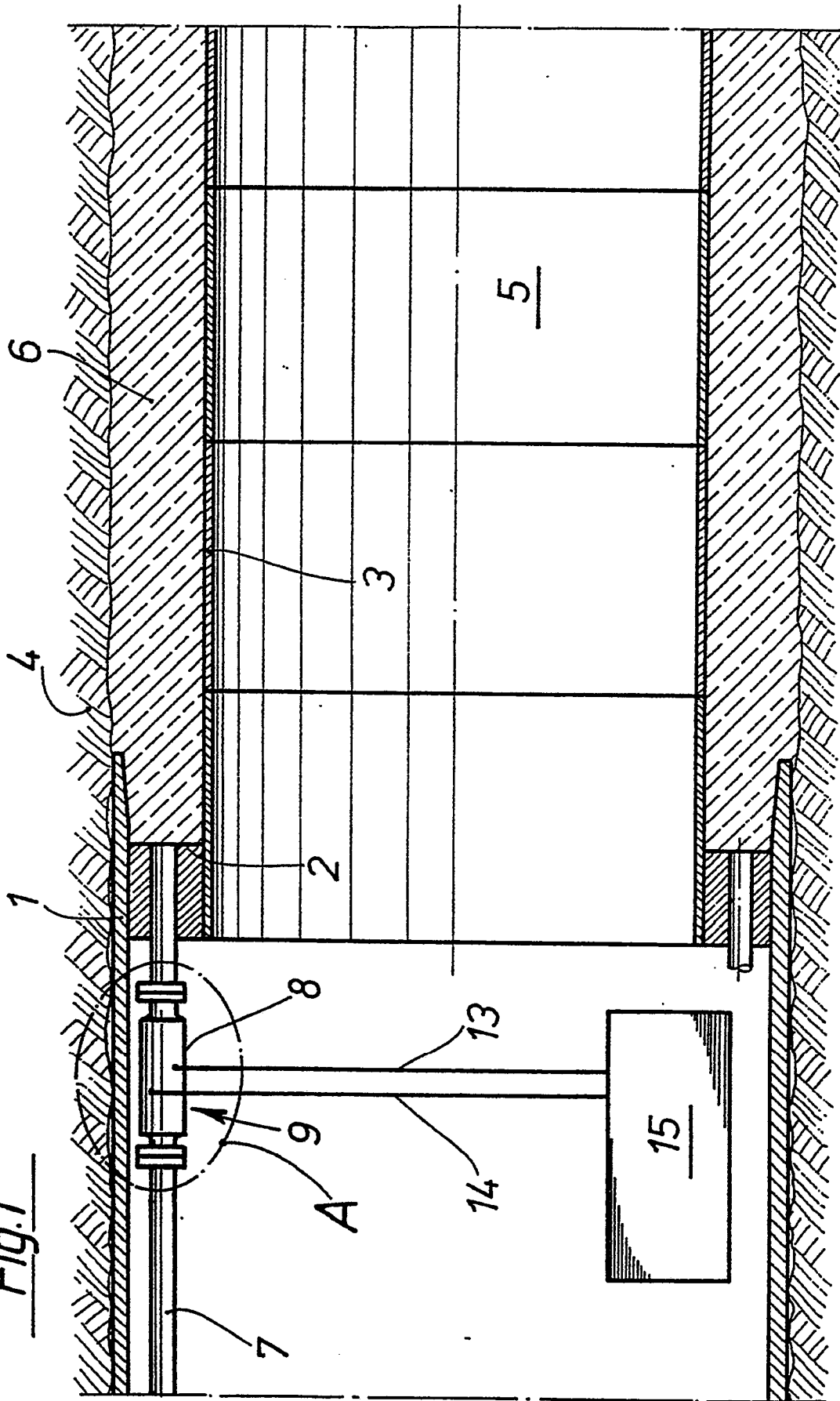


Fig. 2

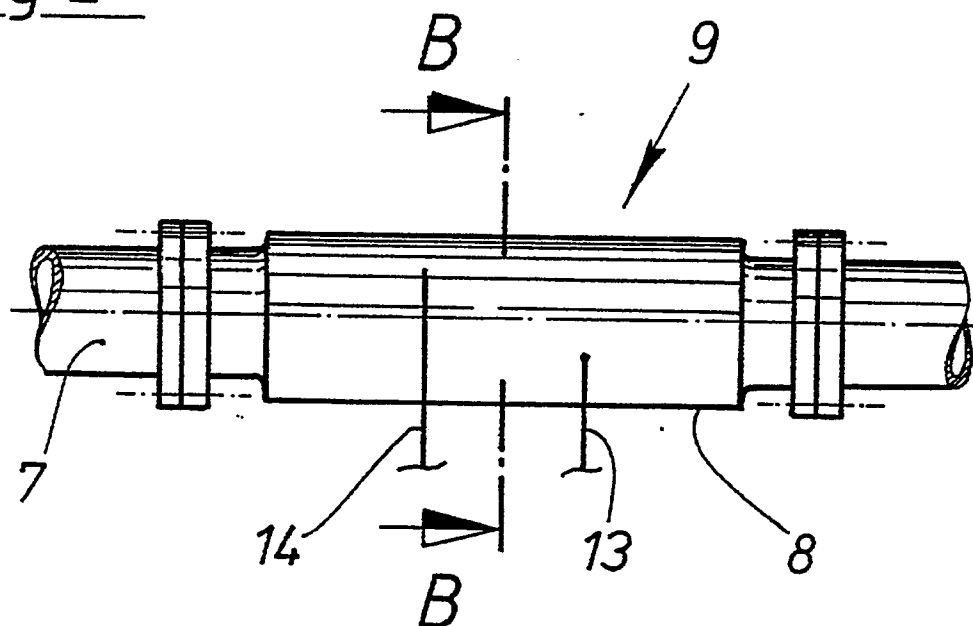


Fig. 3

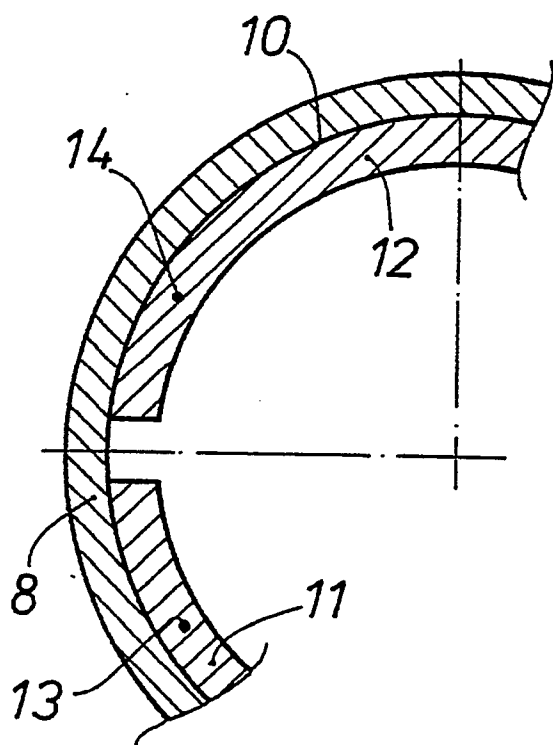


Fig. 4

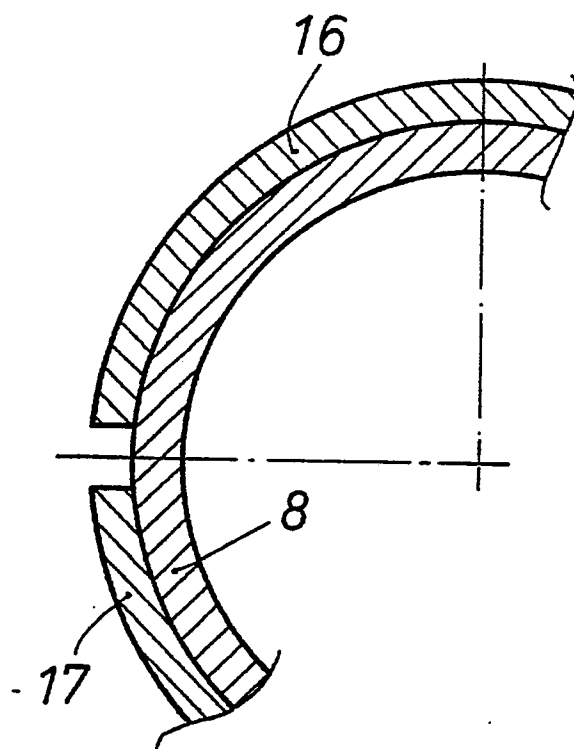


Fig. 5

