

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 254 835 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
01.05.1996 Patentblatt 1996/18

(51) Int Cl. 6: E21D 11/10, E04G 21/06,
B28B 17/02, H05B 3/60

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
03.10.1990 Patentblatt 1990/40

(21) Anmeldenummer: 87107717.8

(22) Anmelddatum: 27.05.1987

(54) **Verfahren zur Herstellung einer Tunnelauskleidung aus Auskleidungsbeton und Vorrichtung für die Durchführung des Verfahrens**

Process for making a tunnel lining of lining concrete, and device for carrying out

Procédé pour la fabrication d'un revêtement de tunnel en béton de revêtement et dispositif pour sa mise en oeuvre

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE FR GB NL

• Glöyer, Jens, Dipl.-Ing.
D-4300 Essen 1 (DE)

(30) Priorität: 02.07.1986 DE 3622203
24.12.1986 DE 3644532

(74) Vertreter: Andrejewski, Walter, Dr. et al
Patentanwälte
Andrejewski, Honke & Partner
Postfach 10 02 54
D-45002 Essen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.02.1988 Patentblatt 1988/05

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 636 530 DE-A- 2 813 462
DE-A- 3 025 285 DE-A- 3 508 996
DE-A- 3 622 203 DE-A- 3 644 532
FR-A- 2 461 425 FR-A- 2 485 860
GB-A- 2 172 323

(73) Patentinhaber: HOCHTIEF
AKTIENGESELLSCHAFT VORM. GEBR.
HELFMANN
D-45128 Essen (DE)

• ursprüngliche Unterlagen der deutschen
Patentanmeldung DE-P-36 10 237.7

(72) Erfinder:
• Hillemeier, Bernd, Dr.-Ing.
D-6200 Wiesbaden (DE)

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 zu mindest 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. 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 Erfahrung 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

- 5 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. 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 können mit einem Auskleidungsbeton stets auch Füllstoffe beige mischt werden. Die Einleitung der elektrischen Energie
- 10 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 Vorrichtung weist zumindest einen Rohrschuß in der Betonförderleitung, der als Einrichtung für die Einleitung von elektrischer Energie in den Auskleidungsbeton eingerichtet auf. Der Rohrschuß besteht aus einem elektrisch nichtleitenden Werkstoff, der rohrinnenseitig, z. B. einander gegenüberliegende, Elektroden mit au-

ßen 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. 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, und

Fig. 4 eine graphische Darstellung zur Erläuterung des Verhaltens des 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 wurden in den Fig. 1 nur die Längsschnitte, nicht aber die Projektionen der genannten Bauteile und Aggregate auf die Zeichenebene dargestellt.

In den Tunnelauskleidungsringraum 6 zwischen den Tunnelschalungselementen 3 und Gebirge 4 wird Auskleidungsbeton eingepumpt. Dazu dient die oben in Fig. 1 dargestellte Zuführleitung 7. Man erkennt in der Zuführleitung 7 einen besonderen Zuführleitungsabschnitt 8. Es handelt sich um einen besonderen Rohrschuß, der so eingerichtet ist, daß in seinem Bereich der Auskleidungsbeton in der Zuführleitung 7 durch Zuführung von elektrischer Energie erwärmt werden kann. Dazu wird in den Volumenelementen des Betons Wärme erzeugt und der Auskleidungsbeton wird dadurch vor Eintritt in den Tunnelauskleidungsringraum 6 durch und durch erwärmt, und zwar auf eine Temperatur von

40 bis 70° C, vorzugsweise von 50 bis 60° C. Der Zuführleitungsabschnitt 8, in dem die Erwärmung erfolgt, befindet sich praktisch unmittelbar vor dem Eintritt des Auskleidungsbetons in den Tunnelauskleidungsringraum 6. Es versteht sich, daß Armaturen und Meßeinrichtungen in die Zuführleitung 7, 8 sowie zwischen 8 und der Stirnschalung 2 angeordnet sein können.

In den Fig. 2 und 3 erkennt man eine elektrolytische Erwärmungseinrichtung 9 mit einem nichtleitenden

10 Rohrabschnitt 8 als Zuführleitungsabschnitt der Zuführleitung 7 und darin eingebauten, an der Rohrabschnittsinnenwand 10 anliegenden, den Phasen eines technischen Wechselstromes zugeordneten Elektroden 11, 12. Die Elektroden 11, 12 sind an die entsprechenden 15 Phasen 13, 14 eines leistungsregelbaren Transfornators 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 Rohrabschnitt einander gegenüber.

20 Bei Dreiphasen-Wechselstrom wären drei Elektroden vorgesehen und um 120° versetzt zueinander angeordnet.

Aus der graphischen Darstellung der Fig. 4 entnimmt man, wie im Rahmen des erfindungsgemäßen 25 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 30 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.

35 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 40 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

45 zur Zeitspanne von etwa 10 bis 30 Minuten ein störendes Ansteifen auch nach der Einleitung der elektrischen Energie bis zur Einslellung der vorgegebenen Temperatur nicht eintritt. Bei einer Temperatur von 20° C ergibt

50 sich die Kurve, die in der Fig. 4 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 Betonherhärtung 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 der Auskleidungsbeton im Bereich der Stirnschalung (2) zwischen Elektroden durch unmittelbares Einleiten von elektrischer Energie in den Auskleidungsbeton erwärmt 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.

Claims

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

- wherein 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) which is relocated following the progressive driving of the tunnel after adequate hardening of the lining concrete,

- wherein at least one concrete delivery line (7) leads into the annular tunnel lining space (6), in which line the lining concrete is heated in the region of the face shuttering (2) between electrodes by the direct introduction of electrical energy into the lining concrete,

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

- wherein the flowing concrete in the concrete delivery line (7, 8) is heated to a temperature in the said range by the introduction of electrical energy.

20 2. A process according to claim 1, wherein a lining concrete is employed which is no longer workable about 15 minutes after heating to a temperature of about 50°C.

Revendications

1. Procédé pour fabriquer 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, selon lequel un espace annulaire (6) pour le revêtement du tunnel, fermé du côté de la taupe par un coffrage frontal (2) est 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'agencement du tunnel, au moins une conduite d'aménée de béton (7), dans laquelle le béton de revêtement est chauffé dans la zone du coffrage frontal (2) entre des électrodes, par introduction directe d'une énergie électrique dans le béton de revêtement, débouche dans l'espace annulaire (6) pour le revêtement du tunnel, un béton de revêtement, qui peut être mis en oeuvre pendant plus de deux heures à une température d'environ 20°C et qui ne peut plus être mis en oeuvre après réchauffement à une température de l'ordre de 40 à 70°C, au bout de 10 à 30 minutes, est introduit dans l'espace annulaire (6) pour le revêtement du tunnel, et le béton coulant situé dans la conduite d'aménée de béton (7,8) est chauffé à une température située dans la gamme indiquée, au moyen de l'introduction de l'énergie électrique.
2. Procédé selon la revendication 1, selon lequel on met en oeuvre un béton de revêtement qui, après échauffement à une température d'environ 50°C, ne peut plus être mis en oeuvre au bout d'environ 15 minutes.

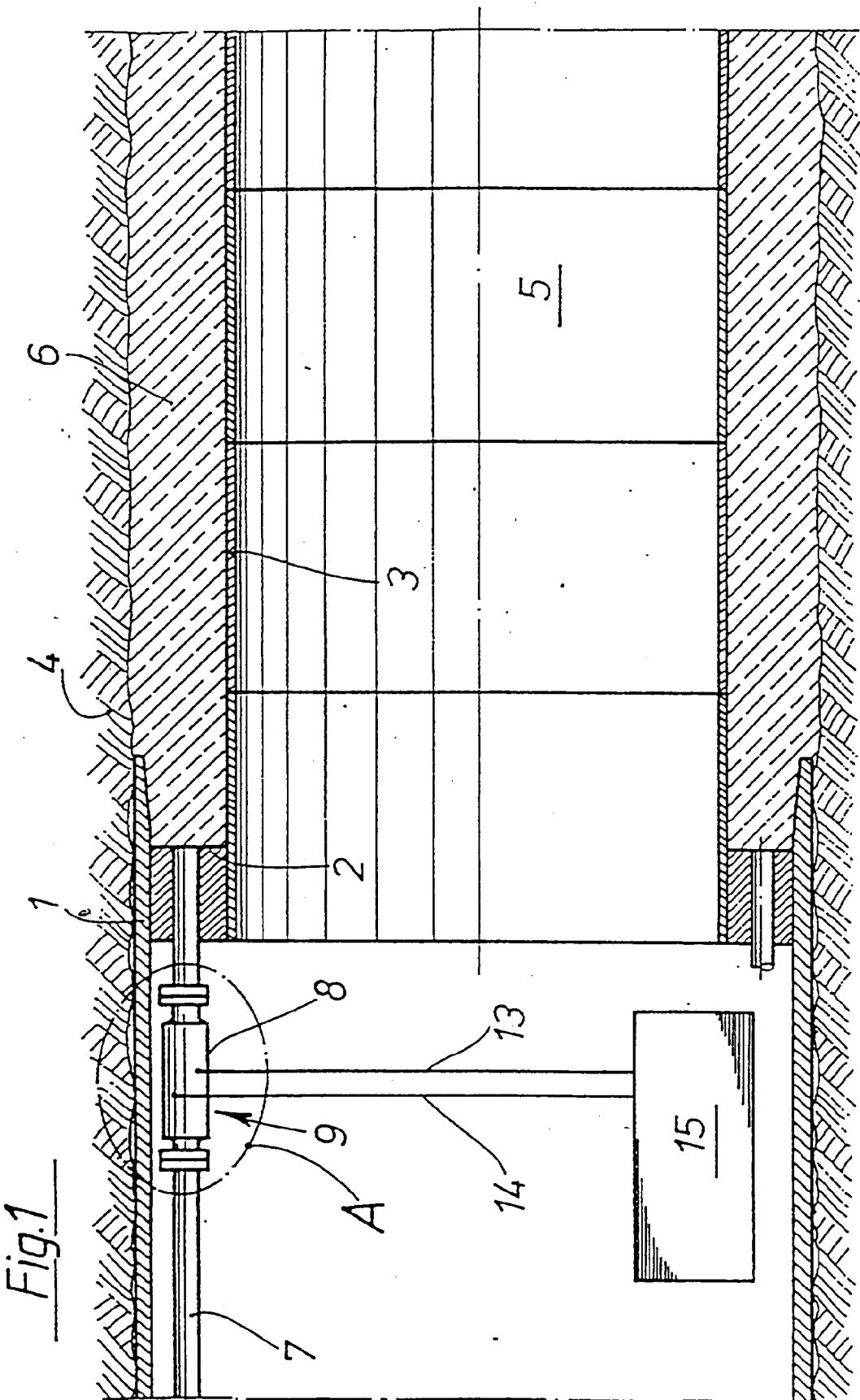


Fig. 2

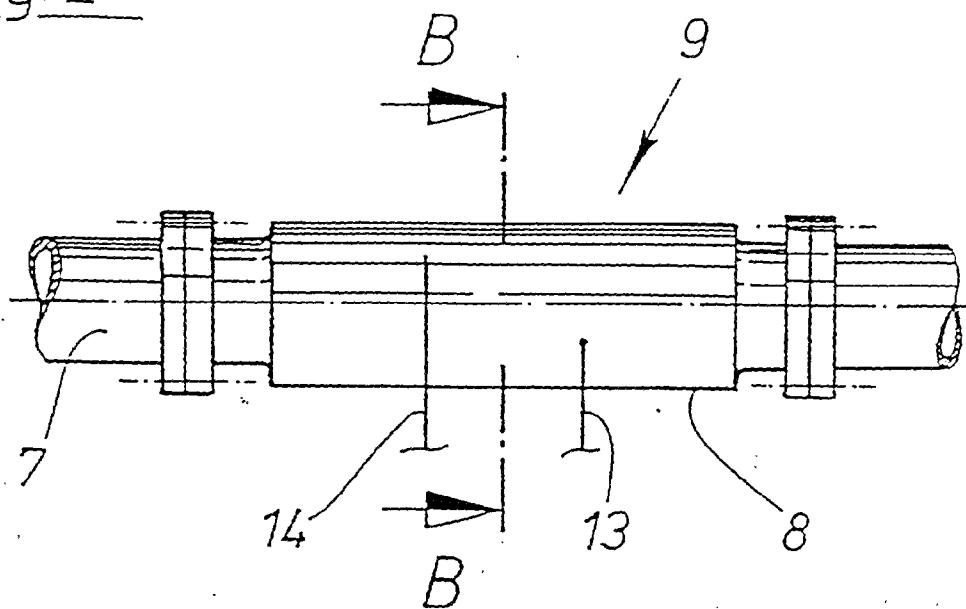


Fig. 3

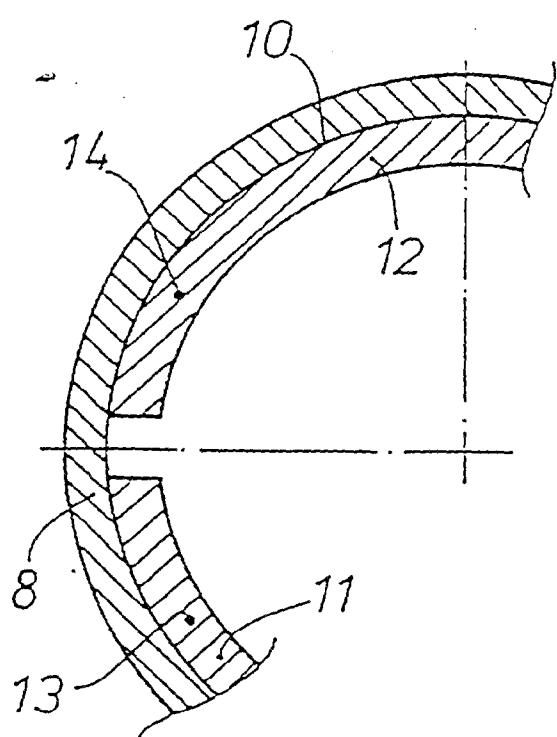


Fig. 4