

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 300 159 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **25.09.91**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **E21D 11/10, E21D 9/06**

(21) Anmeldenummer: **88108179.8**

(22) Anmeldetag: **21.05.88**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Auskleiden eines Tunnels mit Ortbeton.**

(30) Priorität: **17.07.87 DE 3723625**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**25.01.89 Patentblatt 89/04**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**25.09.91 Patentblatt 91/39**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**BE FR GB IT NL**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 2 913 091**  
**DE-A- 2 932 430**  
**DE-A- 3 025 922**  
**DE-A- 3 406 980**  
**DE-C- 3 127 311**

(73) Patentinhaber: **HOCHTIEF AKTIENGESELL-  
SCHAFT VORM. GEBR. HELFMANN**  
**Rellinghauser Strasse 53-57**  
**W-4300 Essen 1(DE)**

(72) Erfinder: **Hentschel, Volker**  
**Sensburger Ring 12**  
**W-3200 Hildesheim-Itzum(DE)**  
Erfinder: **Mahmens, Olaf**  
**Petzelsberg 48**  
**W-4300 Essen-Heisingen(DE)**  
Erfinder: **Versteegen, Clemens**  
**Schubertstrasse 2**  
**W-4300 Essen 1(DE)**  
Erfinder: **Babendererde, Siegmund, Dr.**  
**Kaiserallee 30**  
**W-2400 Lübeck-Travemünde(DE)**

(74) Vertreter: **Masch, Karl Gerhard et al**  
**Patentanwälte Andrejewski, Honke & Partner**  
**Theaterplatz 3 Postfach 10 02 54**  
**W-4300 Essen 1(DE)**

**EP 0 300 159 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auskleiden eines Tunnels mit Ortbeton hinter einer nachlaufenden Schildmantel aufweisenden Vortriebsmaschine, wobei der Ortbeton durch eine an der Innenmantelfläche des Schildmantels sowie an der Außenmantelfläche einer Innenschalung anliegende und relativ zum Schildmantel sowie zur Innenschalung längsbewegbare Stirnschalung hindurch unter gleichzeitiger Vorbewegung der Stirnschalung gegenüber der Innenschalung zwischen das Gebirge und die Innenschalung gedrückt wird, wobei die Stirnschalung durch Beaufschlagung mit dem Druck des in Abhängigkeit von der Relativstellung der Stirnschalung zum Schildmantel gesteuert zugeführten Ortbetons und durch Beaufschlagen einer hydraulischen Federanordnung mit einer Kompensationskraft entsprechend den zwischen der Stirnschalung und dem Schildmantel sowie der Innenschalung auftretenden Reibungskräfte vorbebewegt wird. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens, bei der die Stirnschalung eine an der Innenmantelfläche des Schildmantels anliegende äußere Manteldichtung sowie eine an der Außenmantelfläche der Innenschalung anliegende innere Manteldichtung aufweist, über eine bewegliche Ortbetonförderleitung mit einer Ortbetonpumpe verbunden ist sowie über die einstellbare, die Reibungskräfte kompensierende hydraulische Federanordnung an den Schildmantel angekoppelt ist und der Stirnschalung sowie dem Schildmantel ein Wegmeßgerät zwischengeschaltet ist, das als Eingabeglied einer die Ortbetonpumpe als Stellglied aufweisenden Steuereinrichtung zugeordnet ist.

Im Rahmen der bekannten Maßnahmen der genannten Art (DE-PS 34 06 980) sollen durch die Einstellung der hydraulischen Federanordnung die Ortbetondruckkraft und die Reibungskräfte gleichsam in das jeweils zutreffende Verhältnis gebracht werden können; wie diese Einstellung im einzelnen vorzunehmen ist, ist offengelassen. Die Steuereinrichtung dient lediglich dazu, die Stirnschalung in einem vorgegebenen Bereich des Schildmantels zu halten, und weist demzufolge eine Zylinderkolbenanordnung, über die der Schildmantel an ein Vortriebsaggregat der Vortriebsmaschine angekoppelt ist, und die Ortbetonpumpe als Stellglieder auf. Diese Maßnahmen werden den Erfordernissen aber nicht gerecht. Erfahrungen mit Vortriebsschilden im Durchmesserbereich von 6 bis 7 m haben nämlich gezeigt, daß die erforderlichen Kompensationskräfte zwischen 400 und 1400 kN schwanken können. Dies führt zu entsprechend großen Schwankungen des für die Vorwärtsbewegung der Stirnschalung notwendigen Betondruckes mit den entsprechend negativen Folgen für die Qualität der Tunnelaus-

kleidung, insbesondere im Lockerboden und unter dem Grundwasserspiegel. Um eine qualitativ einwandfreie Ortbetonauskleidung zu erhalten, müssen die auftretenden Druckschwankungen vermindert werden. Der Betondruck in der Schalung muß dabei oberhalb des anstehenden Erd- und Wasserdruckes sowie eines Sicherheitswertes gehalten werden.

Bei einer anderen Vorrichtung zum Vortrieb eines Tunnels (DE-PS 31 27 311) ist es auch bekannt, durch Verwendung von Mantelgleitlagern an der dem Schildmantel zugewandten Seite der Stirnschalung eine reibungsarme Längsverstellung zu ermöglichen und mit Hilfe einer Stabilisierungseinrichtung dafür Sorge zu tragen, daß die Stirnschalung immer ihre zur Maschinenrichtung senkrechte Lage beibehält. Die momentan herrschenden und variierenden Reibungskräfte werden hierbei aber nicht berücksichtigt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, im Rahmen der eingangs geschilderten Maßnahmen die schädlichen Druckschwankungen beim Zuführen des Ortbetons der Höhe nach zu vermindern.

In verfahrensmäßiger Hinsicht wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die Reibungskräfte zwischen Betonierabschnitten vorgegebener Länge durch Vorziehen der Stirnschalung gegenüber dem stillstehenden Schildmantel und der Innenschalung mittels der Federanordnung bei unterbrochener Ortbetonzufuhr um eine vorgegebene Wegstrecke bei der sich die Stirnschalung noch nicht von dem zuletzt zugeführten Ortbeton löst, sowie durch Messen der hierfür erforderlichen Kräfte ermittelt werden und daß beim nachfolgenden Betonieren die Stirnschalung gleichbleibend entsprechend den ermittelten Kräften in Vortriebsrichtung zusätzlich beaufschlagt wird und die zugeführte Ortbetonmenge bei einem Zurückbleiben der Stirnschalung gegenüber dem Schildmantel erhöht sowie bei einem Voreilen der Stirnschalung gegenüber dem Schildmantel erniedrigt wird. Die vorrichtungsmäßige Lösung ist dadurch gekennzeichnet, daß auch die hydraulische Federanordnung als Stellglied an die Steuereinrichtung angeschlossen ist und aus parallelen Hydraulikzylinderkolbenanordnungen besteht, deren die Stirnschalung abgewandte Zylinderkammern über eine Hydraulikleitung mit einer Gasdruckspeicheranordnung und deren der Stirnschalung zu gewandte Zylinderkammern über eine Hydraulikleitung mit einer Proportionaldruckventilanordnung verbunden sind, und daß die Zylinderkammern bei Stillstand des Schildmantels sowie der Ortbetonpumpe mit Hilfe der Proportionaldruckventilanordnung bis zum Vorbewegen um eine vorgegebene Wegstrecke beaufschlagbar sind und die entsprechenden Druckverhältnisse durch die Steuereinrichtung speicherbar sowie beim Zuführen des Ortbetons über die Pro-

portionaldruckventilanordnung einstellbar sind.

Die Erfindung geht hierbei von Erfahrungen aus, die im Zuge des Auskleidens von Tunneln mit Ortbeton gewonnen worden sind. Die auf die bewegliche Stirnschalung wirkenden veränderlichen Reibungskräfte sind während des Betriebes praktisch nicht bestimmbar. Zur Sicherstellung eines druckstabilen Betoneinbaus mit nur geringen Betondruckschwankungen ist es deshalb erforderlich, die Reibungskräfte in regelmäßigen Abständen zu erfassen und eine beim Zuführen des Ortbetons kontinuierlich wirkende Stützkraft so zu verändern, daß die Stützkraftänderung dem Betrage nach der Reibungskraft entspricht, dieser jedoch in der Wirkungsrichtung entgegengesetzt gerichtet ist. Diese Anpassung der Stützkraft bewirkt, daß die Stirnschalung ausschließlich durch die die Stützkraft übersteigende Betondruckkraft des zugeführten Ortbetons in Vortriebsrichtung vorwärts bewegt wird und auftretende Reibungskräfte durch die zusätzlich in das System eingebrachten Kompensationskräfte in ihrer Wirkung eliminiert werden.

Für die weitere Ausgestaltung bestehen im Rahmen der Erfindung mehrere Möglichkeiten. So besteht in verfahrensmäßiger Hinsicht ohne weiteres die Möglichkeit, die Reibungskräfte längs des Umfangs der Stirnschalung an mehreren Stellen unabhängig voneinander zu vermitteln; entsprechend ist es auch möglich, die Stirnschalung in Umfangsrichtung mit unterschiedlichen Kompensationskräften zu beaufschlagen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt eine Vorrichtung zum Auskleiden eines Tunnels mit Ortbeton hinter einer Vortriebsmaschine mit einem nachlaufenden Schildmantel 1. Hierbei wird eine Stirnschalung 2 eingesetzt, die eine an der Innenfläche des Schildmantels 1 anliegende äußere Manteldichtung 3 sowie eine an der Außenmantelfläche einer Innenschalung 4 anliegende innere Manteldichtung 5 aufweist. Durch die Stirnschalung 2 hindurch wird über eine bewegliche Ortbetonförderleitung 6 mit einer Ortbetonpumpe 7 Ortbeton gedrückt; das ist in der Figur lediglich angedeutet. Die Stirnschalung 2 ist über eine einstellbare, die Reibungskräfte kompensierende hydraulische Federanordnung 8 an den Schildmantel 1 angekoppelt. Außerdem ist der Stirnschalung 2 sowie dem Schildmantel 1 ein Wegmeßgerät 9 als Eingabeglied einer elektrischen Steuereinrichtung 10 zugeordnet.

Die genannte hydraulische Federanordnung 8 ist als Stellglied an die Steuereinrichtung 10 angeschlossen und die Steuereinrichtung 10 ist für eine Speicherung der Einstellung der hydraulischen Federanordnung 8 bei der Ermittlung der Reibungskräfte eingerichtet; das wird weiter unten noch ein-

gehend erläutert. Die hydraulische Federanordnung 8 besteht aus mehreren parallelen Hydraulikzylinderkolbenanordnungen 11, von denen nur eine dargestellt ist. Die der Stirnschalung 2 abgewandte Zylinderkammer 12 ist über eine Hydraulikleitung 13 mit einer Gasdruckspeicheranordnung 14 verbunden. Diese ist so ausgelegt, daß auf den Kolben der Hydraulikzylinderkolbenanordnung 11 unabhängig von dessen Stellung praktisch immer derselbe Druck ausgeübt wird. Die der Stirnschalung 2 zugewandte Zylinderkammer 15 der Hydraulikzylinderkolbenanordnung 11 ist über eine Hydraulikleitung 16 mit einer Proportionaldruckventilanordnung 17 mit Hydraulikpumpe 18 verbunden. Mit Hilfe der Proportionaldruckventilanordnung 17 kann ein konstanter Hydraulikdruck in der Zylinderkammer 15 aufrechterhalten werden. Die Ortbetonpumpe 7 ist als weiteres Stellglied an die Steuereinrichtung 10 angeschlossen, um den Betonvolumenstrom wegababhängig zu steuern. Hierzu wird bei der Auslenkung der Stirnschalung 2 relativ zum Schildmantel 1 um den Arbeitspunkt  $X_m$  in Richtung  $+x$  der durch die Stirnschalung 2 einzubringende Betonvolumenstrom vermindert, bei einer Auslenkung um  $X_m$  in Richtung  $-x$  der Betonvolumenstrom erhöht und bei Nichtauslenkung der Stirnschalung 2 der zugeführte Betonvolumenstrom konstant gehalten bzw. nicht geändert. Der Arbeitspunkt kann mit einer Wegtoleranz versehen werden.

Bei eingeschalteter Stützung, stehender Stirnschalung 2 sowie stehendem Schildmantel 1 werden die drucklosen Zylinderkammern 15 der Hydraulikzylinderkolbenanordnung 11 kontinuierlich mit steigendem Druck dadurch beaufschlagt, daß Hydraulikflüssigkeit von der Hydraulikpumpe 18 in die Zylinderkammer 15 gepumpt wird. Dabei wird die Betonstromregelung und die Betonzufuhr unterbrochen. Die eingespeiste Hydraulikmenge ist so bemessen, daß es nach Überschreiten eines bestimmten Druckes zu einem Abziehen der Stirnschalung 2 mit geringer Geschwindigkeit in Richtung  $+x$  kommt. Das Wegmeßgerät 9 registriert eine Wegänderung, aus der die elektronische Steuereinrichtung 10 eine Geschwindigkeitsänderung der Stirnschalung 2 ermittelt. Diese Geschwindigkeitsänderung ist das Signal für die Beendigung der hydraulischen Einspeisung. Der sich ergebende Druck wird in der Steuereinrichtung gespeichert und gegebenenfalls mit einem durch Eichung zu ermittelnden Korrekturfaktor versehen. Die dargestellten Kräfte (Stützkraft  $F_s$ , Betondruckkraft  $F_b$ , Erd- und Wasserdrukkraft) befinden sich im Gleichgewicht. Bei einem geringfügigen und hinreichend langsamen Bewegen der Stirnschalung 2 ändern sich die Druckverhältnisse im Betonraum nur geringfügig, da die Volumenänderungen wie von einer elastischen Membran aufgenommen werden.

Für den Kompensationsbetrieb wird die Proportionaldruckventilanordnung 17 auf eine dem letzten gemessenen und korrigierten Wert entsprechende Einstellung gebracht und die Zylinderkammer 15 der Hydraulikzylinderkolbenanordnung 11 mit Druck beaufschlagt. Für den Gleichgewichtszustand gilt im Idealfall

$$F_{\text{Speicher}} + F_{\text{Reibung}} = F_{\text{Beton}} + F_{\text{Kompensation}}$$

wobei  $F_{\text{Speicher}} = F_{\text{Beton}}$  und  $F_{\text{Reibung}} = F_{\text{Kompensation}}$  ist. Für den praktischen Einsatz wird  $F_{\text{Kompensation}}$  so gewählt, daß eine leichte Unterkompensation von  $F_{\text{Reibung}}$  erreicht wird. Dieses bedeutet, daß der Betondruck etwas überhöht angesetzt wird. Wird der Betondruck jetzt um einen gewissen Wert  $dF_b$  gesteigert, so setzt sich die Stirnschalung 2 in Richtung der auf sie einwirkende Betondruckkraft in Bewegung, da ein Ungleichgewicht der Kräfte entsteht.

Bei einer Bewegung der Stirnschalung 2 in Richtung +x bei stehender Innenschalung 4 und einer gegenüber dem Schildmantel 1 höheren Stirnschalungsgeschwindigkeit werden die die Bewegung hemmenden Kräfte annähernd optimal kompensiert. Im Normalfall bleibt die eingestellte Kompensationskraft solange konstant, bis eine bestimmte Wegstrecke, z. B. 20 cm, fertig betoniert ist. Die Steuereinrichtung 10 wird mit allen zur Bestimmung des Betonierweges erforderlichen Weginformationen ausgerüstet. Bei Erreichen der vorgesehenen Wegstrecke wird der Kompensationsbetrieb abgebrochen und automatisch eine neue Reibkraftbestimmung durchgeführt. Als Sicherheitsreserve dient eine höhere Festlegung des Betondruckes als es nach den statischen Rahmenbedingungen nötig wäre sowie die geringe Unterkompensation der Reibkraft, als deren Folge eine Betondrucküberhöhung notwendig ist. Die Auslenkung der Stirnschalung 2 führt zu einem Einsetzen der Betonvolumenstromregelung. Der Betonvolumenstrom wird vermindert. Aus praktischen Erwägungen heraus kann der Arbeitspunkt  $X_m$  mit einem Toleranzfeld  $x_1 > x_m > x_0$  versehen werden. Befindet sich die Stirnschalung innerhalb dieser Strecke, so bleibt der Betonvolumenstrom konstant.

Bei einer Bewegung der Stirnschalung in Richtung +x bei stehender Innenschalung 4 und einer gegenüber dem Schildmantel 1 geringeren Stirnschalungsgeschwindigkeit wird von dem Wegmeßgerät 9 eine Auslenkung in Richtung -x registriert. Als Folge davon wird der Betonvolumenstrom erhöht. Der erhöhte Betonvolumenstrom führt zu einem Druckanstieg im Ringraum und schließlich zu einer Bewegung der Stirnschalung 2 in Richtung +x mit einer Geschwindigkeit, die größer ist als die des Schildmantels 1. Die auf die Stirnschalung 2 wirkende Reibkraft zwischen

Schildmantel 1 und Stirnschalung 2 verändert dabei Richtung und unter Umständen auch ihren Betrag. Um der damit eintretenden Veränderung der resultierenden Reibkraft Rechnung zu tragen, wird die Kompensationskraft solange verringert, bis die Relativgeschwindigkeit zwischen Stirnschalung 2 und Schildmantel 1 nicht mehr negativ ist. Als Folge der Auslenkung wird der Betonvolumenstrom erhöht. Der erhöhte Betonvolumenstrom führt zu einem Druckanstieg in der Schalung und schließlich zu einer Bewegung der Stirnschalung 2 in Richtung +x mit einer Geschwindigkeit, die größer als die des Schildmantels 1 ist. Ein Ausbleiben der Relativbewegung zwischen Schildmantel 1 und Stirnschalung 2 führt solange nicht zu einer wesentlichen Fehlkompensation, solange die Richtung der Reibkräfte zwischen Innenschalung 4 und Stirnschalung 2 sowie Schildmantel 1 und Stirnschalung 2 die gleiche Richtung haben. Dreht sich die Richtung der Reibkraft zwischen Schildmantel 1 und Stirnschalung 2 um, so verringert sich die Gesamtreibkraft und kann im Extremfalle ihre Richtung umkehren. Die Auslegung der Steuereinrichtung 10 sieht vor, daß der Bediener auf den geschilderten Fall aufmerksam gemacht wird; der Bediener kann dann gegebenenfalls geeignete Schritte zur "Störungsbeseitigung" unternehmen. Bei einem Stehenbleiben der Stirnschalung 2 ist die Steuereinrichtung 10 so ausgelegt, daß der Betrieb mit einer Reibungskompensation sofort unterbrochen wird, d. h. die Zylinderkammer 15 der Hydraulikzylinderkolbenanordnung 11 entlüftet wird. Ein Neustart des Kompensationsbetriebes ist nach Störungsbeseitigung möglich.

In Abwandlung der beschriebenen Ausführungsform ist es zur Ermittlung und Kompensation der Reibungskräfte selbstverständlich auch möglich, den Stützdruck in der Gasdruckspeicheranordnung 14 zu verändern. Ebenso ist es möglich, anstelle der dargestellten einzigen Proportionaldruckventilanordnung 17 weitere Proportionaldruckventilanordnungen zu verwenden, beispielsweise für jede Hydraulikzylinderkolbenanordnung 11 eine eigene Proportionaldruckventilanordnung 17 einzusetzen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Auskleiden eines Tunnels mit Ortbeton hinter einer einen nachlaufenden Schildmantel (1) aufweisenden Vortriebsmaschine, wobei der Ortbeton durch eine an der Innenmantelfläche des Schildmantels (1) sowie an der Außenmantelfläche einer Innenschalung (4) anliegende und relativ zum Schildmantel (1) sowie zur Innenschalung (4) längsbewegbare Stirnschalung (2) hindurch unter gleichzeitiger Vorbewegung der Stirnschalung (2) gegenüber

der Innenschalung (4) zwischen das Gebirge und die Innenschalung (4) gedrückt wird, wobei die Stirnschalung (2) durch Beaufschlagung mit dem Druck des in Abhängigkeit von der Relativstellung der Stirnschalung (2) zum Schildmantel (1) gesteuert zugeführten Ortbetons und durch Beaufschlagen einer hydraulischen Federanordnung (8) mit einer Kompensationskraft entsprechend den zwischen der Stirnschalung (2) und dem Schildmantel (1) sowie der Innenschalung (4) auftretenden Reibungskräften vorbewegt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reibungskräfte zwischen Betonierabschnitten vorgegebener Länge durch Vorziehen der Stirnschalung (2) gegenüber dem stillstehenden Schildmantel (1) und der Innenschalung (4) mittels der Federanordnung (8) bei unterbrochener Ortbetonzufuhr um eine vorgegebene Wegstrecke, bei der sich die Stirnschalung (2) noch nicht von dem zuletzt zugeführten Ortbeton löst, sowie durch Messen der hierfür erforderlichen Kräfte ermittelt werden und daß beim nachfolgenden Betonieren die Stirnschalung (2) gleichbleibend entsprechend den ermittelten Kräften in Vortriebsrichtung zusätzlich beaufschlagt wird und die zugeführte Ortbetonmenge bei einem Zurückbleiben der Stirnschalung (2) gegenüber dem Schildmantel (1) erhöht sowie bei einem Voreilen der Stirnschalung (2) gegenüber dem Schildmantel (1) erniedrigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reibungskräfte längs des Umfangs der Stirnschalung (2) an mehreren Stellen unabhängig voneinander ermittelt werden.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Stirnschalung (2) eine an der Innenmantelfläche des Schildmantels (1) anliegende äußere Manteldichtung (3) sowie eine an der Außenmantelfläche der Innenschalung (4) anliegende innere Manteldichtung (5) aufweist, über eine bewegliche Ortbetonförderleitung (6) mit einer Ortbetonpumpe (7) verbunden ist sowie über die einstellbare, die Reibungskräfte kompensierende hydraulische Federanordnung (8) an den Schildmantel (1) angekoppelt ist und der Stirnschalung (2) sowie dem Schildmantel (1) ein Wegmeßgerät (9) zwischengeschaltet ist, das als Eingabeglied einer die Ortbetonpumpe (7) als Stellglied aufweisenden Steuereinrichtung (10) zugeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß auch die hydraulische Federanordnung (8) als Stellglied an die Steuereinrichtung (10) angeschlossen ist und aus parallelen Hy-

draulikzylinderkolbenanordnungen (11) besteht, deren der Stirnschalung (2) abgewandte Zylinderkammern (12) über eine Hydraulikleitung (13) mit einer Gasdruckspeicheranordnung (14) und deren der Stirnschalung (2) zugewandte Zylinderkammern (15) über eine Hydraulikleitung (16) mit einer Proportionaldruckventilanordnung (17) verbunden sind, und daß die Zylinderkammern (15) bei Stillstand des Schildmantels (1) sowie der Ortbetonpumpe (7) mit Hilfe der Proportionaldruckventilanordnung (17) bis zum Vorbewegen um eine vorgegebene Wegstrecke beaufschlagbar sind und die entsprechenden Druckverhältnisse durch die Steuereinrichtung (10) speicherbar sowie beim Zuführen des Ortbetons über die Proportionaldruckventilanordnung (17) einstellbar sind.

### Claims

1. A process for the lining of a tunnel with cast-in-situ concrete behind a tunnel-driving machine possessing a trailing shield jacket (1), in which, through a front shuttering (2) fitting closely against the inner jacket surface of the shield jacket (1) and against the outer jacket surface of an inner shuttering (4) and longitudinally movable relatively to the shield jacket (1) and the inner shuttering (4), the cast-in situ concrete is pushed between the rock face and the inner shuttering (4) with simultaneous movement forward of the front shuttering (2) relatively to the inner shuttering (4), in which the front shuttering (2) is moved forward by the pressure load of the cast-in-situ concrete, the supply of which is controlled in accordance with the relative positions of the front shuttering (2) and the shield jacket (1), and by loading from a hydraulic spring device (8) with a compensation force corresponding to the frictional forces occurring between the front shuttering (2), the shield jacket (1), and the inner shuttering (4), *characterized in that* the frictional forces between concreting sectors of specified length are determined with the cast-in-situ concrete supply interrupted, by pulling forward the front shuttering (2) relatively to the stationary shield jacket (1) and the inner shuttering (4) by means of the spring device (8) over a specified distance in which the front shuttering (2) does not separate from the last-supplied cast-in-situ concrete and by measuring the forces necessary for this, and that in the subsequent concreting the front shuttering (2) is constantly additionally loaded in the direction of advance in accordance with the determined forces and the quantity of cast-in-situ concrete supplied is increased when the front

shuttering (2) lags behind the shield jacket (1) and is reduced when the front shuttering (2) moves ahead of the shield jacket (1).

2. A process according to Claim 1, *characterized in that* the frictional forces around the circumference of the front shuttering (2) are determined at several points independently of one another.
3. An equipment to perform the process according to Claim 1 or 2, in which the front shuttering (2) has an outer jacket seal (3) fitting against the inner jacket surface of the shield jacket (1) and an inner jacket seal (5) fitting against the outer jacket surface of the inner shuttering (4), is connected to a cast-in-situ concrete pump (7) by a movable cast-in-situ concrete conveyor pipe (6) and is coupled to the shield jacket (1) by the adjustable hydraulic spring device (8) compensating for the frictional forces, and a distance-measuring instrument (9) is interposed between the front shuttering (2) and the shield jacket (1), that as input unit is associated with a control equipment (10) having the cast-in-situ concrete pump (7) as output unit, *characterized in that* the hydraulic spring device (8) is also connected to the control equipment (10) as an output unit, and consists of parallel hydraulic piston-cylinder systems (11) the cylinder chambers (12) of which that face away from the front shuttering (2) are connected to a gas-pressure storage system (14) by a hydraulic pipe (13) and the cylinder chambers (15) of which that face towards the front shuttering (2) are connected to a proportional pressure valve system (17) by a hydraulic pipe (16), and that when the shield jacket (1) and cast-in-situ concrete pump (7) are stationary the cylinder chambers (15) can be loaded by means of the proportional pressure valve system (17) until there has been movement forward through a specified distance, and the corresponding pressure data can be stored by the control equipment (10) and are adjustable via the proportional pressure valve system (17) during the supply of cast-in-situ concrete.

#### Revendications

1. Procédé pour réaliser l'habillage d'un tunnel avec du béton coulé sur place, en arrière d'une abatteuse-chargeuse comportant une enveloppe formant bouclier arrière (1), et selon lequel on refoule le béton coulé sur place à travers un coffrage frontal (2), qui s'applique contre la surface enveloppe extérieure d'un

coffrage intérieur (4) et est déplaçable longitudinalement par rapport à l'enveloppe formant bouclier (1) ainsi qu'au coffrage intérieur (4), moyennant un mouvement simultané d'avance du coffrage frontal (2) par rapport au coffrage intérieur (4) entre la roche et ce coffrage intérieur, et selon lequel le coffrage frontal (2) avance sous l'effet du chargement par la pression du béton coulé sur place, envoyé d'une manière commandée à l'enveloppe formant bouclier (1) en fonction de la position relative du coffrage frontal (2) et sous l'effet du chargement d'un dispositif formant ressort hydraulique (8) avec une force de compensation correspondant aux forces de frottement apparaissant entre le coffrage frontal (2) et l'enveloppe formant bouclier (1) ainsi que le coffrage intérieur (4), caractérisé en ce que les forces de frottement entre des sections de bétonnage de longueur prédéterminée sont déterminées au moyen d'une avance du coffrage frontal (2) par rapport à l'enveloppe formant bouclier (1) fixe et au coffrage intérieur (4) à l'aide du dispositif formant ressort (8), et ce moyennant un envoi continu du béton coulé sur place, sur une distance de déplacement prédéterminée, pour laquelle le coffrage frontal (2) ne s'écarte encore pas du béton coulé sur place envoyé en dernier lieu, ainsi qu'au moyen d'une mesure des forces nécessaires à cet effet, et que lors du bétonnage ultérieur, on charge en supplément le coffrage frontal (2) de façon continue en fonction des forces déterminées, dans la direction d'abattage et on accroît la quantité envoyée de béton coulé sur place dans le cas où le coffrage frontal (2) est en retard par rapport à l'enveloppe formant bouclier (1) et on réduit cette quantité envoyée de béton lorsque le coffrage frontal (2) est en avance par rapport à l'enveloppe formant bouclier (1).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on détermine les forces de frottement, indépendamment les unes des autres, le long du pourtour du coffrage frontal (2) en plusieurs emplacements.
3. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1 ou 2, et dans lequel le coffrage frontal (2) possède un joint d'étanchéité extérieur d'enveloppe (3), qui s'applique sur la surface enveloppe intérieure de l'enveloppe formant bouclier (1), ainsi qu'un joint d'étanchéité intérieur d'enveloppe (5), qui s'applique contre la surface enveloppe extérieure du coffrage intérieur (4), est raccordé à une pompe (7) d'envoi du béton à couler sur place par l'intermédiaire d'une canalisation mobile (6)

d'amenée de ce béton, tout en étant accouplé à l'enveloppe formant bouclier (1) par l'intermédiaire du dispositif formant ressort hydraulique réglable (8), qui compense les forces de frottement, et dans lequel entre le coffrage frontal (2) ainsi que l'enveloppe formant bouclier (1) est intercalé un appareil (9) de mesure du trajet de déplacement, qui, en tant qu'élément d'introduction, est associé à un dispositif de commande (10) qui possède comme organe de réglage la pompe (7) délivrant le béton à couler sur place, caractérisé en ce que le dispositif formant ressort hydraulique (8) est également raccordé en tant qu'organe de réglage au dispositif de commande (10) et est constitué par des dispositifs hydrauliques à cylindre et piston (11) parallèles, les chambres (12), tournées à l'opposé du coffrage frontal (2), des cylindres étant raccordées par l'intermédiaire d'une canalisation hydraulique (13) à un dispositif accumulateur de pression de gaz (14) tandis que les chambres (15), tournées vers le coffrage frontal (2), des cylindres sont raccordées par l'intermédiaire d'une canalisation hydraulique (16) à un dispositif formant soupape à pression proportionnelle (17), et que lorsque l'enveloppe formant bouclier (1) et la pompe (7) délivrant le béton coulé sur place sont arrêtées, les chambres (15) des cylindres peuvent être chargées au moyen du dispositif formant valve à pression proportionnelle (17) jusqu'à réaliser l'avance sur une section de déplacement prédéterminée et que les conditions correspondantes de pression peuvent être mémorisées au moyen du dispositif de commande (10) et réglées lors de l'envoi du béton coulé sous pression par l'intermédiaire du dispositif formant valve à pression proportionnelle (17).

40

45

50

55

