



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 19 434 T2** 2006.02.23

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 210 504 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 19 434.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP00/05991**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 947 887.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/012952**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **22.02.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.06.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **13.04.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.02.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **E21D 9/06** (2006.01)

**E21D 9/08** (2006.01)

**C09K 7/08** (2000.01)

(30) Unionspriorität:

**9918992 12.08.1999 GB**

(73) Patentinhaber:

**Construction Research & Technology GmbH,  
83308 Trostberg, DE**

(74) Vertreter:

**Spott & Weinmiller, 80336 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**ELLENBERGER, Peter, CH-8706 Feldmeilen, CH**

(54) Bezeichnung: **TUNNELVORTRIEBSMETHODE**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Diese Erfindung betrifft das Bohren von Tunneln und Zusammensetzungen zur Verwendung dabei.

**[0002]** Erdruckausgleichsschildtunnelbohrmaschinen (EPBS von earth-pressure balance shield tunnel boring machines) werden zunehmend häufig verwendet beim Bohren von Tunneln in nicht felsige Schichten, da sie viele Vorteile bieten, wie das Vermögen, in eine große Verschiedenheit von Schichten zu bohren. Eine EPBS umfasst einen kreisförmig rotierenden Schneidkopf, der befestigt ist auf einem zylindrischen Schild von ähnlichem Durchmesser, so dass seine Rotationsachse zusammenfällt mit der Longitudinalachse des Schilds. Innerhalb des Schilds sind Mittel enthalten, um den Schneidkopf mit Materialien zu versorgen oder zu liefern und Mittel zum Ab- oder Wegfördern des Erdreichs oder Bodens. Das Erdreich, gelangt auf diese Weise durch Öffnungen in dem Schneidkopf in eine Abbaukammer unmittelbar hinter dem Schneidkopf, von wo es dann durch Fördermittel entfernt wird, in der Regel einem Fördermittel vom Schraubentyp.

**[0003]** EPBS zeigen insbesondere gute Leistung bei bindigen Böden oder Erdreichen mit guten plastischen Eigenschaften, aber sie sind nicht so effizient oder wirkungsvoll in anderen, z.B. dicken und klebrigen, Böden. Eine Lösung für dieses Problem war die Zugabe von einem geschäumten wässrigen Material an dem Schneidkopf, das die Entfernung von Erdreich viel einfacher macht. Ein Beispiel von einem solchen Verfahren kann gefunden werden in der veröffentlichten PCT Anmeldung WO 9918330 A.

**[0004]** Idealerweise sollte das Erdreich an dem Schneidkopf ausreichend plastisch gemacht werden durch Injektion von einem geschäumten Material, so dass es durch den Schneidkopf in die Abbaukammer gelangt. An diesem Punkt sollte es geeignet sein für die Entfernung durch Fördermittel, aber dies ist nicht immer der Fall. Z.B. ist ein Problem, das bei Erdreich auftritt aus Schichten mit einem hohen Anteil von Ton und Wasser, dass das Erdreich sehr flüssig verbleibt, und dies nicht nur eine wirkungsvolle Entfernung aus der Abbaukammer schwierig macht, sondern auch zu einem Ausfluss des Erdreichs aus der Abbaukammer hinter dem Schild führt.

**[0005]** Es wurde nun gefunden, dass es möglich ist, solches Erdreich wirkungsvoll zu entfernen durch Verwendung eines modifizierten Verfahrens, das ein Schaummittel oder Schaumbildner einsetzt. Die Erfindung stellt daher ein Verfahren bereit zum Bohren eines Tunnels unter Verwendung einer Erdruckausgleichsschildtunnelbohrmaschine, die einen Schneidkopf, eine Abbaukammer für Erdreich, das durch Bohren entfernt wird, und Fördermittel zur Ent-

fernung von dem Erdreich aus der Abbaukammer aufweist, wobei an dem Schneidkopf in eine Schicht, in die gebohrt wird, eine geschäumte wässrige Lösung injiziert wird, dadurch gekennzeichnet, dass

(a) die wässrige Lösung zwei Hauptbestandteile enthält, die (i) ein Sulfat oder Sulfonat enthaltendes anionisches Tensid und (ii)  $\beta$ -Naphthalinsulfonat-Formaldehyd-Kondensat sind, und dadurch, dass

(b) auf das Erdreich, das durch Bohren entfernt wird, in zumindest der Abbaukammer oder dem Fördermittel, eine zweite wässrige Lösung angewendet wird, die im Wesentlichen ein Polyethylenoxid mit hohem Molekulargewicht und gegebenenfalls ein Sulfat oder Sulfonat enthaltendes anionisches Tensid enthält.

**[0006]** Auf die oben unter (a) beschriebene wässrige Lösung wird im folgenden als "die erste wässrige Lösung" Bezug genommen.

**[0007]** Die Erfindung basiert auf der Entdeckung, dass bei den Bedingungen des Tunnelbohrens, das  $\beta$ -Naphthalinsulfonat-Formaldehyd-Kondensat (auf das im Folgenden durch die gut bekannte Abkürzung "BNS" Bezug genommen wird) und das Polyethylen glykol auf einem Weg wechselwirken, dessen genaue Natur nicht bekannt ist, aber was zu einem Versteifen des Mediums führt, in dem sie zusammen auftreten. Als Ergebnis wird das Erdreich, das beides enthält, weniger flüssig und besser geeignet für die Entfernung durch Fördermittel.

**[0008]** Das anionische Tensid, das ein wesentlicher Bestandteil in der ersten wässrigen Lösung ist und ein optionaler Bestandteil in der zweiten wässrigen Lösung, kann ausgewählt werden aus einem beliebigen solchen Sulfat oder Sulfonat enthaltenden Tensid, das in der Technik bekannt ist. Ein besonders bevorzugter Typ ist ein Polyalkylenalkylethersulfat, wobei die Polyalkylenoxidentkette eine mittlere Kettenlänge von 2 bis 3 Alkylenoxideinheiten aufweist. Typische kommerzielle Materialien schließen die "Alscope" (Handelsmarke) Serie von Toho Chemical Industry Co. ein.

**[0009]** Andere besonders bevorzugte Typen schließen Monoisopropanolammoniumlaurylalkoholsulfat (kommerziell erhältlich als z.B. "Sulfetal" (Handelsmarke) Cjot 160,  $\alpha$ -Olefin sulfonat (CAS Registrierungsnummer 68439-57-6) ein, kommerziell erhältlich als z.B. "Rhodocal" (Handelsmarke) A-246-L und  $C_8$ - $C_{22}$ -Fettalkoholsulfatsalze und  $C_8$ - $C_{22}$ -Fettalkoholethersulfatsalze, wobei der Fettalkohol vorzugsweise Laurylalkohol ist, der Ether ein Ether ist, der gebildet wird mit einer Alkylenoxidentkette (vorzugsweise Ethylenoxidentkette) von 1 bis 3 Alkylenoxideinheiten, und das Salz bildende Kation vorzugsweise ausgewählt wird aus Alkalimetall, Magnesium und Alkanolamin.

**[0010]** Das BNS, das brauchbar ist in dieser Erfindung, kann ausgewählt werden aus einem beliebig großen Bereich von solchen Materialien, die kommerziell erhältlich sind. BNS wird verwendet in großen Mengen in der Bauindustrie als ein sogenannter "Superplasticiser" für Beton. Beispiele für kommerziell erhältliche Materialien schließen RHEOBUILD (Handelsmarke) 1100 und RHEOBUILD 5500 ein.

**[0011]** Polyethylenoxide (PEO) sind gut bekannte Produkte des Handels, und ein geeignetes Material kann ausgewählt werden aus dem weiten zur Verfügung stehenden Bereich. Typische Beispiele sind die "Polyox" (Handelsmarke) Materialien von Union Carbide. Mit "hohem Molekulargewicht" ist ein Material gemeint mit einem gewichtsmittleren Molekulargewicht von 100 000 bis 8 000 000. Der bevorzugte Molekulargewichtsbereich liegt bei von 2 000 000 bis 5 000 000.

**[0012]** Zusätzlich zu diesen zwei wesentlichen Bestandteilen können der ersten wässrigen Lösung andere in der Technik bekannte Materialien zugegeben werden, die geeignet sind, um spezielle Spezialfunktionen zu leisten, z.B. Biozide und Komplexmierungsmittel. Unter gewissen Umständen können auch Schaumstabilisatoren, typischerweise Amine mit langen Fettsäureketten auch geeignet sein. Diese zusätzlichen Materialien können verwendet werden in Mengen, die in der Technik klar erkannt und verstanden werden. Wenn ein Polyalkylenalkylethersulfat-tensid verwendet wird, ist ein brauchbares adjunktives Material Harnstoff, der bis zu einem Ausmaß von 0,03 bis 0,8 %, vorzugsweise 0,06 bis 0,25 Gew.% der geschäumten Lösung zugegeben wird.

**[0013]** Bei der Herstellung der ersten wässrigen Lösung (zum Schäumen und zur Zugabe an dem Schneidkopf) kann das Gewichtsverhältnis (Feststoffe nach Gewicht) von Tensid zu BNS verschieden sein von 1:99 bis 99:1, vorzugsweise 90:10 bis 10:90, ganz besonders bevorzugt 70:30 bis 30:70. (Es ist natürlich möglich, die zwei wesentlichen Bestandteile unabhängig in verschiedenen wässrigen Lösungen zuzugeben, aber dies erhöht nur die Handhabungsprobleme ohne Erhöhung der Leistung). Für die günstigste Handhabung werden zwei Bestandteile in Wasser gelöst, um ein Konzentrat zu bilden, das geeignet ist für weitere Verdünnung, Schäumen und Injektion. Typischerweise wird das Konzentrat von 5 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise 8 bis 20 Gew.-%, Feststoffe an Tensid plus Kondensat enthalten. Zur Injektion an dem Schneidkopf wird dieses Konzentrat verdünnt mit Wasser, so dass es von 1 bis 20 Gew. %, vorzugsweise von 2 bis 6 Gew.-%, der ersten wässrigen Endlösung aufbaut, und wird dann geschäumt mit herkömmlichen Mitteln, um einen Schaum zu ergeben, der das 2- bis 15-fache, vorzugsweise 8- bis 12-fache von dem Volumen der ersten wässrigen Lösung vor dem Schäumen aufweist. Das Volumen des

injizierten Schaums beträgt von 10 bis 1000 l, vorzugsweise 200 bis 600 l, pro m<sup>3</sup> Erdreich.

**[0014]** Bei der Herstellung der zweiten wässrigen Lösung wird das Polyethylenoxid in Wasser gelöst bis zu einem Ausmaß von 0,5 bis 2 Gew.-%, vorzugsweise 0,8 bis 1,2 Gew. %. Wenn ein Sulfat oder Sulfonat enthaltendes anionisches Tensid verwendet wird in der zweiten wässrigen Lösung, liegt es in einer Menge vor von 5 bis 40 Gew.-%, vorzugsweise von 8 bis 20 Gew.-%, der zweiten Lösung. Die Gegenwart von Sulfat oder Sulfonat enthaltendem anionischen Tensid kann die Entfernung von Erdreich aus der Abbaukammer unterstützen. Wenn ein Tensid vorliegt in der zweiten wässrigen Lösung, wird die Lösung durch herkömmliche Mittel vor der Zugabe zu der Abbaukammer und/oder dem Fördermittel geschäumt.

**[0015]** Zusätzlich zu dem erforderlichen Polyethylenoxid und optionalen anionischen Tensid kann die zweite wässrige Lösung auch in der Technik anerkannte Materialien enthalten in bekannten Mengen, um spezielle Funktionen zu leisten. Beispiele schließen Biozide und Entschäumer ein.

**[0016]** Bei der Verwendung wird die erste wässrige Lösung durch herkömmliche Mittel geschäumt und dann aus Öffnungen in dem Schneidkopf in die Schicht, die gebohrt wird, injiziert. Das Erdreich wird entfernt durch Öffnungen in dem Schneidkopf in die Abbaukammer. Zu den Inhalten der Abbaukammer wird die zweite wässrige Lösung gegeben, geschäumt, wenn sie ein anionisches Sulfat oder Sulfonat enthaltendes Tensid enthält. Es wird dann durch das Fördermittel aus der Abbaukammer zur Entfernung oder Beseitigung herausgenommen. Wie zuvor angemerkt, kann, zusätzlich zu oder anstelle von der Zugabe der zweiten wässrigen Lösung zu den Inhalten der Abbaukammer, die zweite wässrige Lösung an dem Fördermittel zugegeben werden.

**[0017]** Das Verfahren dieser Erfindung wurde als sehr brauchbar befunden bei der Handhabung von Erdreichen, die einen hohen Anteil an Ton und Wasser enthalten. Als ein Beispiel dient die Erde unter Singapur, wo das Bohren von Tunneln für eine Untergrundbahn schwierig ist mit bekannten Techniken. Das Verfahren der vorliegenden Erfindung funktioniert gut mit solchen Erdreichen, was eine effiziente oder ein wirkungsvolles und wirtschaftliches Bohren und Beseitigungsverfahren erlaubt.

**[0018]** Die Erfindung stellt zusätzlich die Verwendung bereit von einem Schaum, wie er oben definiert ist in Kombination mit einer zweiten wässrigen Lösung, wie oben definiert beim Bohren von einem Tunnel unter Verwendung einer Erddruckausgleichsschildtunnelbohrmaschine.

**[0019]** Die Erfindung wird weiter durch die folgenden nicht beschränkenden Beispiele veranschaulicht.

#### Beispiel 1

**[0020]** Ein Beispiel, das den Effekt der Erfindung veranschaulicht.

**[0021]** Proben von Erdreich, die der Baustelle der Singapur Metro Bau (einem schweren, wässrigen Ton) entnommen sind, werden dem Kegelschlagtest des britischen Standards BS 1377 Teil 2 unterworfen, einem Test, der einen Hinweis gibt auf die Plastizität oder Fluidität des getesteten Materials – je tiefer die Penetration des Kegels, umso plastischer oder flüssiger ist die Probe. Die drei Proben (Proben 1, 2 und 3) werden wie folgt behandelt:

Probe 1: keine Behandlung.

Probe 2: in das Erdreich werden 0,08 Gew.-% vom Erdreich mit einem anionischen Tensid gemischt ("Sulfetal" (Handelsmarke) Cjot 160) und 0,04 % von BNS ("Rheobuild" (Handelsmarke) 5500).

Probe 3: wie Probe 2, aber mit der zusätzlichen Zugabe von 0,01 % von Polyethylenoxid ("Polyox" (Handelsmarke) WSR-301).

**[0022]** Die Kegelpenetrationstests ergeben die folgenden Ergebnisse: Probe 1: 13,7 mm, Probe 2: 20,7 mm, Probe 3: 17,5 mm.

**[0023]** In praktischen Begriffen ist die Probe 1 ziemlich steif. Die Zugabe der zwei Additive zu Probe 2 verursacht, dass die Probe ziemlich flüssig und leicht fließfähig wird. Die Zugabe des Polyethylenoxids zu Probe 3 verursacht, dass die Probe wieder zu steif wird, aber nicht so steif wie die ursprüngliche.

#### Beispiel 2

**[0024]** Ein Beispiel der Verwendung von einer geschäumten Zusammensetzung.

**[0025]** Wieder werden drei Proben getestet, dieses Mal durch den Test des Ausbreitmaßes nach dem deutschen Standard DIN 18555. Dieser Test schließt ein Platzieren einer Probe auf einem Tisch ein, die dann fallen gelassen wird und zusammengepresst wird. Die Ausbreitung der Probe nach dem Zusammenpressen ist ein Maß für die Fluidität der Probe – je größer die Ausbreitung, umso flüssiger die Probe. Die drei Proben werden wie folgt behandelt vor dem Fallenlassen.

Probe 1: keine Behandlung.

Probe 2: behandelt mit einer geschäumten wässrigen Mischung von einem  $\alpha$ -Olefin sulfonatensid ("Rhodocal" (Handelsmarke) A-246-L) und BNS ("Rheobuild" 5500), so dass dem Erdreich 0,08 Gew.-% an Tensid und 0,04 % BNS zugegeben werden.

Probe 3: wie Probe 2 mit der weiteren Zugabe von

0,01 Gew.-% von Polyethylenoxid ("Polyox" WSR-301).

**[0026]** Die Ergebnisse sind die folgenden:

Probe 1: 10,2 cm, Probe 2: 15 cm, Probe 3: 12,2 cm.

**[0027]** Wie in Beispiel 1 führt die Zugabe von Tensid und BNS dazu, dass die Probe flüssiger wird und die weitere Zugabe von Polyethylenoxid versteift das Material wieder, aber nicht bis zu der gleichen Steifheit wie die ursprüngliche.

**[0028]** Auf der Baustelle bedeutet dies, dass das Material an dem Schneidkopf von einer Tunnelbohrmaschine flüssig gemacht werden kann, so dass es leichter durch den Schneidkopf in die Abbaukammer gelangt, und dann versteift werden kann, um die Entfernung aus der Kammer zu verbessern oder steigern.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Bohren eines Tunnels unter Verwendung einer Erddruckausgleichsschildtunnelbohrmaschine, die einen Schneidkopf, eine Abbaukammer für Erdreich, das durch Bohren entfernt wird, und Fördermittel zur Entfernung von dem Erdreich aus der Abbaukammer aufweist, wobei an dem Schneidkopf in eine Schicht, in die gebohrt wird, eine geschäumte wässrige Lösung injiziert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass

(a) die wässrige Lösung zwei Hauptbestandteile enthält, die (i) ein Sulfat oder Sulfonat enthaltendes anionisches Tensid und (ii)  $\beta$ -Naphthalinsulfonat-Formaldehyd-Kondensat sind, und dadurch, dass

(b) auf das Erdreich, das durch Bohren entfernt wird, in zumindest der Abbaukammer oder dem Fördermittel, eine zweite wässrige Lösung angewendet wird, die im Wesentlichen ein Polyethylenoxid mit hohem Molekulargewicht und gegebenenfalls ein Sulfat oder Sulfonat enthaltendes anionisches Tensid enthält.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das anionische Tensid ausgewählt wird aus Polyalkylenalkylethersulfaten mit einer mittleren Polyalkylenoxidkettenlänge von 2 bis 3 Alkylenoxideinheiten, Monoisopropanolammoniumlaurylsulfatsulfaten,  $\alpha$ -Olefin sulfonaten und  $C_8$ - $C_{22}$ -Fettsäurekoholsulfatsalzen und  $C_8$ - $C_{22}$ -Fettsäurekoholethersulfatsalzen, wobei der Ether für einen Ether steht, der gebildet wird mit einer Alkylenoxidkette von 1 bis 3 Alkylenoxideinheiten.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Polyethylenoxid in der zweiten wässrigen Lösung ein gewichtsmittleres Molekulargewicht von 100 000 bis 2 000 000 aufweist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das prozentuelle Ver-

hältnis (Feststoffe nach Gewicht) des anionischen Tensids zu dem  $\beta$ -Naphthalinsulfonat-Formaldehyd-Kondensat in der ersten wässrigen Lösung von 1:99 bis 99:1 beträgt, vorzugsweise von 90:10 bis 10:90 und ganz besonders bevorzugt von 70:30 bis 30:70.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste wässrige Lösung verwendet wird als ein Konzentrat, das von 5 bis 40 Gew.-% anionisches Tensid und  $\beta$ -Naphthalinsulfonat-Formaldehyd-Kondensat enthält, das verdünnt wird, so dass es von 1 bis 20 % der wässrigen Endlösung aufbaut, wobei die Lösung geschäumt wird, um ein Volumen an Schaum zu ergeben, der das vom 2- bis 15-fachen des Volumens der ersten wässrigen Lösung vor dem Schäumen beträgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Volumen an Schaum, der injiziert wird, von 10 bis 1000 l/m<sup>3</sup> an Erdreich beträgt.

7. Verwendung von einem wässrigen Schaum in Kombination mit einer zweiten wässrigen Lösung, enthaltend im Wesentlichen ein Polyethylenoxid mit hohem Molekulargewicht und gegebenenfalls ein Sulfat oder Sulfonat enthaltendes anionisches Tensid beim Bohren eines Tunnels unter Verwendung einer Erddruckausgleichsschildtunnelbohrmaschine, wobei der wässrige Schaum das geschäumte Produkt von einer Flüssigkeit ist, die eine wässrige Lösung ist aus von 1 bis 20 Gew. % von einem Konzentrat, wobei das Volumen des Schaums vom 2- bis 15-fachen von dem der wässrigen Lösung beträgt, und das Konzentrat im Wesentlichen aus Wasser besteht, in dem ein Sulfat oder Sulfonat enthaltendes anionisches Tensid und ein  $\beta$ -Naphthalinsulfonat-Formaldehyd-Kondensat gelöst ist, wobei das Gew.-%-Verhältnis der Feststoffe von Tensid zu Kondensat in dem Konzentrat von 99:1 bis 1:99 beträgt, und das Konzentrat von 5 bis 40 Gew. % an Tensid plus Kondensat enthält.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen