

(19)



(11)

EP 1 820 903 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.09.2014 Patentblatt 2014/37

(51) Int Cl.:
E02D 3/115^(2006.01) E21D 9/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07102774.2**

(22) Anmeldetag: **21.02.2007**

(54) Vorrichtung und Verfahren zum Bodengefrieren

Device and method for ground freezing

Dispositif et procédé de congélation du sol

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **21.02.2006 DE 102006007980**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.08.2007 Patentblatt 2007/34

(73) Patentinhaber: **Messer Group GmbH
65812 Bad Soden (DE)**

(72) Erfinder:
• **Hatz, Gottfried
8461 Ehrenhausen (AT)**
• **Tauchmann, Jens
47269 Duisburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**DE-A1- 2 052 184 DE-A1- 19 930 504
US-A- 4 505 326**

EP 1 820 903 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Gefrieren von Erdreich, mit einem an seiner einen Stirnseite mit einem Gefrierrohrboden geschlossenen Gefrierrohr, in dessen Innenraum ein oberhalb des Gefrierrohrbodens endendes Innenrohr angeordnet ist. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zur Durchführung von Tiefbauarbeiten.

[0002] Derartige Vorrichtungen, die auch als "Gefrierlanzen" bezeichnet werden, kommen insbesondere bei Tiefbauarbeiten zum Einsatz, etwa im Schacht-, Gruben-, Stollen- oder Tunnelbau, um Personal und Gerät vor Erd- und Wassereintrüben zu schützen. Eine solche Vorrichtung ist beispielsweise in der DE 3112291A1 und in der US 505 326 A beschrieben.

[0003] Beim Einsatz dieser Vorrichtungen wird das Erdreich innerhalb eines abgegrenzten Bereiches durch thermischen Kontakt mit einem Kältemittel so stark abgekühlt, dass das im Erdreich enthaltene Wasser rings um die eingesetzten Gefrierlanzen gefriert und der Boden dadurch verfestigt und stabilisiert wird. Zu diesem Zweck werden in den zu verfestigten Boden Gefrierlanzen in einer der gewünschten Geometrie des zu gefrierenden Bodenbereichs, der Bodenbeschaffenheit und übrigen Rahmenbedingungen angepassten Anzahl und Weise verlegt. Die Gefrierlanzen werden dabei in Bohrlöcher eingebracht, deren Innendurchmesser geringfügig größer als der Außendurchmesser der Gefrierlanzen ist. Zum Gefrieren des Bodens wird in die zum Bodenbereich hin geschlossene Gefrierlanze das Kältemittel eingeleitet. Die Wärmeübertragung vom Erdreich zum Kältemittel erfolgt durch die Wände des äußeren Gefrierrohrs bzw. des Gefrierrohrbodens hindurch. Bei dem Kältemittel handelt es sich beispielsweise um eine Sole oder ein kryogenes Kältemittel wie z.B. verflüssigter Stickstoff. Das Kältemittel kann entweder über das innerhalb des Gefrierrohrs ausmündende Innenrohr oder über den Ringspalt zwischen Innenrohr und Gefrierrohr in den Bereich des Gefrierrohrbodens gebracht werden. Im ersten Fall wird dem Erdreich bevorzugt Wärme im Bereich des Gefrierrohrbodens entzogen. Dabei erwärmt sich das Kältemittel und fließt durch den Ringspalt zwischen Innenrohr und Gefrierrohr zur Beschickungsstelle zurück. Beispielsweise wird flüssiger Stickstoff durch das Innenrohr zum Gefrierrohrboden geleitet, wo er verdampft und überwiegend im gasförmigen Zustand durch den Ringspalt abströmt. Der gasförmige Stickstoff nimmt bei seinem Lauf durch den Ringspalt ebenfalls Wärmeenergie aus dem Erdreich auf. Im zweiten Fall wird dem Erdreich besonders stark Wärme im Bereich der Beschickungsstelle entzogen. Auf dem Weg zum Gefrierrohrboden erwärmt sich das Kältemittel und strömt durch das Innenrohr zur Beschickungsstelle zurück.

[0004] Durch den thermischen Kontakt mit dem Kältemittel gefriert das Wasser im Erdreich, und nach einiger Zeit bildet sich um die Gefrierlanze ein Frostkörper aus. Mit der Zeit wachsen die Frostkörper benachbarter Ge-

frierlanzen zusammen und bilden so eine geschlossene Wand, die vor Erd- und Wassereintrüben schützt. Um eine möglichst effiziente Vorgehensweise zu gewährleisten, erfolgt die Stickstoffbeschickung der Gefrierlanzen temperaturgesteuert. Hierzu ist jeder Gefrierlanze ein Magnetventil vorgeschaltet. Mit der dazugehörigen Regelungstechnik öffnet und schließt das Magnetventil in Abhängigkeit von der Temperatur des Abgasstroms. Das Fortschreiten der Erstarrungsfront wird über im Erdreich verteilte Temperaturfühler verfolgt. Innerhalb kurzer Zeit, in der Regel innerhalb weniger Tage, lassen sich Frostkörper von fast beliebiger Größe und Form erzeugen. Die Technik des Erdreichgefrierens ist vielseitig einsetzbar und hat sich mannigfach bewährt. Insbesondere der geringe apparativer Aufwand, die kurzen Vorlaufzeiten für die Gefrierarbeiten und die kurzen Gefrierzeiten aufgrund des großen Temperaturunterschiedes zwischen dem bevorzugten Kältemittel Stickstoff (- 196 °C bei Atmosphärendruck) und dem Erdreich, das Herstellen von Frostkörpern nahezu beliebiger Formen und Ausdehnungen und nicht zuletzt die hohe Verfügbarkeit und die Umweltfreundlichkeit des Stickstoffs tragen zum Erfolg des Verfahrens bei.

[0005] Da während der Bodenkühlung die Wärme über zumindest einen Großteil der Längserstreckung einer Gefrierlanze aus dem umgebenden Erdreich aufgenommen wird, sind gut wärmeleitende Rohrwände der Gefrierlanzen unabdingbar für die erfolgreiche Durchführung des Verfahrens. Aus diesem Grunde werden Gefrierlanzen eingesetzt, die aus Metallrohren aufgebaut sind. Beispielsweise besteht das (äußere) Gefrierrohr aus Stahl und das Innenrohr aus Kupfer.

[0006] Da die im Frostkörper befindlichen Metallrohre der Gefrierlanzen die bei den Tiefbaumaßnahmen eingesetzten Maschinen beschädigen können, werden keine Tiefbauarbeiten durch den mit Gefrierlanzen bestückten Frostkörper hindurch durchgeführt. Da die Entfernung der im Frostkörper eingelassenen Lanzen sehr aufwändig ist, behilft man sich in diesen Fällen damit, alternative Verfahren, wie beispielsweise das HDI-Verfahren (Hochdruckinjektion von Zement) einzusetzen. Eine andere Möglichkeit ist, die Lanzengeometrie und den Einbringungsort der Lanzen so zu wählen, dass die Lanzen nicht in das unmittelbare Bearbeitungsgebiet der Tiefbaumaschinen hineinreichen. Eine Kombination aus HDI-Verfahren und Bodengefrierverfahren ist in der DE 199 538 19 A1 beschrieben. Dennoch führen solche Alternativverfahren häufig zu unbefriedigenden Ergebnissen, da insbesondere die Ausbildung eines geschlossenen Frostkörpers nicht oder nur unter unverhältnismäßig hohem Aufwand gewährleistet werden kann.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist demnach, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art sowie ein Verfahren zur Durchführung von Tiefbauarbeiten dahingehend zu verbessern, dass die Technik des Bodengefrierens auch in diesen Bereichen einfach und effizient eingesetzt werden kann.

[0008] Gelöst ist diese Aufgabe bei einer Vorrichtung

der eingangs genannten Art und Zweckbestimmung dadurch, das das Gefrierrohr und das Innenrohr aus einem Material besteht, das durch eine Tiefbau-Bearbeitungsmaschine zerstört werden kann, ohne die Einsatzfähigkeit der Bearbeitungsmaschine zu beeinträchtigen. Vorzugsweise besteht dabei das Gefrierrohr und/oder das Innenrohr zumindest abschnittsweise aus einem spröden oder weichen Material. Als "spröde" wird hier ein Material verstanden, das beim Vortrieb einer Bearbeitungsmaschine zersplittert oder in anderer Weise in kleine Teile zerlegt wird. "Spröde" in diesem Sinne ist auch ein Verbundmaterial, bei dem kleine, bruchfeste Teile an Sollbruchstellen miteinander verbunden sind. Als "weich" wird hier ein Material verstanden, das eine wesentlich geringere Härte als das Material der Bearbeitungsmaschine aufweist. Hierbei kann es sich beispielsweise um Kupfer, einer Kupferlegierung oder aus Kunststoff handeln.

[0009] Die zumindest teilweise spröde oder weiche Konsistenz der Gefrierlanze ermöglicht es, die Gefrierlanze auch bei Tiefbauarbeiten durch den Frostkörper hindurch im Erdreich zu belassen. Die Gefrierlanzen selbst werden beim Vortrieb der Tiefbaumaschine zerstört, ohne dass die Maschine selbst dabei beschädigt wird. Die Reste der Lanzen werden mit dem übrigen Aushub von der Arbeitsstelle entfernt. Wesentlich ist, dass der spröde Materialanteil zum einen der thermischen Belastung standhält, die beim Beschicken der Gefrierlanze mit dem Kältemittel, beispielsweise Flüssigstickstoff, entsteht, und zum anderen nicht die Fähigkeit des Lanzenkörpers beeinträchtigt, Wärme aus dem Erdreich auf das Kältemittel zu übertragen. Aus diesem Grunde ist entweder das spröde oder weiche Material selbst gut wärmeleitend, oder es sind einzelne Abschnitte aus einem gut leitenden, beispielsweise metallischen Material in einer Rahmen- oder Matrixkonstruktion aus einem spröden oder weichen Material aufgenommen. Im letztgenannten Fall ist freilich darauf zu achten, dass Größe und Art der gut leitenden Abschnitte so gewählt und derart mit den übrigen Teilen der Lanze verbunden sind, dass durch sie keine ernsthafte Beschädigung einer Tiefbaumaschine erfolgen kann. Bei dem spröden Material handelt es sich beispielsweise um ein keramisches oder gesintertes Kunststoffmaterial, das eine hohe Sprödigkeit und gleichzeitig eine hohe Dichtigkeit und Kältebeständigkeit aufweist, um das Abströmen des Kältemittels in das umliegende Erdreich zu verhindern.

[0010] Bevorzugt handelt es sich bei dem spröden Material um einen Verbundwerkstoff aus einem Polymer und einem Füllstoff, auch "Kunststoff - Compound" genannt. Derartige Werkstoffe sind seit langem bekannt und werden beispielsweise in dem Fachartikel von U. Koch: "Verbundsysteme aus PTFE", Konstruktion 6/2001, S. 69 beschrieben. Sie umfassen eine Matrix aus einem thermoplastischen Kunststoff, bei dem es sich bevorzugt um Polytetrafluorethylen (PTFE) handelt, in die während eines Sinterprozesses Partikel eines Füllstoffes aus einem mineralischen oder organischen Material beige-

mischt wurde. Als Füllstoff kann dabei grundsätzlich jedes Material zum Einsatz kommen, das bei der Sinter-temperatur des jeweiligen Kunststoffes stabil ist. Die Größe, die Form und die chemische Zusammensetzung der Füllstoffpartikel bestimmen wesentlich die physikalischen Eigenschaften des Verbundwerkstoffes. Insbesondere lassen sich durch eine geeignete Wahl des Füllstoffes die mechanische Stabilität und die thermische Leitfähigkeit des Verbundwerkstoffes in einem weiten Bereich einstellen. Es ist daher möglich, den gesamten Lanzenkörper aus dem Verbundmaterial aufzubauen. Der für die erfindungsgemäße Gefrierlanze bevorzugte Verbundwerkstoff beinhaltet einen Füllstoff aus einem thermisch gut leitenden Material, beispielsweise Kohlenstoff in Form von amorpher Kohle oder Graphit, oder ein Metallpulver, wie beispielsweise Edelstahl, Bronze oder Kupfer. Das auf diese Weise hergestellte Material weist aufgrund der thermisch gut leitfähigen Einschlüsse in der Kunststoffmatrix eine gegenüber dem reinem Sinterkunststoff wesentlich verbesserte Wärmeleitfähigkeit auf. Die gegenüber den bisher zum Bau von Gefrierlanzen eingesetzten metallischen Werkstoffen wie Edelstahl oder Kupfer ohnehin geringere Festigkeit des Kunststoffs kann insbesondere durch die Verwendung von amorpher Kohle als Füllstoff weiter reduziert werden. Auch die Verwendung mehrerer Füllstoffe ist vorstellbar, von denen beispielsweise ein Füllstoff für die Verbesserung der thermischen Leitfähigkeit, ein andere für die Erhöhung der Sprödigkeit sorgt. Eine besonders gute thermische Leitfähigkeit lässt sich insbesondere bei einem Anteil von 20-60% des gut leitenden Materials, insbesondere Kohle oder Graphit, in einer PTFE-Matrix erreichen.

[0011] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird auch durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst. Dabei wird ein Bearbeitungsbereich mit Gefrier- vorrichtungen bestückt und in diesem Bearbeitungsbereich durch Beschicken der Gefriervorrichtungen mit einem Kältemittel ein Frostkörper gebildet.

[0012] Die als Gefriervorrichtungen dabei eingesetzten Gefrierlanzen sind aus einem Material gefertigt, das durch den Vortrieb der Tiefbau-Bearbeitungsmaschine zerstört werden kann, ohne dass der Arbeitseinsatz oder die grundsätzliche Einsatzfähigkeit der Tiefbau-Bearbeitungsmaschine dadurch beeinträchtigt wird. Anschließend wird eine Tiefbau-Bearbeitungsmaschine durch den mit Gefrierlanzen bestückten Bearbeitungsbereich hindurch vorgetrieben. Die dabei von der Tiefbau-Bearbeitungsmaschine erfassten und zumindest teilweise zerstörten Gefrierlanzen werden mit dem Aushub aus dem Bearbeitungsbereich abgetragen. Die erfindungsgemäßen Gefrierlanzen stellen dabei keine Behinderung der Tiefbauarbeiten dar, da sie beim Vortrieb der Maschine zerstört werden können, ohne dass dabei die Bearbeitungsmaschine beschädigt wird. Erstmals ist es dadurch möglich, Erdarbeiten in einem mit Gefrierlanzen bestückten Frostkörper durchzuführen; insbesondere können Gefrierlanzen auch im Bereich eines späteren Durchbruchs im Frostkörper angeordnet werden. Hier-

durch wird der Einsatzbereich der Erdreichgefrieretechnik erheblich erweitert.

[0013] Durch den Einsatz der erfindungsgemäßen Gefrierlanzen ist es möglich, unabhängig von der Anordnung der Lanzen Durchbrüche, Tunnel oder andere geometrische Formen aus dem Frostkörper herauszubrechen, ohne Schneidwerkzeuge für Beton oder Stahl einsetzen zu müssen. Es kann daher mit normalen Vortriebwerkzeugen oder Maschinen des Tunnel- oder Tiefbaus zum Erdaushub gearbeitet werden. Die Anordnung der Lanzen kann so unabhängig von späteren Bearbeitungsschritten gewählt und so der Frostkörper in einer für die Tiefbaumaßnahme optimalen Weise geformt werden.

Beispiel

[0014] Um den sehr starken Grundwasserandrang beim Bau eines Tunnels abzuschotten, wird der Bearbeitungsbereich durch Erdreichgefrieren gesichert. Dadurch wird in Arbeitsrichtung der Tunnelvortriebsmaschine ein Frostkörper gebildet, dessen Durchmesser um ein bis zwei Meter größer als der Bohrdurchmesser ist. Hierzu wird der Tunnelquerschnitt gleichmäßig mit einem Feld von 20 bis 30 Gefrierlanzen der erfindungsgemäßen Bauart belegt, die anschließend mit flüssigem Stickstoff beschickt werden. Die Gefrierlanzen bestehen aus einem PTFE-Vermundmaterial mit einem Füllstoffanteil von 40% amorpher Kohle. Durch den Wärmekontakt des umgebenden Erdreichs mit dem -196°C kalten Stickstoff wird innerhalb von 3 bis 6 Tagen ein Frostkörper gebildet, der ein bis zwei Meter tief in das Erdreich hineinreicht. Anschließend wird die Tunnelvortriebsmaschine in Gang gesetzt. Bei ihrer Bewegung in Vortriebsrichtung zerstört die Tunnelvortriebsmaschine die in ihrem Arbeitsquerschnitt gelegenen Gefrierlanzen, ohne dass die Maschine dadurch in einer ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigenden Weise beschädigt oder in ihrer Arbeit behindert wird. Nach dem Vortrieb um eine gewisse Strecke, beispielsweise 0,5 bis 1 Meter wird die Tunnelvortriebsmaschine zurückgezogen und ein neues Feld aus Gefrierlanzen aufgebaut.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Gefrieren von Erdreich, mit einem an seiner einen Stirnseite mit einem Gefrierrohrboden geschlossenen Gefrierrohr, in dessen Innenraum ein oberhalb des Gefrierrohrbodens endendes Innenrohr angeordnet ist, wobei das Gefrierrohr und das Innenrohr zumindest abschnittsweise aus einem spröden oder weichen Material bestehen, das durch eine Tiefbau-Bearbeitungsmaschine zerstört werden kann, ohne die Einsatzfähigkeit der Bearbeitungsmaschine zu beeinträchtigen, **dadurch gekennzeichnet, dass** als sprödes Material ein Verbundwerkstoff aus einem Kunststoff und einem Füllstoff aus einem thermisch gut leitenden

Material, insbesondere Metall oder Kohlenstoff eingesetzt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbundwerkstoff eine PTFE-Matrix mit einem Füllstoffanteil von 20-60% des thermisch gut leitenden Materials aufweist.

3. Verfahren zur Durchführung von Tiefbauarbeiten, bei dem ein Bearbeitungsbereich mit Gefriervorrichtungen bestückt und durch Beschicken der Gefriervorrichtungen mit einem Kältemittel im Bearbeitungsbereich ein Frostkörper gebildet wird, anschließend eine Tiefbau-Bearbeitungsmaschine durch den Bearbeitungsbereich vorgetrieben wird und die Gefriervorrichtungen ganz oder teilweise zerstört und mit dem Aushub aus dem Bearbeitungsbereich abgetragen werden, wobei die Gefriervorrichtungen aus einem Material gefertigt sind, das durch die Tiefbau-Bearbeitungsmaschine zerstört werden kann, ohne den Arbeitseinsatz der Tiefbau-Bearbeitungsmaschine zu beeinträchtigen.

Claims

1. Device for freezing soil, comprising a freezing tube which is closed at one of its ends by a freezing tube sheet and in the interior of which there is arranged an inner tube which ends above the freezing tube sheet, wherein the freezing tube and the inner tube consist at least in certain portions of a brittle or soft material which can be destroyed by an underground working machine without adversely affecting the operational capability of the working machine, **characterized in that** the brittle material used is a composite consisting of a plastic and a filler consisting of a material with good thermal conductivity, in particular metal or carbon.

2. Device according to Claim 1, **characterized in that** the composite has a PTFE matrix with a filler content of 20-60% of the material with good thermal conductivity.

3. Method for carrying out underground work, in which a working region is equipped with freezing devices and a frost body is formed by charging the freezing devices with a coolant in the working region, then an underground working machine is advanced through the working region and the freezing devices are completely or partially destroyed and removed together with the excavated material from the working region, wherein the freezing devices are produced from a material which can be destroyed by the underground working machine without adversely affecting the operational use of the underground working machine.

Revendications

1. Dispositif de congélation du sol, comprenant un tube de congélation fermé au niveau de l'un de ses côtés frontaux par un fond de tube de congélation, dans l'espace intérieur duquel tube de congélation est disposé un tube intérieur se terminant au-dessus du fond de tube de congélation, le tube de congélation et le tube intérieur étant constitués au moins en partie d'un matériau fragile ou mou qui peut être détruit par une machine de travaux de génie civil, sans altérer la capacité opérationnelle de la machine de travaux, **caractérisé en ce qu'**on utilise en tant que matériau fragile un matériau composite constitué d'une matière plastique et d'une matière de charge constituée d'un matériau de bonne conductibilité thermique, en particulier de métal ou de carbone.

5
10
15

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le matériau composite comprend une matrice de PTFE présentant une proportion de matière de charge de 20 à 60 % de matériau de bonne conductibilité thermique.

20

3. Procédé de mise en oeuvre de travaux de génie civil, dans lequel une région de travaux est équipée de dispositifs de congélation et un corps congelé est formé dans la région de travaux par alimentation des dispositifs de congélation en réfrigérant, une machine de travaux de génie civil est ensuite avancée à travers la région de travaux et les dispositifs de congélation sont complètement ou partiellement détruits et sont enlevés de la région de travaux par l'exca-
vation, les dispositifs de congélation étant fabriqués à partir d'un matériau qui peut être détruit par la machine de travaux de génie civil, sans entraver l'utili-
sation en situation de travail de la machine de tra-
vaux de génie civil.

25
30
35
40
45
50
55

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3112291 A1 [0002]
- US 505326 A [0002]
- DE 19953819 A1 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **U. KOCH.** Verbundsysteme aus PTFE. *Konstruktion*, Juni 2001, 69 [0010]