(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 061 135**
**B1**

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **16.01.85**

(51) Int. Cl.⁴: **E 02 B 3/10**, E 02 B 3/12

(21) Anmeldenummer: **82102148.2**

(22) Anmeldetag: **17.03.82**

(54) **Verwendung von Hochofen-Schlackensand beim Deichbau.**

(30) Priorität: **24.03.81 DE 3111471**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **29.09.82 Patentblatt 82/39**

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung: **16.01.85 Patentblatt 85/3**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**DE - A - 1 784 264**
**DE - A - 2 729 985**
**DE - A - 2 731 369**
**DE - A - 2 812 553**
**DE - C - 476 884**

**1263 BITUMEN, Band 38, Nr. 3, 5/6, J. KRAMER und Th. JANSSEN: "Deichbau an der ostfriesischen Küste unter Anwendung von Asphaltbauweisen", Seiten 81-87**
**PROF.DR.ING.K.WINNACKER, PROF. Dr.L.KÜCHLER: "Chemische Technologie", Sonderdruck, Band 6, "Metallurgie", 1073 Carl Hanser Verlag, München, Seite 398**
**CIVIL ENGINEERING-ASCE, vol. 42, nr. 4, April 1972, "Slag used to stop erosion", Seite 92**

(73) Patentinhaber: **Günther Martens KG, Kaffeestrasse 17, D-2820 Bremen 71 (DE)**

(72) Erfinder: **Martens, Günther, Kaffeestrasse 17, D-2820 Bremen 71 (DE)**

(74) Vertreter: **Goddar, Heinz J., Dr. et al, FORRESTER & BOEHMERT Widenmayerstrasse 4/I, D-8000 München 22 (DE)**

**EP 0 061 135 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 betrifft die Verwendung von Hochofenschlackensand beim Bau von Deichen, welche im wesentlichen aus einem Sandkern und einem darüber angeordneten Kleiboden bestehen.

Hochofenschlacke, die im wesentlichen aus Kalk, Magnesia, Tonerde und Silikaten besteht, fällt bei der Erzeugung von Roheisen im Hochofen als künstliche Gesteinsschmelze in grossen Mengen an. Wird die noch flüssige, aus dem Hochofen ankommende Schlacke in Wasser rasch abgekühlt, so entsteht der granulierte Hochofenschlakkensand oder Hüttensand, der im Gegensatz zu fester Hochofenschlacke, welche durch langsame Abkühlung des flüssigen Schlackenstromes entsteht und einen hohen Kristallinitätsgrad aufweist, im wesentlichen eine glasige, amorphe Struktur hat, wobei der Amorphizitätsgrad in der Regel bei ca. 90% liegt. Verfahren zur Herstellung dieses Hochofenschlackensandes und seiner Eigenschaften sind beispielsweise in dem Fachbuch „Hochofenschlacke" von Prof. Keil, Düsseldorf 1963, ausführlich beschrieben. Für die Eisen- und Stahlerzeugung der Industrie ist der Hochofenschlackensand ein lästiges Nebenprodukt. Seine Beseitigung und Lagerung ist mit hohen Kosten verbunden, insbesondere deshalb, weil nach einer gewissen Lagerzeit ein Verfestigungseffekt eintritt. Die Verfestigung ist dabei so stark, dass zum Sprengen grosser, aus dem Hochofenschlackensand gebildeter Klumpen pro Tonne ca. 12 kg Dynamit notwendig sind, während beispielsweise Felsgestein lediglich den Einsatz von etwa 1 kg Dynamit pro Tonne erfordert. In der eisen- und stahlerzeugenden Industrie besteht ein erhebliches Interesse, den Hochofenschlackensand positiv für Zwecke verwenden zu können, bei denen der Hochofenschlackensand wegen seiner besonderen Eigenschaften in grosser Menge eingesetzt werden kann, wobei die Transportkosten darüber hinaus relativ gering sein sollen. Unter den positiven Eigenschaften des Hochofenschlackensandes ist insbesondere seine hydraulische Bindefähigkeit zu nennen, die im Laufe der Zeit die vorstehend beschriebene Befestigung bewirkt. Die Durchlässigkeit einer Hochofenschlackensandschicht ist so gross, dass Oberflächenwasser in den Untergrund versickern kann, so dass es bereits bekannt ist, Hochofenschlackensand im Gemisch mit Lehm oder Lehmkies als Deckerde beispielsweise für Park- oder Sportplätze zu verwenden (DE-PC Nr. 476884; DE-A Nr. 2731369).

Weiterhin ist es bereitsbekannt, Hochofenschlackensand vor allem in der Zementindustrie bei der Herstellung von Hüttenzement einzusetzen. Die Zementindustrie kann jedoch die erheblichen Mengen des ständig anfallenden Hochofenschlackensandes nicht in der für die eisen- und stahlerzeugende Industrie wünschenswerten Weise aufnehmen.

Aus der DE-A Nr. 2729985 ist bereits eine Verwendung der eingangs beschriebenen Art bekannt, bei der ein Deichkern dadurch gebildet wird, dass eine entsprechend ausgehobene Verschalung mit einem Zementgemisch angefüllt wird, welches unter anderem als Zuschlag Hochofenschlackensand enthält. Der auf diese Weise gebildete wasserabschirmende Kern hat die wünschenswerte Flexibilität, um auch Bodenbewegungen ausgleichen zu können; der Kern selbst wird dann in üblicher Weise mit einer Erdaufschüttung bedeckt, die dann mit dem herkömmlichen Bewuchs versehen wird. Der Hochofenschlackensand wird dabei also lediglich im Zusammenwirken mit Zement verwendet und führt zu einer guten Elastizität der hergestellten betonähnlichen Masse, wie dies beispielsweise auch aus dem „Merkblatt über Hochofenschlacke für Tragschichten, Unterbau und Untergrundverbesserung im Strassenbau" der Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen, Ausgabe 1972, bekannt ist. Auf diese Weise hergestellte Deiche zeigen wie herkömmliche Deiche das Problem, dass leicht Deichbeschädigungen durch Aufschlag, also durch die Brandung in die Deichböschung geschlagene Löcher, sowie durch Überströmung, beispielsweise infolge Eisstauung, oder durch von Wellenüberschlag verursachte Böschungsrutschungen, Rückbrüche und Kampfstürze auftreten können, die häufig zur völligen Zerstörung einer Deichstrecke führen. Auch können tierische Schädlinge, wie Erdratten, Mäuse, Maulwürfe, Kaninchen, Füchse und andere sowie bodenbedingte Vorgänge in Form von Setzungs-, Sakkungs- und Schwindungserscheinungen den Bestand des Deiches gefährend.

Auch aus „Strassenbau-Technik", Nr. 10, 1961, S. 549 ff., ist die Verwendung von Hochofenschlacke im Wasserbau bekannt, jedoch handelt es sich dabei um die Verwendung kristalliner Hochofenschlacke, die ggf. vor Einsatz zu Brechsand verarbeitet ist, wobei der Brechsand dann als Zuschlagstoff eingesetzt wird. Die DE-A Nr. 1784264 betrifft die Verwendung von Steinen aus Schmelzschlacke bzw. Hochofenschlacke im Wasserbau, wobei von der Tatsache Gebrauch gemacht wird, dass die Kapillaren der aus der Schlacke gebildeten Steine geschlossen sind, so dass also eine Wasseraufnahme nicht stattfindet. Dabei werden zur Deichbefestigung die Steine in möglichst dichter Packung ausgelegt und in den Fugen mit Beton bzw. Bitumen ausgegossen. Auch derartige Deiche neigen zu den beschriebenen Beschädigungen, wobei aber insbesondere hervorzuheben ist, dass vollständig mit Steinen belegte Deiche nicht nur aus Gründen des Landschaftsschutzes, sondern auch aus Kostengründen nicht durchgehend, sondern lediglich im Bereich von Ortschaften u. dgl. angelegt werden können, während ansonsten Deiche mit Grünbewuchs vorgeschrieben sind. Es ist bereits versucht worden, das Problem des Schädlingsanfalls bei Deichen durch Einbringen von Kunststoffen, wie PVC oder Polyäthylen, zu beheben („Kunststoffe im Wasserbau", Bauingenieur-Praxis, Heft 125, 1971), jedoch haben sich hiermit keine befriedigenden Ergebnisse erzielen lassen. Insbesondere bedeutet das zusätzliche Einbringen von Kunststoffolien usw. einen weiteren Arbeits- und Kostenaufwand, der beim Deichbau in Anbe-

tracht der zu erstellenden Deichstrecken in aller Regel nicht tolerierbar ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Verwendung der eingangs genannten Art zu schaffen, welche die Herstellung von zuverlässig gegen Beschädigungen durch Wasser, durch bodenbedingte Vorgänge, wie Setzungs-, Sakkungs- und Schwindungserscheinungen und insbesondere durch Schädlingsbefall zuverlässig gesicherter Deiche ermöglicht.

Bei Deichen war es ausserdem bekannt, Hochofenschlacke als Sauberkeitsschicht unter einer Asphaltbetonschicht zu verwenden (1263, „Bitumen", Bd. 38, Nr. 3, 5/6, S. 81 und 82). Fernes war es durch „Civil Engineering-ASCE", vol. 42, Nr. 4, April 1972 bekannt, zum Uferschutz Aufschüttungen aus Hochofenschlacke vorzusehen.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass zwischen dem Sandkern und dem Kleiboden des Deiches eine durchgehende, ausschliesslich aus Hochofenschlackensand bestehende Zwischenschicht angeordnet wird.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass der Hochofenschlackensand einem Amorphizitätsgrad von mindestens 90% hat.

Weiterhin wird erfindungsgemäss vorgeschlagen, dass der Hochofenschlackensand die nachstehende Zusammensetzung hat: 0,4 Gew.-% Granalien; 13,4 Gew.-% Wasser; 0,19 Gew.-% unlöslicher Rückstand; 35,20 Gew.-% $SiO_2$; 0,70 Gew.-% $TiO_2$; 11,40 Gew.-% $Al_2O_3$; 0,53 Gew.-% FeO; 0,3 Gew.-% MnO; 41,87 Gew.-% CaO; 5,1 Gew.-% MgO; 3,13 Gew.-% CaS; 0,31 Gew.-% $Na_2O$; 0,45 Gew.-% $K_2O$; 0,02 Gew.-% $SO_3$ und 0,007 Gew.-% P.

Eine besondere Ausführungsform der Erfindung schlägt weiterhin vor, dass der Hochofenschlackensand durch Einleiten der aus dem Hochofen mit einer Temperatur von mindestens 1300° C ankommenden flüssigen Schlacke in den Brennpunkt eines kalten, fokussierenden Hochdruckwasserstrahles erzeugt wird. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass die flüssige Schlacke beim Einleiten in den fokussierenden Wasserstrahl eine Temperatur von ca. 1350° C hat.

Schliesslich wird durch die Erfindung vorgeschlagen, dass der Wasserstrahl durch eine Düsenanordnung mit einem Druck von ca. 8 bar erzeugt wird.

Dadurch, dass erfindungsgemäss eine ausschliesslich aus Hochofenschlackensand bestehende Zwischenschicht bei Deichen mit natürlichem Bewuchs zwischen dem Sandkern und dem Kleiboden vorgesehen wird, wobei der Hochofenschlackensand einen ungewöhnlich hohen Amorphizitätsgrad aufweisen muss, werden die vorstehend beschriebenen Deichbeschädigungen zuverlässig vermieden. Auch Witterungserscheinungen durch Niederschläge, Frost und Trockenheit, welche ansonsten zu Abschwemmungen des Deichbodens, Schäden an der Grasnarbe und zu Schwundrissen im Deichkörper führen können, treten nicht auf. Bewirkt werden all diese positiven Effekte in überraschender Weise dadurch, dass die sich mit der Zeit fortlaufend erhärtende Zwischenschicht aus dem Hochofenschlackensand, die auch nach abgeschlossener Verfestigung ein gewisse Elastizität behält, bei Aufbringung in ausreichender Dicke dem Wasserdruck auch dann widersteht, wenn die Kleidecke, die auf ihr ruht, fortgespült ist, so dass auch eine Hinterspülung des Deiches durch überschlagende Wellen nicht mehr möglich ist. Überraschend ist insbesondere, dass es den genannten Deichschädlingen nicht mehr möglich ist, die Hochofenschlackensandschicht zu durchdringen, wobei dieser überraschende Effekt offenbar darauf beruht, dass der verwendete Hochofenschlackensand wegen seines Amorphizitätsgrades, also seiner hochgradig glasigen Struktur, feinste Nadeln ausbildet, die in das Fell und die Grabwerkzeuge der Schädlingen eindringen, so dass diese von ihre Wühltätigkeit bei Erreichen der Hochofenschlackensandzwischenschicht von der bewachsenen Oberfläche des Deiches her alsbald ablassen. Das bekannte Phänomen, dass Deiche durch von tierischen Schädlingen gegrabene Bauten geschwächst werden, lässt sich somit zuverlässig vermeiden.

Im übrigen lässt sich Hochofenschlackensand, wie er erfindungsgemäss verwendet wird, auch als Pflasterbett zur Aufnahme der Pflastersteine im Bereich der Steinböschung von Deichen einsetzen. Auch für die zum Deichbau notwendigen Bauwege lässt sich der Hochofenschlackensand natürlich in bekannter Weise verwenden, da sich eine hieraus hergestellte Tragschicht bereits vor der Verdichtung mit einer Vibrationsglattradwalze od. dgl. von schweren Fahrzeugen befahren lässt, ohne dass wesentliche Verformungen auftreten. Für diese an sich bekannten Zwecke kann der Hochofenschlackensand natürlich auch mit Zement gebunden werden, während ein erfindungswesentliches Merkmal gerade darin besteht, dass für die Zwischenschicht zwischen dem Sandkern und dem Kleiboden ausschliesslich Hochofenschlackensand eingesetzt wird.

Von Vorteil ist die Verwendung von Hochofenschlackensand anstelle von Zement beim Deichbau auch deshalb, weil der Hochofenschlackensand aus den bereits dargelegten Gründen ausgesprochen kostengünstig ist. Dies trifft vor allem dann zu, wenn die Transportkosten sehr gering sind, wie dies häufig der Fall ist, weil Hochöfen in der Regel an Wasserstrassen gelegen sind und der Transport des Hochofenschlackensandes vom Hochofen zur Deichbaustelle aus diesem Grunde per Schiff vorgenommen werden kann.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel anhand der schematischen Zeichnung im einzelnen erläutert ist. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen erfindungsgemäss hergestellten Deich im Querschnitt, und

Fig. 2 eine Vorrichtung zur Herstellung des erfindungsgemäss verwendeten Hochofenschlakkensandes im vertikalen Schnitt.

Wie Fig. 1 erkennen lässt, ist oberhalb des Sandkernes 5 eine Hochofenschlackensandzwischen-

schicht 2 angeordnet. Auf diese ist ein Kleiboden 3 aufgebracht, während ein Rasensoden 4 die Schichtung des Deiches abschliesst. Seeseitig bildet die Hochofenschlackensandzwischenschicht zugleich ein Pflasterbett 8 für Böschungssteine 11. Landseitig bestehen der Belag 7 und/oder der Untergrund 6 der Strasse ggf. ebenfalls auf Hochofenschlackensand.

Die in Fig. 2 gezeigte Vorrichtung zur Herstellung des erfindungsgemäss verwendeten Hochofenschlackensandes weist eine Hochdruckdüsenanordnung 10 auf, die einen in der Zeichnung in Richtung des Pfeiles 12 nach rechts gerichteten Hochdruckwasserstrahl 14 erzeugt, der fokussierend ausgebildet ist. Der Strahldruck der Düsenanordnung 10 beträgt ca. 8 bar. Der Wasserstrahl 14 ist fokussierend ausgebildet und wird auf einen Brennpunktbereich 16 hin gebündelt. In diesen Brennpunktbereich 16 wird aus dem Hochofen mit einer Temperatur von ca. 1350° C ankommende flüssige Schlacke 18 eingeleitet. Durch den auf diese Weise erzielten intensiven Abschreckungseffekt, der durch die mechanische Wirkung des fokussierenden Wasserstrahles 14 noch verstärkt wird, wird ein ausserordentlich feinkörniger Hochofenschlackensand erzeugt, der eine extrem hohe Amorphizität von mehr als 90% aufweist. Ein derartiger Hochofenschlackensand ist für die erfindungsgemässe Verwendung besonders günstig, nicht nur wegen der auf diese Weise erzielten grossen reaktiven Oberfläche und der dadurch hervorgerufenen hohen Bindefähigkeit, sondern auch wegen der stark glasigen Struktur, die offenbar zur Ausbildung feiner Nädelchen führt, die durch die möglichen Deichschädlinge gescheut werden.

Der Hochofenschlackensand fällt dann im übrigen nach unten in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise in Form der mittels eines Förderers od. dgl. abtransportierbaren Schlackensandschicht 20 aus.

**Bezugszeichenliste →**

**→ Bezugszeichenliste**

1 Böschungssteine
2 Zwischenschicht
3 Kleiboden
4 Rasensoden
5 Sandkern
6 Untergrund
7 Belag
8 Pflasterbett
9
10 Düsenanordnung
11
12 Pfeil
13
14 Wasserstrahl
15
16 Brennpunktbereich
17
18 Schlacke
19
20 Hochofenschlackensand
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

## Patentansprüche

1. Verwendung von Hochofenschlackensand beim Bau von Deichen, welche im wesentlichen aus einem Sandkern (5) und einem darüber angeordneten Kleiboden (3) bestehen, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Sandkern (5) und dem Kleiboden (3) des Deiches eine durchgehende ausschliesslich aus Hochofenschlackensand bestehende Zwischenschicht (2) angeordnet wird.

2. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochofenschlackensand einen Amorphizitätsgrad von mindestens 90% hat.

3. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochofenschlackensand die nachstehende Zusammensetzung hat: 0,4 Gew.-% Granalien; 13,4 Gew.-% Wasser; 0,19 Gew.-% unlöslicher Rückstand; 35,30 Gew.-% $SiO_2$; 0,70 Gew.-% $TiO_2$; 11,40 Gew.-% $Al_2O_3$; 0,53 Gew.-% FeO; 0,3 Gew.-% MnO; 41,87 Gew.-% CaO; 5,1 Gew.-% MgO; 3,13 Gew.-% CaS; 0,31 Gew.-% $Na_2O$; 0,45 Gew.-% $K_2O$; 0,02 Gew.-% $SO_3$ und 0,007 Gew.-% P.

4. Verwendung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochofenschlackensand durch Einleiten der aus dem Hochofen mit einer Temperatur von mindestens 1300° C ankommenden flüssigen Schlacke in den Brennpunkt eines kalten, fokussierenden Hochdruckwasserstrahles erzeugt wird.

5. Verwendung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die flüssige Schlacke beim Einleiten in den fokussierenden Wasserstrahl eine Temperatur von ca. 1350° C hat.

6. Verwendung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Wasserstrahl durch eine Düsenanordnung mit einem Druck von ca. 8 bar erzeugt wird.

## Revendications

1. Utilisation du sable de laitier de haut fourneau à la construction de digues consistant essentiellement en un noyau de sable (5) et en un sol d'argile (3) disposé au-dessus, caractérisée par le fait que, entre le noyau de sable (5) et le sol d'argile (3) de la digue, on a disposé une couche intermédiaire continue (2) consistant exclusivement en sable de laitier de haut fourneau.

2. Utilisation selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le sable de laitier de haut

fourneau présente un degré d'amorphisme d'au moins 90%.

3. Utilisation selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée par le fait que le sable de laitier de haut fourneau a la composition suivante: 0,4% en poids de grenaille; 13,4% en poids de d'eau; 0,19% en poids de résidu insoluble; 35,20% en poids de $SiO_2$; 0,70% en poids de $TiO_2$; 11,40% en poids d'$Al_2O_3$; 0,53% en poids de FeO; 0,3% en poids de MnO; 41,87% en poids de CaO; 5,1% en poids de MgO; 3,13% en poids de CaS; 0,31% en poids de $Na_2O$; 0,45% en poids de $K_2O$; 0,02% en poids de $SO_3$, et 0,007% en poids de P.

4. Utilisation selon l'une des revendications précédentes, caractérisée par le fait que le sable de laitier de haut fourneau est produit par injection du laitier liquide sortant du haut fourneau à une température d'au moins 1300°C au foyer d'un jet d'eau froide sous haute pression focalisé.

5. Utilisation selon la revendication 4, caractérisée par le fait que le laitier liquide est à une température d'environ 1350°C lors de l'injection dans le jet d'eau focalisé.

6. Utilisation selon l'une des revendications 4 ou 5, caractérisée par le fait que le jet d'eau est produit par un ensemble de tuyères sous une pression d'environ 8 bar.

## Claims

1. Use of blast-furnace slag sand in the construction of dykes consisting substantially of a sand core (5) and a clay base (3) thereabove, characterised in that a continuous intermediate layer (2) consisting solely of blast-furnace slag sand is disposed between the sand core (5) and the clay base (3) of the dyke.

2. Use according to Claim 1, characterised in that the blast-furnace slag sand has an amorphicity degree of at least 90%.

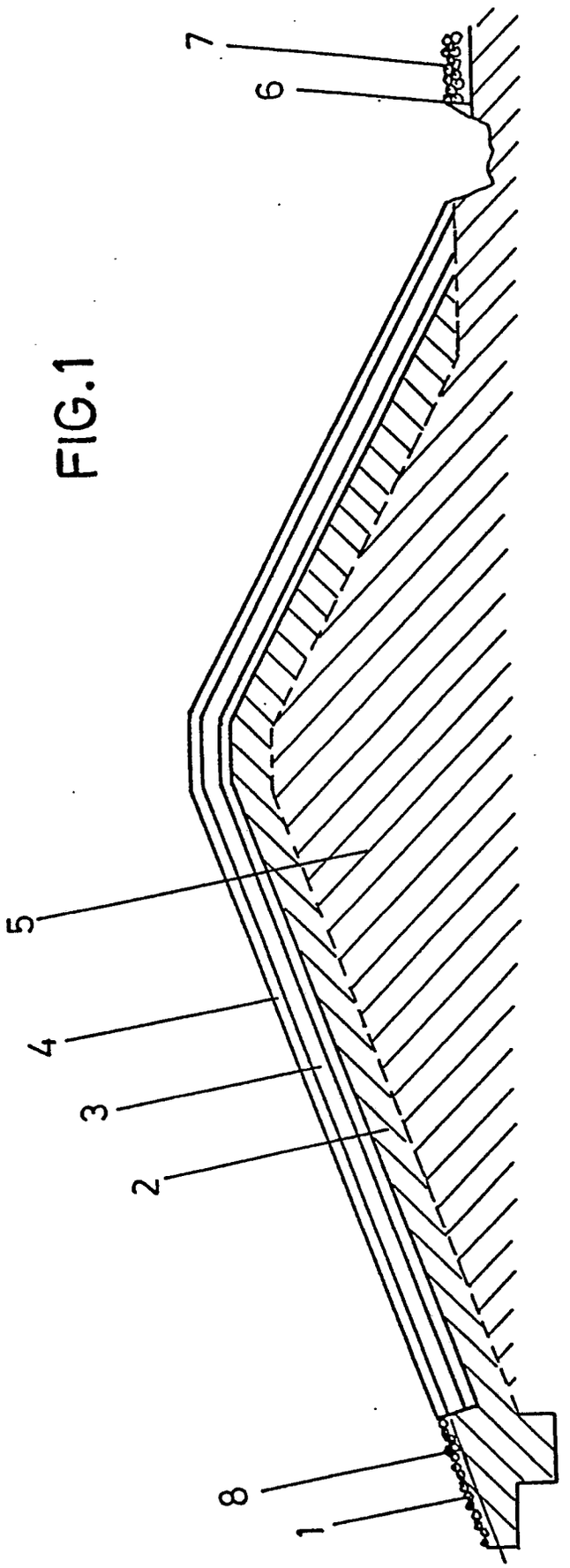
3. Use according to one of Claims 1 or 2, characterised in that the blast-furnace slag sand has the following composition: 0.4% by weight granules; 13.4% by weight water; 0.19% by weight insoluble residue; 35.20% by weight $SiO_2$; 0.70% by weight $TiO_2$; 11.40% by weight $Al_2O_3$; 0.53% by weight FeO; 0.3% by weight MnO; 41.87% by weight CaO; 5.1% by weight MgO; 3.13% by weight CaS; 0.31% by weight $Na_2O$; 0.45% by weight $K_2O$; 0.02% by weight $SO_3$, and 0.007% by weight P.

4. Use according to one of the preceding claims, characterised in that the blast-furnace slag sand is produced by introducing the liquid slag arriving from the blast-furnace at a temperature of at least 1300°C into the focal point of a cold focusing high-pressure water jet.

5. Use according to Claim 4, characterised in that the liquid slag has a temperature of about 1350°C on introduction into the focusing water jet.

6. Use according to one of Claims 4 or 5, characterised in that the water jet is produced by a nozzle system at a pressure of about 8 bar.

FIG.1



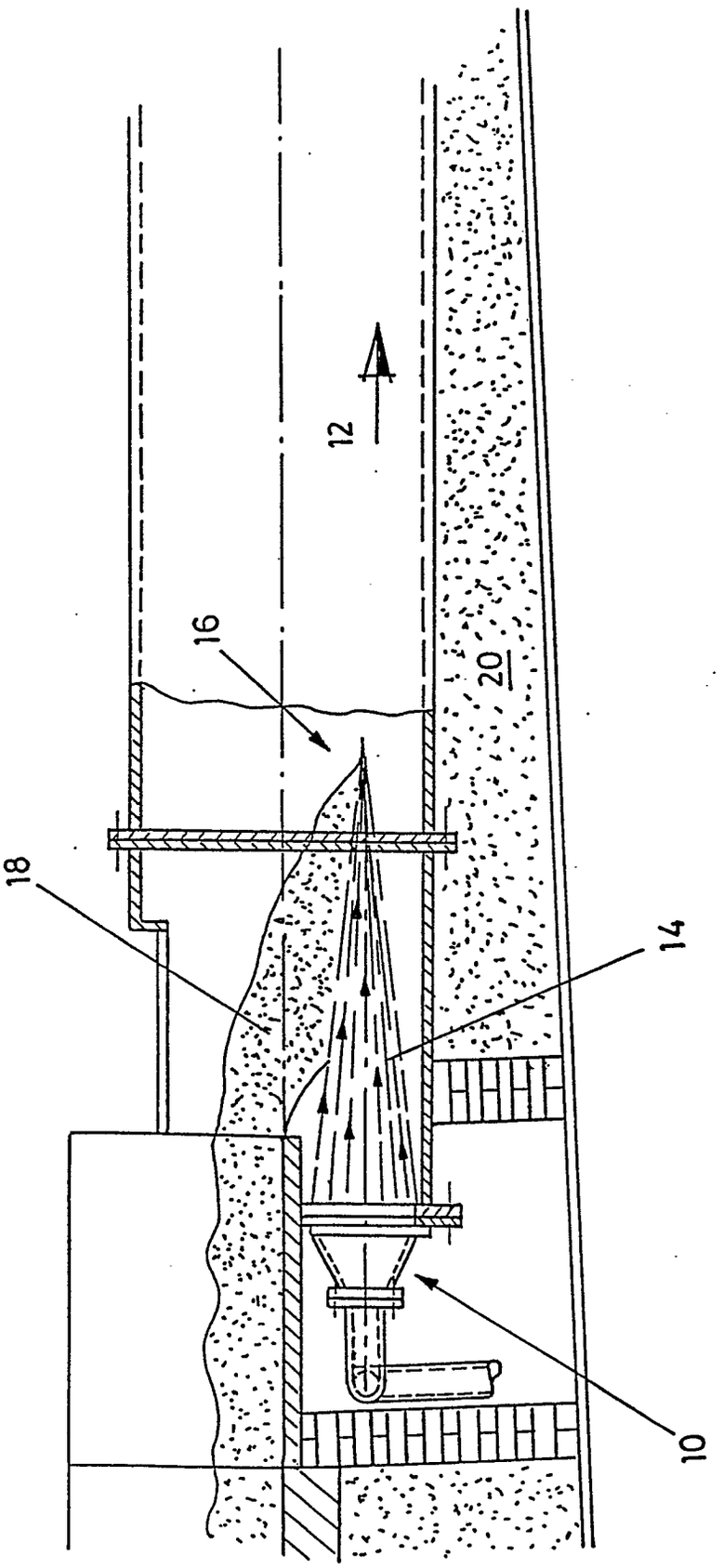



FIG.2