



302 079

PATENTE DE INVENCION

que por veinte años, para España y sus Posesiones, se solicita a favor de los SRES. DR. DR. LUDWIG STEGMÜLLER, Y DON WALTER - SCHMIED, ambos de nacionalidad alemana, residentes en MÜNCHEN - (ALEMANIA), Schönfeldstrasse 28 y en FREISING (OBB.) (ALEMANIA), Stieglbräugasse 11, por: "PROCEDIMIENTO PARA LA CONSOLIDACION DE MASAS POROSAS EN TRABAJOS DE CONSTRUCCION, EN PARTICULAR DE SUELOS ARENOSOS".

Memoria Descriptiva

La invención se refiere a un procedimiento para la - consolidación de masas porosas en los trabajos de construcción y análogo, en especial de suelos al menos en parte arenosos con aplicación de silicato soluble y recipientes mediante inyección -
5 en el suelo; el procedimiento es utilizable desde luego tambien - en perforaciones en yacimientos petrolíferos y por ejemplo en la explotación minera.

Es conocido aplicar en tales procedimientos soluciones salinas inorgánicas de metales bi-, tri- o cuatrivalentes, así -

302079

14 JUL 1964



10 como ácidos inorgánicos para tales procesos de precipitación y -
con ellos de consolidación. El precipitante de esta clase emplea-
do lo más frecuentemente es cloruro calcico. Tambien es conocido
el uso de aluminatos y en ciertas circunstancias de sulfatos de
diferentes tipos.

15 Todos los procedimientos conocidos para la precipita-
ción de silicato soluble para la consolidación y eventualmente -
para hacer compacto, estriban en el uso de sustancias inorgáni-
cas.

20 En todos los procedimientos conocidos no existe nin-
guna posibilidad de hacer firmes suelos finísimamente arenosos
hasta lograr una consolidación mediana o elevada; especialmente
no bastan estos procedimientos en los casos, en que depende pro-
ducir, además de la consolidación, todavía una compactidad su-
ficiente.

25 La invención tiene por objeto crear un procedimiento -
en que son eliminados los defectos de los procedimientos anterio-
res. El problema es resuelto de tal modo que se utilizan según -
invención como precipitantes alcoholes y/o sus productos de reac-
ción con una parte en peso de al menos 6%, referido a la mezcla -
30 total, siempre que ellos entren con el silicato soluble por pre-
cipitación en combinaciones de ácido silicico.

El uso de las sustancias orgánicas antes mencionadas y
de los productos de reacción ha demostrado el sorprendente efec-
to de que no son aumentadas solamente en altos grado las resis-
35 tencias, sino que es realizado tambien la consolidación hasta -
tal extremo que se alcanza un alto grado de compresión. Natural-
mente los precipitantes según invención pueden encontrar empleo -
tambien en suelos de grano grueso. Ciertamente es tambien cono-
cido emplear alcoholes o sus productos de reacción en cantidades
40 insignificantes (0,1 hasta 1,0% en peso, referido a la mezcla -

302079



total, en sustancias para la consolidación de suelos; estas sustancias agregadas accionan sin embargo exclusivamente como catalizadores para regular la duración del fraguado y no influyen - en absoluto en la consolidación, propiamente dicho, del suelo.

45 Una variante del procedimiento según invención consiste en el hecho de que son usadas mezclas de alcoholes y/o mezclas de sus productos de reacción. Es evidente que los precipitantes - según invención no deben estar presentes en forma químicamente pura.

50 Como ventajoso en particular ha resultado el empleo - de alcoholes muy líquidos a temperaturas normales. La muy baja - viscosidad, la poca tensión superficial y el poco peso específico de estas sustancias ocasionan una movilidad fácil y con - ello una capacidad de penetración en los huecos de los poros de
55 la masa que se ha de cimentar; puesto que en parte alcoholes, - como alcoholes para quemar son obtenibles extraordinariamente - baratos en el mercado, debiéndose emplear además del mismo solo muy pocas cantidades como precipitantes, resulta evidente la - considerable ventaja de los precipitantes según invención. Más -
60 también alcoholes de la serie de petanos y de más grado, así - como sus productos de reacción etc. han traído buenos resultados en parte como precipitantes.

Más ha resultado que pueden emplearse no solo los alcoholes muy líquidos o diluidos que se mencionaban antes y en -
65 primer lugar, sino que pueden utilizarse también productos de - la reacción de alcoholes, en especial, productos de oxidación - de los últimos; como ejemplo sea mencionada la acetona; así es - también posible aplicar un diluyente para alcoholes y sus productos de reacción, siendo mencionada como ejemplo aquí agua. Aún -
70 cuando por razones de seguridad sea conveniente en estados de - inhibición particularmente desfavorables, tomar medidas adicio-

3-2079

4 JUL 1964



75 nales, puede procederse según invención también de tal modo -
que se agregan al alcohol y/o su producto de reacción al menos
indicios de alcoholes y/o soluciones acuosas de cationes bi- y/o
polivalentes.

80 Hay que mencionar por cierto en relación con esto -
que es conocido emplear cationes en combinación con silicato -
soluble para la consolidación de suelos, especialmente en inyec-
ciones en los suelos, pero la silicificación de los suelos así -
alcanzada y la resistencia a la humedad obtenida no es siempre
suficiente, especialmente, cuando se trata de suelos de arena -
fina. Ensayos de laboratorios han demostrado que suelos conso-
lidados solo con silicato soluble y cloruro calcico se descom-
ponen prácticamente bajo influencias extremas.

85 Como cationes entran en consideración ante todo sales
metálicas de calcio, magnesio, hierro, aluminio, zinc, cobre, -
etc., siendo enumerados más abajo unos ejemplos de estas sus-
tancias.

90 El procedimiento según invención no es aplicable -
solamente en las corrientes inyecciones hechas en el suelo -
para la consolidación del subsuelo de obras de construcción, -
sino puede ser aplicado también sin dificultad y con éxito en
construcciones sobre tierra, por ejemplo, en mamposterías o -
también en obras de terraplén, de diques, eventualmente también
95 en la construcción de galerías o túneles. Evidentemente se em-
plean en las inyecciones a practicar en el suelo los corrien-
tes aparatos.

100 Generalmente hay que decir que el procedimiento según
invención puede encontrar su aplicación siempre en todos los -
casos o, respectivamente, en todas aquellas sustancias en que -
la silicificación lleva sin acción secundaria perjudicial, a una
consolidación. Para mencionar otro ejemplo hay que aludir la -



302079

consolidación de, por ejemplo, superficies arenosas de carre-
teras; también pueden ser consolidadas eventualmente también -
105 sustancias sólidas orgánicas porosas del modo según invención.

Mientras que es absolutamente posible poner los alco-
holes o sus productos de reacción en cualquier proporción con -
el silicato soluble, se ha demostrado en experimentos prácticos
que es suficiente que el alcohol, en cuanto a su volumen, no -
110 haga más del 10 hasta el 15% del silicato soluble empleado; -
siempre que se apliquen en uno u otro caso diluentes o mezclas,
esta proporción es de aumentar correspondientemente. Más en -
muchos casos se ha demostrado suficiente, cuando se añaden solo
pocos porcientos o solo fracciones de porcientos de alcohol. Es
115 evidente que las adiciones dependen en cada caso en el más alto
grado de la composición de las masas porosas.

Los siguientes ejemplos muestran por un lado el gran -
radio de dispersión de las proporciones de mezcla y por otro lado
aquel de los alcoholes o, respectivamente, de sus productos de -
120 reacción.

Para los ensayos se recurría a arena diluvial basta, -
fina hasta mediana, así como una grava de grano fino o grueso -
que formaba la base en los ejemplos posteriores con respecto a -
las características, la duración de la consolidación y el grado -
125 de compresión; los ensayos eran realizados en diferentes muestras
cúbicas sacadas de terrenos de igual composición e igual estruc-
tura de grano.

E j e m p l o 1º.

Un cubo del tamaño de 10 x 10 x 10 cm. del material -
130 mencionado en segundo lugar era preparado debidamente. 130 ml. -
de silicato soluble químicamente impuro con mucho ácido silícico
eran introducidos en el cubo; acto seguido eran echados sobre el

302079



135 cubo ahora empapado aproximadamente. 15 ml. de alcohol para -
quemar corriente en el mercado. El cubo se gelatinaba visible-
mente ya después de unos segundos y era sacado del molde después
de dos horas; el mismo presentaba tal solidez que se apreciaba -
completamente su forma con aristas vivas. Después de dos días -
la muestra cúbica fué sometida a una nueva analización y ya no -
se conseguía rajar el cubo constituido por sustancias en parte -
140 de arena finísima ni con las uñas del dedo ni con un palito.

E j e m p l o 2º.

Ateniéndose a las mismas condiciones de experimenta-
ción y empleándose 130 ml. de silicato soluble, se echaba sobre
el cubo 60 ml de cloruro calórico de uso corriente. Pasados unos -
145 segundos, se presentaba una visible gelatinación, siendo sacado -
el cubo del molde. El cubo sacado de su molde no presentaba al -
principio ninguna diferencia esencial en relación con el cubo -
mencionado en el ejemplo 1º. Más pasados unos dos días se notaba
que el ensayo esclerométrico efectuado con la uña del dedo daba -
150 por resultado a ojos vistas diferencias esenciales con respecto -
a la solidez.

E j e m p l o 3º.

Ateniéndose a las mismas condiciones de ensayo indica-
das en el ejemplo 1º, pero empleándose arena basta, fina y media-
155 na se vertía nuevamente 130 ml. de silicato soluble y 60 ml. de
cloruro calórico. Resultaba por cierto, después de sacar el cubo
del molde, una gelatinación bien visible, pero se notaba también
después de dos días una solidez mediocre del cubo. El cubo se -
desmonoraba al rajarlo con la uña del dedo; pues las sustancias
de grano fino contenidas en el cubo no tenían - lo que se obser-
160 vaba claramente - ningunos ligazones.

E j e m p l o 4º.

Quedando por lo demás con las mismas condiciones de -

7 4 JUL



165 ensayo indicados en el ejemplo 3, se echaba 130 ml. de silicato soluble y 30 ml. de alcohol para quemar sobre la muestra. Una vez sacada la muestra del molde resultaba la visible gelatinación. Ya después de dos días tenía la muestra cúbica tal solidez que quedaban sin resultado los ensayos esclerométricos con la uña del dedo y el palito; se podía averiguar claramente que -
170 también el material de grano finísimo quedaba ligado firmemente; además no se podía observar en absoluto ningún desmoronamiento.
E j e m p l o 5º.

Quedando con las mismas condiciones de ensayo como indicadas en ejemplo 1 o 4 respectivamente se agregaba 130 ml. de silicato soluble y 30 ml. de alcohol isopropílico. Los resultados en cuanto a la solidez después de dos días eran similares -
175 a los ejemplos 1º y 4º.

E j e m p l o 6º.

Una vez añadidos 130 ml. de silicato soluble en las -
180 muestras cúbicas se agregaba 8 ml. de acetona de uso corriente. La muestra en forma cúbica tenía después de 2 días, buenas cualidades de solidez. El empleo de alcohol butílico o alcohol amílico a las mismas condiciones de ensayo ya mencionadas no daba lugar a ninguna gelatinación durante 6 horas de observación; -
185 éste fenómeno es probablemente debido a que los alcoholes de mayor grado se prestan poco a la reacción.

E j e m p l o 7º.

150 ml. de silicato soluble y 50 ml. de solución de -
190 cloruro calcico al 70% eran echados sobre una muestra en forma cúbica de longitud de canto de 10 cm, teniendo lugar enseguida una gelatinación; seguidamente el cubo era desprendido de su molde. Una vez secado al aire durante 24 horas se procedía con éxito a la primera prueba de solidez. El cubo así secado era colocado en un recipiente de agua, de modo que aproximadamente -

382079



195 3/4 de la altura del cubo estaba rodeada de agua. Después de -
otras 24 horas se podía averiguar que el cubo se había desmoro-
nado completamente.

E j e m p l o 8.

200 150 ml. y 50 ml. de alcohol para quemar de uso corrien-
te eran echados sucesivamente sobre otra muestra en forma cúbica.
La gelatinación que tenía lugar en el acto, daba lugar a la for-
mación de una mayor solidez del cubo que era mayor que la indica-
da en el ejemplo 7.

205 El cubo era expuesto a las mismas condiciones después -
de 24 horas de secamiento a influencias extremas de humedecimien-
to (véase ejemplo 7).

Pasadas otras 24 horas, se podía comprobar que el cubo
se había desmoronado.

E j e m p l o 9.

210 150 ml. de silicato soluble y 25 ml. de solución de -
cloruro calcico al 70%, mezclados con 25 ml. de alcohol para -
quemar de uso corriente, eran echados sobre otra muestra en -
forma cúbica. Después de 24 horas el cubo consolidado era ex-
puesto a las mismas condiciones de humedecimiento, como arriba
215 indicadas.

Después de otras 24 horas se podía averiguar que el -
cubo había conservado en el agua como antes su forma original y
que guardaba aristas vivas. Las propiedades de solidez eran -
buenas.

220 E j e m p l o 10.

150 ml. de silicato soluble y 25 ml. de agua de cal -
(solubilidad de la cal 1,7 gr. por litro aprox.) mezclados con -
25 ml. de alcohol eran echados a las mismas condiciones como in-
dicados en ejemplo 3 sobre otro cubo, siguiendose tambien aquí a
225 las demás condiciones de ensayos como indicadas anteriormente. -
El cubo controlado después de 48 horas conservaba su forma, pero



presentaba cantos desmoronados.

E j e m p l o 17.

230 150 ml. de silicato soluble y 25 ml. de solución de -
cloruro férrico al 10%, mezclados con 25 ml. de alcohol de que-
mar de uso corriente eran echados de la manera arriba indicada -
sobre una muestra en forma cúbica. Un control efectuado, una -
vez pasadas 48 horas, daba por resultado que el cubo se había -
desmoronado ya parcialmente, aún cuando el desmoronamiento obser-
235 vado no era tan grande como en el ejemplo 7.

E j e m p l o 12.

150 ml. de silicato soluble y 20 ml. de cloruro alu-
minico al 50%, mezclados con 20 ml. de alcohol de quemar de uso
corriente, eran empleados del modo arriba indicado.

240 Un control del cubo después de 48 horas daba por -
resultado un fenómeno parecido al ejemplo 11.

En casos determinados pueden elegirse en lugar de al-
coholes y sus productos de reacción en estado muy líquido a em-
plear corrientemente también el estado de agregación gaseoso.-
245 En dicho caso se procede de acuerdo con el procedimiento en el -
sentido de los ejemplos 7 hasta 12, de tal manera que los catio-
nes, por ejemplo, las soluciones salinas, son introducidos en -
los suelos, separados de los gases alcohólicos.

Se ha podido averiguar así que el empleo de alcoholes
250 y sus productos de reacción (ejemplo 1 hasta 6) se aumenta con-
siderablemente las propiedades de consolidación de suelos cons-
tituidos también por arena fina, pero que para mejorar la con-
sistencia de los suelos silicificados en relación con las extre-
mas condiciones de humedecimiento el empleo adicional de los -
255 cationes (ejemplos 7 hasta 12) -sin influencia negativa sobre -
el grado de consolidación - a una resistencia mucho mayor a la -
humedad.

302079



260 En el empleo práctico del procedimiento de la invención puede emplearse no solo silicato soluble estable sino - también inestable; no es posible solamente -como era corriente anteriormente- inyectar a presión el silicato soluble primero - en el suelo e introducir luego los precipitantes según invención, sino de proceder también a la inversa.

265 Las características favorables de los alcoholes y los productos de reacción como arriba explicadas, ante todo productos de oxidación, bien pueden atribuirse por un lado a la poca - viscosidad (aprox. 1,3) y el poco peso específico (aprox. 0,8) y por otro lado a la muy fuerte reactividad con silicato soluble. Esto rige también para combinaciones de alcoholes nitrogenados -
270 siempre que sean fluidos, ante todo diluidos.

Como otros ejemplos para los productos de reacción - según invención se mencionan:

Acetaldehído, acetato etílico y acetato metílico. De los alcoholes se indican todavía metanol, propanol y fenol.

275

REIVINDICACIONES

Se reivindica como de la propia y nueva invención la propiedad - y explotación exclusivas de:

1.- Procedimiento para la consolidación de masas porosas en - trabajos de construcción, en particular de suelos arenosos con
280 aplicación de silicato soluble y precipitantes mediante inyecciones en el suelo, caracterizado porque son empleados como precipitantes alcoholes y/o sus productos de reacción con una parte en peso de al menos 6%, referido a la mezcla total, siempre que entren con el silicato soluble mediante precipitación, en combinaciones de ácido silícico.
285

2.- Procedimiento para la consolidación de masas porosas en - trabajos de construcción, en particular de suelos arenosos, según reivindicación 1ª, caracterizado por usarse mezclas de alcoholes y/o mezclas de sus productos de reacción.

3 2079

14 JUL 1964



290 3.- Procedimiento para la consolidación de masas porosas en -
trabajos de construcción, en particular de suelos arenosos, -
según reivindicación 1ª, caracterizado por emplearse alcoholes -
muy líquidos a temperaturas normales.

295 4.- Procedimiento para la consolidación de masas porosas en -
trabajos de construcción, en particular de suelos arenosos, -
según reivindicación 1ª, caracterizado por emplearse productos -
de oxidación de los alcoholes.

300 5.- Procedimiento para la consolidación de masas porosas en -
trabajos de construcción, en particular de suelos arenosos, -
según reivindicaciones 1ª hasta 4ª, caracterizado por emplearse
un diluyente para alcoholes y/o sus productos de reacción.

6.- "PROCEDIMIENTO PARA LA CONSOLIDACION DE MASAS POROSAS EN -
TRABAJOS DE CONSTRUCCION, EN PARTICULAR DE SUELOS ARENOSOS".

Consta la presente memoria descriptiva de once hojas -
numeradas y mecanografiadas en una sola cara.

MADRID, 14 JULIO DE 1.964

Rubén de la Torre
p. p.