



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

## 213 942

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51) C 09 K 7/00

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 09 K/ 2479 503

(22) 15.02.83

(44) 26.09.84

(71) siehe (72)

(72) GOERISCH, KLAUS, DR. DIPL.-ING.; HAMMER, GERD, DIPL.-ING.; KAPPLER, WERNER, DIPL.-ING.;  
METZE, JUERGEN, DIPL.-CHEM.; DD;  
PRZYBOROWSKI, HARTMUT; OHME, ROLAND, DR. DIPL.-CHEM.; BALLSCHUH, DETLEF, DR. DIPL.-CHEM.;  
RUSCHE, JOCHEN, DR. DIPL.-CHEM.; DD;

(54) TEMPORAER BLOCKIERENDE BOHRSPUELUNG FUER DEN AUFSCHLUSS DRUCKSCHWACHER SPEICHER

(57) Die Erfindung betrifft eine Bohrspülung mit temporären und reversiblen Abdichteigenschaften, anzuwenden in Tiefbohrungen in der Phase des bohrtechnischen Aufschlusses poröser und/oder klüftiger Speichergesteine, die unter unterhydrostatischem Druck stehen. Ziel der Erfindung ist es, aufgeschlossene Speichergesteine vor irreversiblen Infiltrationen zu schützen und die bohrtechnischen Arbeiten gefahrungsfrei zu ermöglichen. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß eine Bohrspülung auf Basis Wasser mit Zusätzen von 0,5–3% Kolloidbildner, 0,5–3% Dimethyldiallylammoniumverbindungen, 0,1–1% desgleichen aber unvernetzt, 0,5–5% gemahlene, säurelösliche Feststoffe und ggf. 0,1–0,3% Biozide alle Anforderungen erfüllt, die in der Phase des bohrtechnischen Aufschlusses auftreten.

Temporär blockierende Bohrspülung für den Aufschluß druckschwacher Speicher

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Bohrspülung mit temporären und reversiblen Abdichteigenschaften, anzuwenden in Tiefbohrungen in der Phase des bohrtechnischen Aufschlusses poröser und/oder klüftiger Speichergesteine, in denen ein wesentlich unter dem hydrostatischen Druck liegender Lagerstättendruck herrscht.

#### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Konventionell und am bekanntesten ist die sogenannte strukturbesitzende Tiefbohrspülung auf Basis Wasser, mit Zusätzen von Bentonit, Schutzkolloiden und zweckgebundenen anderen Stoffen. Für diese Spülungen gibt es zahlreiche bekannte Zusammensetzungen.

Diese Spülung bildet an der Bohrlochwand eine Filterkruste, die das Eindringen von Spülung oder Filtrat in das Gestein reduziert. Die Filterkruste ist aber im Bereich druckschwacher Speicher eine der Ursachen des Festwerdens von Bohrstrang und Verrohrung und der daraus entstehenden bohrtechnischen Havarien.

Zusätzlich verursachen die konventionellen Spülungen Infiltrationen der Speicher mit säureunlöslichen Bestandteilen, die ihrerseits die Gesteinspermeabilität und dadurch die Fördermenge herabsetzen.

Allgemein bekannt sind zur Bekämpfung von Spülungsverlusten feste oder flüssige Verdämmungsmittel (Sägespäne, Leime, Zementschlämme), die kontinuierlich im Spülungskreislauf zirkulieren oder als Stopfen eingepumpt werden. Diese Stoffe härten entweder, in die Verlustzonen eingepreßt, irreversibel aus, oder bewirken eine Verdichtung oder Verdickung der Filterkruste.

Bekannt wurde zur Bekämpfung von Flüssigkeitsverlusten bei Reparaturarbeiten in Erdgassonden die Anwendung von Flüssigkeiten mit Zusatz verschiedener Gele unterschiedlicher Struktur. Beispielsweise wird in den unter Erfindungsanmeldungen E 21 B 226 213, E 21 B 226 214 und C 08 L 226 215 angegebenen Verfahren die Verwendung eines synthetischen Polymer-Geles dargelegt, hergestellt auf der Basis von Dialkyldiallylammoniumsalzen.

Hinsichtlich einer bohrtechnischen Anwendbarkeit der temporär blockierenden Gele für den Speicheraufschluß wurden neben technologischen auch folgende Nachteile festgestellt:

In der Erfindungsbeschreibung C 08 L 226 215 wird auf die natürliche oder bewußte Herbeiführung einer Brechung der Polymergele durch Alkali- und Erdalkalihydroxide, Alkalikarbonate hingewiesen, zusammengefaßt also auf Stoffe, die einen pH-Wert  $> 11$  verursachen. Diese brechende Wirkung wird in den Ausführungsbeispielen belegt, in denen bei Anwesenheit von NaOH die blockierende Wirkung des beschriebenen Polymergels ganz verloren ging.

Nachgewiesen wird ferner, daß bei höheren Temperaturen die Abbaubarkeit der Gele auch bei geringeren pH-Werten zunimmt.

In der Erfindungsbeschreibung E 21 B 226 214 wird dargelegt, daß der Einsatz temporär blockierender Gele einmalig und/oder in Form von Puffern erfolgt. Zusätzlich wurde dargelegt, daß mit zunehmender Verdünnung der Gele ihre Stabilität sehr stark reduziert wird.

In der Erfindungsbeschreibung E 21 B 226 213 wird die besondere Verwendbarkeit der temporär blockierenden Gele zum Verpressen großer Mengen Säure in den Speicher hervorgehoben.

Hinsichtlich der Durchführbarkeit bohrtechnischer Arbeiten in porösen und/oder klüftigen Gesteinen mit geringen Lagerstättendrücken und der daraus resultierenden hohen hydraulischen Differenzdrücke erfüllen die konventionellen Spülungen als auch die beschriebenen Hochpolymer-Gele nicht die bohrtechnischen Anforderungen des Aufschlusses druckschwacher Speicher aus folgenden Gründen:

1. Die konventionelle Bohrspülung verursacht hohe Infiltrationsraten, die kosten- und zeitaufwendige Nachbehandlungen erfordern, deren Erfolg nicht gewährleistet ist.
2. Beim bohrtechnischen Aufschluß einer Bohrung beginnt die Infiltration mit dem Zeitpunkt des Freilegens des juvenilen Gesteins. Sie besitzt in diesem Zeitpunkt auch ihr Maximum. Eine in Abständen durchgeführte Blockierung durch Einpumpen von Polymerpuffern besitzt beim bohrtechnischen Aufschluß keine Wirkung.
3. Der Korrosionsschutz und die weiteren bohrtechnischen Aufgaben der konventionellen Bohrspülung erfordern den Zusatz von Karboxylmethylzellulose (CMC) und die Einhaltung eines hohen  $p_H$ -Wertes. Beide Faktoren wirken zerstörend auf Polymer-Gele.
4. Andere bekannte pumpbare und im Gestein abbindende oder aushärtende Stoffe schädigen den Speicher dauerhaft. Diese Stoffe sind ungeeignet.
5. Konventionelle Bohrspülungen bilden starke Filterkrusten im Bohrloch, die besonders bei unterhydrostatischen Druckbedingungen im Speicher zum Festwerden der Bohrgarnitur oder der einzubauenden Verrohrung führen. Dabei entstehen hohe materielle und finanzielle Verluste.

6. Eine Voraussetzung für die Nutzung des Speichers ist seine Verrohrung und deren Zementation.

Die einzubringenden Zementschlämmen besitzen zumeist Dichten im Bereich  $1,5 - 2,0 \text{ g/cm}^3$ . Sie erhöhen somit wesentlich den Druck auf die aufgeschlossenen Schichten. Der  $p_H$ -Wert der Zementschlämme liegt bei  $p_H = 13 - 14$ .

Die Zementschlämme zerstört dünne Filterkrusten mit dem Resultat eines Zementschlammlverlustes und der Zementation entsprechender Speicherhorizonte.

Dicke Filterkrusten verhindern die Bindung Zement - Gestein und führen neben fördertechnischen Komplikationen im wesentlichen zur Undichtheit und unkontrollierbaren Migrationen.

Die temporär blockierenden Polymerpuffer könnten dem auftretenden höheren Druck standhalten. Sie werden jedoch durch das stark alkalische Milieu während der Zementation zerstört, d. h. zu einem Zeitpunkt, an dem wegen der höheren hydraulischen Drücke eine besondere Gefährdung des Speichers und der Zementation vorhanden ist.

In allen drei Fällen entstehen hohe ökonomische Verluste sowie eine Gefährdung der öffentlichen und der Bergbau-sicherheit.

Zusammenfassend sind mehrere technische Lösungen für das Bohren unter normalen Bedingungen sowie für das temporäre Blockieren aufgeschlossener Speicher bekannt.

Sie genügen jedoch nicht den Anforderungen, die eine Bohrspülung zum Aufschluß druckschwacher Speicher, insbesondere unter unterhydrostatischen Druckbedingungen und bei hohen hydraulischen Differenzdrücken, erfüllen muß.

## Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine Bohrspülung,

- die während des bohrtechnischen Aufschlusses von Speichern, insbesondere solche mit geringem oder unterhydrostatischem Druck, eine sofortige, unmittelbare, temporäre und reversible Blockierung des aufgeschlossenen Gesteins hervorruft,
- die die erforderlichen bohrtechnischen Arbeiten ohne Gefährdung ermöglicht und
- die mit der vorhandenen bohrtechnischen Ausrüstung und auf der Basis verfügbarer Rohstoffe bzw. Chemikalien hergestellt und eingesetzt werden kann.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es,

- eine Bohrspülung zur Abdichtung der im Aufschluß befindlichen porösen und/oder klüftigen Speicherhorizonte zu schaffen,
- die allen, während des technisch notwendigen Zeitraumes auftretenden variierenden hydrostatischen Differenzdrücken standhält,
- die das Eindringen von Flüssigkeit in das Gestein aus fördertechnischen Gründen sowie Spülungsverluste aus bohrtechnischen und havarieprophylaktischen Gründen verhindert.

Entsprechend dieser Aufgaben muß die Spülung so beschaffen sein, daß im Bohrloch keine der sonst üblichen Filterkruste entsteht. Die Blockierung des Speichers muß so reversibel sein, daß Zuflüßteste bei Umkehr der Druckrichtung ohne Beeinträchtigung durchgeführt werden können. Die flächenmäßige Ausdehnung der Blockbildung ist auf die bohrlochnahe Zone zu begrenzen.

Die erfindungsgemäße Bohrspülung hat die Blockierung des Speichers in einer Form zu schaffen, die eine Zementation der zur Sicherung des Speichers einzubringenden Verrohrung ermöglicht und den dabei auftretenden Belastungen (Anstieg des  $p_H$ -Wertes auf 13 - 14, Anstieg der statischen Drücke bis zu 40 %) standhält.

## Merkmale der Erfindung

Überraschend wurde gefunden, daß eine Bohrspülung, bestehend aus an sich im einzelnen völlig ungeeigneten Ausgangsstoffen:

- einer in der Bohrtechnik zum Verdünnen von Bohrspülung üblichen Kolloidlösungen mit Filtratabgabe  $> 10$  ml nach TGL 22033, bestehend aus Wasser mit Zusätzen von
- 0,5 - 3 % Dextran, Stärke oder ähnlichen Kolloiden
- 0,5 - 3 % Zusatz eines hochmolekularen, vernetzten Co-Polymer auf Basis von Dimethyldiallylammoniumverbindungen nach DD-PS 141 029 Beispiel 12
- 0,1 - 1 % des unvernetzten Homopolymers nach DD-PS 141 029 Beispiel 1
- 0,5 - 5,0 % gemahlene, säurelösliche Feststoffe, vornehmlich karbonatische Mineralverbindungen
- ggf. Zusätze von 0,1 - 0,3 % Biozide, wenn natürliche Kolloidbildner verwendet werden,

alle Anforderungen erfüllt, die gestellt werden in Tiefbohrungen in der Phase des bohrtechnischen Aufschlusses poröser/und/oder klüftiger Speichergesteine mit unterhydrostatischen Druckbedingungen.

Die Einzelkomponenten werden in Behältern hydraulisch und mechanisch zur Bohrspülung vermischt. Die Bohrspülung wird während des Speicheraufschlusses ohne Fremdzusätze im Spülungskreislauf zirkuliert.

Die erfindungsgemäße Bohrspülung gewährleistet die angegebene Zielstellung. Sie besitzt neben den allgemein bohrtechnisch notwendigen Eigenschaften folgende Merkmale:



- die erfindungsgemäße Bohrspülung hält den üblichen Bohrlochtemperaturen in Teufen bis 4000 m stand;
- die erfindungsgemäße Bohrspülung gewährleistet den technologisch begründeten Arbeitsprozeß des Speicheraufschlusses;
- die erfindungsgemäße Bohrspülung schützt und blockiert das jeweils juvenil anstehende Gestein sofort vor dem tieferen Eindringen von Filtratwasser oder Bohrspülung;
- die erfindungsgemäße Bohrspülung ermöglicht wegen ihrer fehlenden Filterkruste die technische Durchführbarkeit von Gestängetesten und ähnlichen Operationen im unverrohrten Bohrloch bei hohen Differenzdrücken;
- die erfindungsgemäße Bohrspülung ermöglicht Zuflußteste ohne Beeinträchtigung der Testergebnisse; der Blockierungseffekt wirkt nur in der zu sperrenden Richtung;
- die erfindungsgemäße Bohrspülung bildet einen Schutz des Speichers, der auch nach dem bohrtechnisch notwendigen Einzirkulieren stark alkalischer Zementschlämme sowie den damit verbundenen bis zu 40 % höheren Differenzdrücken standhält;
- die erfindungsgemäße Bohrspülung besitzt einen Selbstblockierungseffekt, der die druckabhängige Eindringtiefe am Beginn des Abdichtprozesses stark reduziert und kontrolliert.  
Damit wird gewährleistet, daß in den Spülungsumlauf aufgenommene feinste Tonpartikel - sie sind quellfähig und säureunlöslich - nicht oder nur in unbedeutendem Maße mit in die Poren oder Klüfte eingeschleppt werden.
- Der durch die erfindungsgemäße Spülung gebildete Block beeinträchtigt die nachfolgenden Test- und Förderarbeiten nicht.

Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß für bohrtechnische Aufschlußarbeiten, die aus objektiven Gründen oder aus der volkswirtschaftlichen Notwendigkeit heraus in Speichern mit unterhydrostatischen Druckbedingungen durchgeführt werden müssen, eine geeignete Bohrspülung zur Verfügung steht, die

- eine unkomplizierte Aufschlußtechnologie,
- eine sofortige Speicheruntersuchung durch Gestängeteste und
- eine starke Herabsetzung des Havarierisikos

ermöglicht

Zusätzlich läßt sich der Umfang der üblichen Stimulationsverfahren reduzieren. Die Anfangsförderleistungen der Sonden liegen höher.

Die erfindungsgemäße Bohrspülung soll anhand der folgenden Ausführungsbeispiele näher erläutert werden:

## Ausführungsbeispiele

### Beispiel 1

In einem Triaxialdruckgerät wurde die blockierende Wirkung der erfindungsgemäßen Spülung an hochpermeablen Kalksandsteinkernen einheitlicher Beschaffenheit und Abmessungen getestet und mit konventioneller Bohrspülung (6 % Bentonit 4 % CMC) verglichen.

Die Kerne wurden mit Wasser gesättigt. Die Messung der Permeabilität erfolgte mittels Luft bei einem imitierten Lagerstättendruck von 12,0 MPa und einem jeweils um 2,0 - 4,0 MPa höheren Manteldruck.

	erfindungsgemäße Spülung	Vergleichs- spülung
Permeabilität des wassergesättigten Kernes	50,02 md	40,24 md
Permeabilität nach dem Anpressen der Spülung	1,2 - 2,5 md	5,25 md
Permeabilitätsredu- zierung auf	2,5 - 5 %	13 %

Beide Spülungen wurden mit 12,0 MPa an die Stirnseite des Kernes angepreßt bis zum sichtbaren Ende der Filtratabgabe an der gegenüberliegenden Stirnseite.

Die Senkung der Permeabilität kann als Maßstab und als Nachweis der inneren Blockierung der Poren gewertet werden. Der gewählte Differenzdruck ist vergleichbar mit den möglichen natürlichen Bedingungen.

## Beispiel 2

In der gleichen Apparatur wie im Ausführungsbeispiel 1 beschrieben, wurde an Original-Speicherkernen die Druckabhängigkeit der durch die erfindungsgemäße Spülung hervorgerufenen Blockierung untersucht.

Dazu wurden Kern, Druckkammer, Zu- und Ableitungen so mit Wasser gefüllt und verlegt, daß die Durchflußmenge sehr genau meßbar war.

Nachdem die erfindungsgemäße Spülung den Kern erreicht hatte und blockierte, wurde bei Erhöhung des wirkenden Differenzdruckes von 12,0 auf 23,0 MPa keine Erhöhung der Flüssigkeitsinfiltration registriert.

Damit wurde nachgewiesen, daß die Blockierung des Gesteins bei geringen Drücken eintritt und ihre Wirkung unabhängig von der absoluten Höhe des aufgebrauchten Differenzdruckes unverändert aufrechterhalten blieb.

### Beispiel 3

Bohrtechnischer Aufschluß eines unter unterhydrostatischem Druck stehenden Gasspeichers

Zur Vorbereitung des Speicheraufschlusses wurde zunächst die erforderliche Menge von ca.  $180 \text{ m}^3$  der erfindungsgemäßen Bohrspülung in den für die Spülungsherstellung üblichen Anlagen und Behältern hergestellt (homogenisiert) und gelagert. Erfindungsgemäß erhielt die Bohrspülung folgende Zusammensetzung, bezogen auf jeweils  $10 \text{ m}^3$  Wasser:

- 10  $\text{m}^3$  Süßwasser
- 150 kg vernetztes Copolymer Dimethyldiallylammoniumchlorid  
(bezogen auf Trockensubstanz)
- 150 kg Dextranpulver
- 200 kg Kreidepulver, trocken
- 30 kg unvernetztes Homopolymer Dimethyldiallylammoniumchlorid
- 20 kg Biozid.

Nach Vorbereitung des Bohrloches, insbesondere dem Aufbohren pH-Wert erhöhender Bereiche, wurde die erfindungsgemäße Spülung in das Bohrloch einzirkuliert.

Im Speicherbereich herrschten Temperaturen von ca.  $120^\circ\text{C}$ . Der statische Druck der Spülungssäule und der Lagerstätten-  
druck bildeten einen Differenzdruck von 18,0 MPa. Geologisch notwendig war der Aufschluß von 140 m permeabler Sandstein-  
speicher. Die reinen bohrtechnischen Verteufungsarbeiten konnten ohne Beeinträchtigungen vorgenommen werden. Festwer-  
deerscheinungen der Bohrgarnitur wurden nicht registriert.

Die geologisch begründeten Gestängeteste ließen sich trotz der dabei notwendigen langen Stillstandszeit der Testgarnitur komplikationslos und mit repräsentativem Ergebnis durchführen.

Das bedeutet, daß die Blockierung des Speichers in umgekehrter Richtung in kürzester Zeit aufgehoben war. Die blockierende Wirkung der Spülung war somit nachweislich permanent und reversibel.

Zur Vorbereitung der Zementation mit ihren höheren hydraulischen Drücken wurde das Bohrloch mit 10,0 MPa Kopfdruck abgedrückt. Dadurch wirkte im zu schützenden Bereich ein summarischer Druck von 28,0 MPa, mit dem die Qualität der Blockierung überprüft wurde. Auch bei diesem Test konnten keine Spülungsverluste festgestellt werden.

Während des Rohreinbaues traten keine bohrtechnischen Schwierigkeiten auf.

Die Zementation der Rohrtour, die nach einer Standardvariante erfolgte, zeigte keine Verlusterscheinungen.

Die Blockierung des Speichers hielt auch den hohen pH-Werten der Zementschlämme bis zu ihrer Versteifung stand.

Mit dem Abbinden der Zementschlämme sind die bohrtechnischen Speicheraufschlußarbeiten beendet. Die erfindungsgemäße Bohrspülung erfüllte alle Anforderungen.

## Erfindungsanspruch

Bohrerspülung mit temporären und reversiblen Abdichtungseigenschaften, anzuwenden in Tiefbohrungen in der Phase des bohrtechnischen Aufschlusses poröser und/oder klüftiger Speichergesteine, in denen ein wesentlich unter dem hydrostatischen Druck liegender Lagerstättendruck herrscht, gekennzeichnet dadurch, daß sie aus

- einer Kolloidlösung auf Basis Wasser mit Zusatz von 0,5 - 3 % handelsüblicher Kolloidbildner wie Dextran, Stärke o. a.
- 0,5 - 3 % Zusatz eines hochmolekular vernetzten Co-Polymers auf Basis Dimethyldiallylammoniumverbindungen nach DD - PS 141 029
- 0,1 - 1 % des unvernetzten Homopolymers nach DD - PS 141 029
- 0,5 - 5 % gemahlene, säurelösliche Feststoffe, vornehmlich karbonatische Mineralverbindungen und
- ggf. 0,1 - 0,3 % Biozide, wenn natürliche Kolloidbildner eingesetzt werden,

besteht.