



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **241 281 A1**

4(51) E 21 B 43/28

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) W P E 21 B / 280 947 4

(22) 24.09.85

(44) 03.12.86

(71) VEB Kombinat KALI, 5400 Sondershausen, Schacht II, DD

(72) Fitz, Ingomar, Doz. Dr. sc. Dipl.-Chem., DD; Gröschow, Norbert, Dipl.-Chem., DD; Bach, Jürgen, Dipl.-Phys., DD; Karatygin, Evgenij P., Kand. d. techn. Wiss., SU; Romanov, Viktor S., Kand. d. techn. Wiss., SU; Studenzov, Albert F., Dipl.-Ing., SU

(54) **Verfahren zur Intensivierung des Solprozesses**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Erhöhung der Lösegeschwindigkeit bei untertägiger Aussolung von Salzlagerstätten. Ziel und Aufgabe der Erfindung besteht in der Schaffung eines Verfahrens, wodurch die Solgeschwindigkeit und somit der Solfortschritt deutlich verbessert werden können. Erfindungsgemäß wird die technische Aufgabe dadurch gelöst, daß das Lösungsmittel durch eine oder mehrere Düsen in die Kaverne gespritzt wird und sich damit die Turbulenz an der Grenzfläche Sperrmittel/Hohlraumlösung erhöht, wodurch bei der Anwendung gasförmiger Sperrmittel das Gas in der obersten Schicht der Hohlraumlösung schnell gelöst wird, die gasgesättigte Lösung zur Lösefläche transportiert wird und an dieser Stelle sich die Salzkonzentration dieser Lösung beim Solprozeß erhöht und infolgedessen aus der höher konzentrierten Sole Gas ausperlt, welches an der Lösefläche Turbulenz bewirkt und somit die Lösegeschwindigkeit erhöht.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Intensivierung des Solprozesses, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Lösungsmittel durch eine oder mehrere Düsen in die Kaverne gespritzt wird und sich damit die Turbulenz an der Grenzfläche Sperrmittel/Hohlraumlösung erhöht, wodurch bei der Anwendung gasförmiger Sperrmittel das Gas in der obersten Schicht der Hohlraumlösung schnell gelöst wird, die gasgesättigte Lösung zur Lösefläche transportiert wird und an dieser Stelle sich die Salzkonzentration dieser Lösung beim Solprozeß erhöht und infolgedessen aus der höherkonzentrierten Sole Gas ausperlt, welches an der Lösefläche Turbulenz bewirkt und somit die Lösegeschwindigkeit erhöht.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein Teil des Sperrmittels gemeinsam mit dem Lösemittel in die Kaverne eingedüst wird, wodurch eine maximale Auflösung des Gases im Lösemittel erreicht wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Sperrmittelniveau mittels einer Niveaumeßeinrichtung kontrolliert und durch Zugabe oder Entnahme von Gas durch den Sperrmittelringraum ausgeglichen wird.
4. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Lösemittel mit einem Winkel von 30 bis 60° zum Sperrmittelniveau in die Kaverne gespritzt wird.
5. Verfahren nach Punkt 1 bis 4 **gekennzeichnet dadurch**, daß sich die Düsen 0,1 bis 2 m unterhalb des Sperrmittelniveaus befinden.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung der Lösegeschwindigkeit beim Gewinnen wasserlöslicher Salze sowie beim Herstellen von Untergrundspeichern im Salinar durch Aussolung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Gewinnung des Wertstoffinhaltes von Salzlagerstätten und die Errichtung von Untergrundspeichern erfolgt durch Aussolung zunehmend mittels Bohrungen von übertage aus. Dazu wird üblicherweise eine Bohrung bis in die erforderliche Teufe niedergebracht und diese nach Zementation der Produktionsrohrtour mit den notwendigen Rohrtouren, einem Sondenkopf sowie Absperr-, Meß-, Steuer- und Regelungseinrichtungen ausgerüstet. (Vgl. Autorenkollektiv; ABC Kali und Steinsalz sowie Dodko, P. M.; Lechtimjaki, E. V.: Dobycza rassolov vyscelacivaniem kamennoj soli cerez burovye skyasiny). Der Solprozeß wird in Vorbereitungsphase (Aussolen des Kavernensumpfes, Breitsolung) und Produktionsphase (Hochsolung) unterteilt. Ist in der Produktionsphase ein Mehrfachsondenbetrieb über zwei oder mehrere Bohrlöcher vorgesehen, so sind diese in der Vorbereitungsphase zu verbinden.

Zur Steuerung der Solkavernenform wird in den meisten Fällen ein flüssiges oder gasförmiges Sperrmittel verwendet, dessen Zugabe im Ringraum zwischen Endrohrtour und Wasserrohr erfolgt und dessen Niveau meistens mit einem geeigneten Niveaumeßgerät geregelt wird. Der Verbrauch an Sperrmittel wird durch Undichtigkeiten im Sperrmittelversorgungssystem sowie der Sondenverrohrung, Auflösung des Sperrmittels im Lösemittel und der Hohlraumlösung, Freisetzen gesteinsgebundener Gase aus dem aufgelösten Salzgestein, Aussalzen gelöster Gase durch Konzentrationserhöhung und Vergrößerung der zu schützenden Firstfläche bestimmt. Beim Ansteigen des Niveaus der Grenzfläche Hohlraumlösung — Sperrmittel muß durch das Niveaumeßgerät Sperrmittelmangel signalisiert beziehungsweise angezeigt werden (US-PS 2009534).

Die Intensivierung des Solprozesses ist mittels verschiedener Verfahren möglich. Allgemein bekannt ist, daß die Wahl der Parameter — Temperatur, Konzentration und Volumenstrom — Einfluß auf die Lösegeschwindigkeit haben. Diese Hauptprozeßparameter können in den Grenzen variiert werden, die durch die Ökonomie des Gesamtverfahrens gesetzt werden. Die genannten Parameter bleiben auch bei den nachfolgend beschriebenen Vorrichtungen und Verfahren zur Intensivierung des Solprozesses variabel und können zusätzlich im Rahmen der technisch-ökonomischen Möglichkeiten zur Erhöhung der Lösegeschwindigkeit eingesetzt werden.

Eine sehr effektive Methode der Verbindung von Bohrlöchern ist der Hydrofrac, wie er zum Beispiel durch Förster in „Durchlässigkeitsuntersuchungen an Salzgesteinen ein Beitrag zur Speicherung von gasförmigen und flüssigen Medien in Salinarhohlräumen“, Freiberg 1972, Dissertation A, beschrieben wird. Die Nachteile des Hydrofracs sind, daß er nur unter bestimmten geologischen Voraussetzungen durchführbar ist und daß nach der Verbindung der Bohrlöcher eine freie Lösefläche für die Produktionsphase noch geschaffen werden muß.

Da der Riß senkrecht zu den minimalen Hauptspannungen des Gebirges verläuft, ist die Fracrichtung nur sehr schwierig beeinflussbar, auch wenn durch US-PS 3058730 und 3612608 einige Ansatzpunkte zur Beeinflussung gegeben werden. Henderson führt zu dieser Problematik in „Methods of Joining two or more wells for brine production“ auf dem Forth Symposium of Salt“ in Cleveland, Ohio, aus, daß der anfangs horizontale Fracverlauf durch Störungen im Salinar oft senkrecht abgelenkt wird.

Weitere Möglichkeiten der Intensivierung des Solprozesses sind durch die Magnetisierung des Lösemittels sowie durch die Anwendung von Schallwellen gegeben, die eine Erhöhung der Lösegeschwindigkeit um 10 bis 20% bringen.

Zur Richtungsbeeinflussung und zur Intensivierung wurden in mehreren Ländern Vorrichtungen konstruiert, mit deren Hilfe das in die Kaverne eintretende Lösemittel als scharfer Strahl in die Kaverne eintritt und damit die Strömungsgeschwindigkeit an der Lösefläche erhöht wird. Im einfachsten Fall einer solchen Konstruktion, die im allgemeinen Hydromonitor genannt wird, befindet sich direkt an der Rohrtour eine Düse. Die Lösegeschwindigkeit in Strahlrichtung soll auf diese Weise vergrößert werden. Hinweise aus der Literatur und eigenen Laboruntersuchungen haben schon gezeigt, daß die Reichweite eines solchen Strahles äußerst begrenzt ist. Aus diesem Grunde wurden zahlreiche Konstruktionen entwickelt, mit deren Hilfe der Abstand Düse — Lösefläche verringert werden soll. Man kann folgende vier Gruppen von Hydromonitoren unterscheiden.

- armierte Schläuche (SU-PS 488012, SU-PS 658265, US-PS 3070361)
- Teleskoparme (US-PS 3400980, SU-PS 796395, US-PS 3402967, US-PS 3495875, SU-PS 374453)
- Rohrbatterien (SU-PS 713989)
- Flexible Schläuche (US-PS 3400980, SU-PS 796395, US-PS 3347595, SU-PS 653394, DE-OS 2401790, US-PS 2822158, US-PS 3070361, US-PS 3030861, SU-PS 914412).

Allen Geräten haftet der Nachteil einer relativ geringen Reichweite (Arens, „Skvazinaja gidrodobyca polezenych iskopajemych“, Moskva 1980, Seite 8 bis 12) oder der Unmöglichkeit der Steuerung des Vortriebs (zum Beispiel bei flexiblen Schläuchen) an. Aus diesen Gründen kamen Hydromonitore bei der Aussolung zur Gewinnung von Salzen oder zum Herstellen von Kavernenspeichern nur in einigen Fällen versuchsweise zum Einsatz.

Weiterhin ist bekannt, daß die Lösegeschwindigkeit bei Verwendung gasförmiger Sperrmittel größer ist als bei Anwendung flüssiger Sperrmittel auf Roh- oder Schmierölbasis. Dieser Effekt kann erstens mit einer Benetzung der Lösefläche durch Öl und zweitens durch ausgesalzene Gase, welche die Turbulenz in der Diffusionsgrenzschicht erhöhten, bei Anwendung gasförmiger Sperrmittel erklärt werden. Die Sättigungskonzentration gelöster Gase im Lösemittel (Wasser oder Sole) hängt vom Druck, der Temperatur und von der Konzentration ab (vgl. zum Beispiel Landolt-Börnstein-Zahlenwerte und Funktionen, II. Band, 2. Teil Bestandteil b — Lösungsgleichgewichte, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1962).

Die Lösegeschwindigkeit des Salzgesteins kann erhöht werden, wenn die in der Diffusionsgrenzschicht ausgesalzene Gasmenge maximal ist, das heißt, das Lösemittel mit Sättigungskonzentration bezüglich gelöster Gase an die Lösefläche gelangt. Durch Erhöhung der Konzentration des Lösemittels wird Gas aus der Lösung ausgesalzen. Dies führt zu einer erhöhten Turbulenz in der Diffusionsgrenzschicht, deren Dicke sich verringert, was zu einer Intensivierung des Stofftransportes führt. Dieser Effekt wird noch durch eine Abkühlung des Lösemittels durch negative Lösungsenthalpie der meisten Salzgesteine verstärkt.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel, Mängel bekannter Verfahren zu beseitigen sowie die Effektivität des Solprozesses zu erhöhen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die technische Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit dessen Hilfe die Solgeschwindigkeit und damit der Solfortschritt verbessert werden können. Das zum Aussolen verwendete Lösemittel ist unter Normaldruck an Luft gesättigt. Bedingt durch die Druckerhöhung beim Transport durch die Sondenzuleitung und die Sondenverrohrung gelangt das Lösemittel untersättigt (an Luft) in die Kaverne. Wird zur Steuerung des Solprozesses ein gasförmiges Sperrmittel verwendet, kann das Lösemittel Gas aufnehmen. Die lösbare Gasmenge ist unter anderem von der Kontaktzeit des gasförmigen Sperrmittels mit dem Lösemittel abhängig. Diese Zeit reicht aber vor allem bei kleinen Kavernenradien nicht zur vollständigen Aufsättigung des Lösemittels aus.

Es wurde gefunden, daß die Gasaufsättigung des Lösemittels bei Anwendung gasförmiger Sperrmittel wesentlich beschleunigt werden kann, wenn erfindungsgemäß eine oder mehrere Düsen am Wasserrohr angebracht werden, so daß der Lösemittelstrahl von unten schräg gegen die Oberfläche der Kavernenhohlraumlösung gerichtet ist. Die Turbulenz an der Oberfläche wird erhöht und die Auflösung des gasförmigen Sperrmittels begünstigt. Die Auflösung des gasförmigen Sperrmittels in der Hohlraumlösung ist besonders intensiv, wenn dieses gemeinsam mit dem Lösemittel in die Kaverne eingedüst wird. Dadurch wird in fast allen Fällen gewährleistet, daß die oberste Schicht der Kavernenlösung an Gas gesättigt ist. Durch Erhöhung der Salzkonzentration beim Solprozeß und durch Verringerung der Temperatur durch die negative Lösungsenthalpie der meisten Salzgesteine sinkt die Gassättigungskonzentration und es kommt zu den schon beschriebenen günstigen Effekten in der Diffusionsgrenzschicht.

Ein weiterer positiver Effekt wird mit Hilfe der erfindungsgemäßen Anordnung der Düse an der Rohrtour durch Erzeugung von Wellen an der Oberfläche der Hohlraumlösung erreicht. Diese Wellen pflanzen sich bis zum Kavernenrand fort und wirken an diesem vergrößernd auf den Solfortschritt.

Es wurde ermittelt, daß die Erhöhung der Lösegeschwindigkeit bis 15% gegenüber den bisher angewendeten Verfahren betragen kann.

Die zum Stand der Technik gehörenden Methoden zur Intensivierung des Solprozesses wie Hydrofrac, Temperaturerhöhung, Magnetisierung des Lösemittels und dergleichen können bei Verwendung des Verfahrens ebenfalls angewendet und mit diesem kombiniert werden.

Damit die Düsen ihre volle Wirksamkeit erreichen, muß die Wasserrohrtour nach unten abgedichtet werden (Figur 1).

Der ständige Verbrauch an Sperrmittel durch Auflösung beziehungsweise Vergrößerung der Firstfläche muß durch Sperrmittelzugabe von Übertage aus kompensiert werden. Dazu wird im vorgesehenen Niveau ein Niveaumeßgerät positioniert, welches beim Ansteigen des Grenzniveaus Sperrmittelmangel beziehungsweise beim Absinken Überschuß anzeigt. Ein Überschuß von Sperrmittel in der Kaverne wird durch Entnahme über den Sperrmittelringraum abgebaut.

Ausführungsbeispiel 1

In einer kleintechnischen Versuchsanlage wurden von einem bergmännisch aufgefahrenen Grubenbau aus zwei Bohrungen von 22m Teufe niedergebracht und mit je einer bis 10m zementierten Endrohrtour 1, einer Wasserrohrtour (Teufe 20,0m) 2 und einer Solerohr tour (Teufe 21,0m) 3 ausgerüstet. Nach Aussolung der zwei Breitsolräume von etwa 6m Durchmesser wurden in beiden Bohrungen die beweglichen Rohrtouren 2 und 3 um 1,5m angehoben. Zuvor wurde in einer Rohrtour das Wasserrohr 2 mit 6 Düsen von 5mm Durchmesser 5, die sich 0,22m unterhalb der Niveaumesselektrode 4 befanden, ausgerüstet. In der anschließenden Hoschsolung ergaben sich folgende Versuchsergebnisse:

	ME	alte Technologie	neue Technologie
Volumenstrom	m ³ /h	0,46	0,47
Luft	%	—	0,7 des Lösemittels
Eintrittsdichte	g/cm ³	1,005	1,005
Austrittsdichte	g/cm ³	1,223	1,246
Solzeit für eine Ziehstufe	d	13,4	11,8

Ausführungsbeispiel 2

Zur Vorbereitung der Gewinnung einer Salzlagerstätte mittels Bohrungen von über Tage aus soll im Liegendbereich der Lagerstätte ein Breitsolraum angelegt werden. Dazu wurde eine Bohrung niedergebracht und in üblicher Weise mit einer Endrohrtour 1, einer Wasser- 2 und einer Solerohr tour 3 ausgerüstet. An der Wasserrohr tour wurde eine Meßeinrichtung zur Bestimmung des Sperrmittelniveaus 4 befestigt. Mit dieser Anordnung ist es möglich, beispielsweise eine Kaverne in Steinsalz mit einem Radius von 40m innerhalb von einem Jahr und 3 Monaten breitzusolen. Bringt man erfindungsgemäß am Wasserrohr 6 Düsen 5 mit einem Durchmesser von 8mm an, so daß das Lösemittel mit einem Winkel von 45° nach oben in die Breitsolkaverne austritt, verkürzt sich die Breitsolzeit auf etwa ein Jahr und einen Monat. Soll die Lösegeschwindigkeit weiter erhöht werden, kann gemeinsam mit dem Lösemittel das Sperrmittel Luft in die Kaverne eingedüst werden. Bei einem Volumenstrom des Lösemittels von 15m³/h sollte die eingetragene Luftmenge etwa 0,1m³/h betragen. In diesem Fall ist es möglich, die Breitsolzeit um einen weiteren Monat zu senken. Das Sperrmittelniveau muß während der gesamten Solzeit auf einem konstanten Niveau gehalten werden.

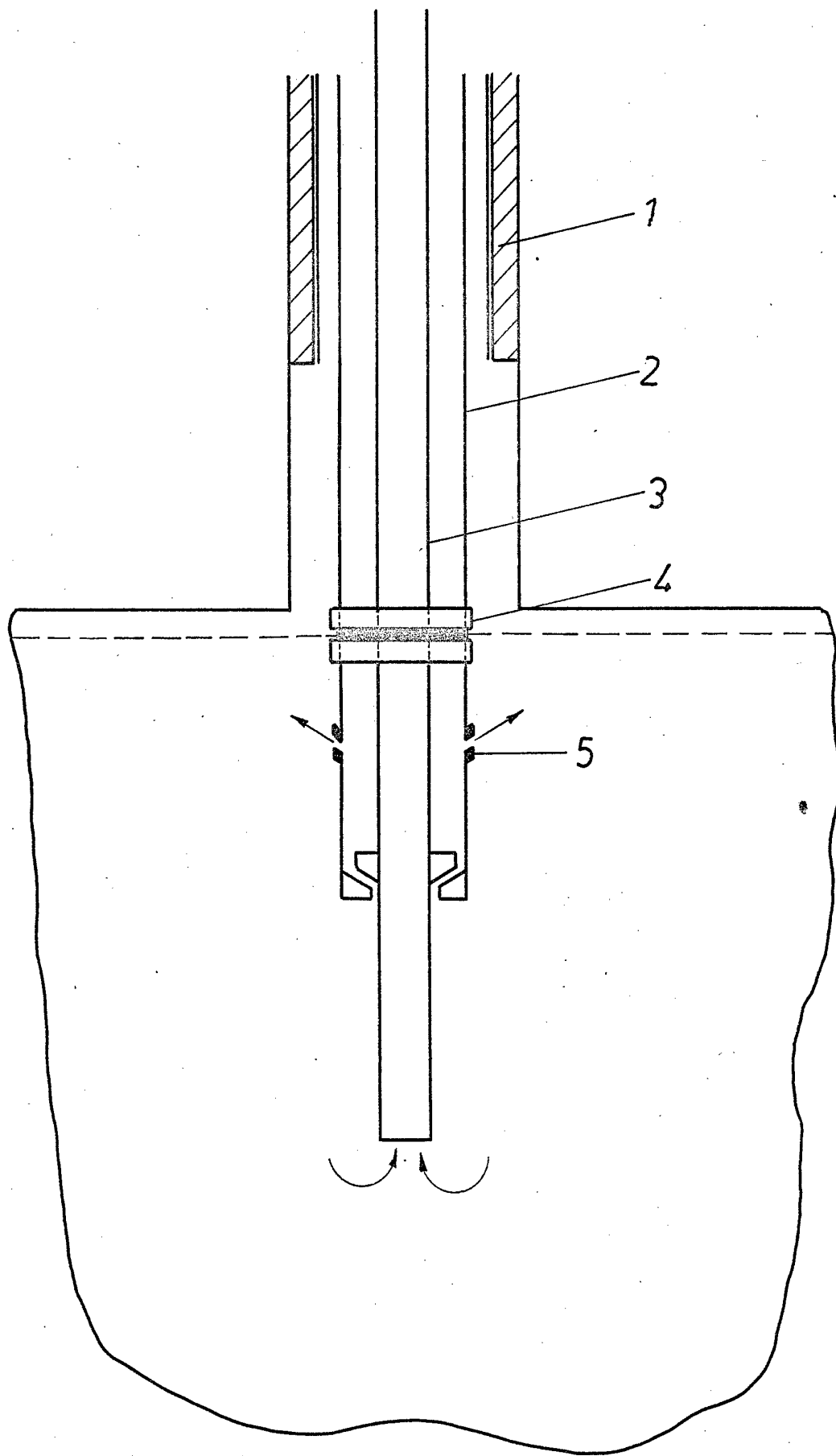


Fig. 1