

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1452/96

(51) Int.Cl.⁶ : **C02F 1/44**

(22) Anmeldetag: 13. 8.1996

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 4.1999

(45) Ausgabetag: 25.11.1999

(56) Entgegenhaltungen:

DE 3023524A1 FR 2484391A FR 2503129A WO 87/02348A1

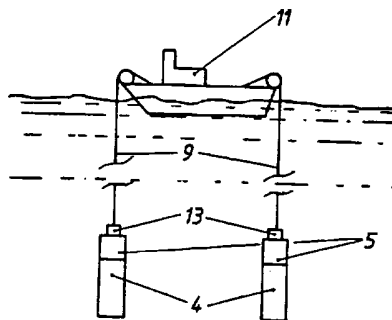
(73) Patentinhaber:

CHEMISCHES LABORATORIUM, DR. GERHARD WATSCHINGER
A-5280 BRAUNAU AM INN, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUR ENTSALZUNG VON MEERWASSER UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS

(57) Ein Verfahren zur Entsalzung von Meerwasser, indem das Meerwasser einer Umkehrosmose in wenigstens einem RO-Modul unterworfen wird. Das RO-Modul wird mit dem Meerwasser in einer Meerestiefe, in welcher der hydrostatische Druck dem gewünschten Betriebsdruck entspricht, in Berührung gebracht, wobei die in die Tiefe abgesenkte und schwebend im Meerwasser angeordnete RO-Modulanordnung in eine ständige oder intermittierende Drehbewegung um die eigene Achse versetzt wird. Bevorzugt wird die Drehbewegung durch Übertragung eines Teiles des Drehmoments bzw. Drehimpulses der Hochpumpen des Produktwassers eingesetzt und ständig oder in Intervallen angetriebenen Pumpeinrichtung an die mit ihr starr verbundene RO-Modulanordnung erzeugt.

Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens weist wenigstens eine der freihängend angeordneten RO-Modulanordnung (4) zugeordnete Unterwassertauchpumpe (5) auf, welche die RO-Modulanordnung (4) durch Übertragung eines Teiles ihres Drehmoments bzw. Drehimpulses in Drehung versetzt, wobei in der Verbindung zwischen RO-Modulanordnung (4) und Oberflächenstation (3) eine an sich bekannte Gleitflanschverbindung (13) vorgesehen ist.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Entsalzung von Meerwasser nach dem Prinzip der Umkehrosmose (Reversosmose), bei dem das Meerwasser einer Umkehrosmose bei einem über dem osmotischen Druck des zu entsalzenden Wassers liegenden Betriebsdruck unterworfen und das aus der Umkehrosmose resultierende Produktwasser an der Produktwasserseite des RO-Moduls entfernt wird.

5 Die bekannten Anlagen und Verfahren zur Entsalzung von Meerwasser nach dem Prinzip der Reversosmose arbeiten nach dem bekannten Schema von RO-Anlagen, wobei meist durch Filtration und chemische Zusätze vorbehandeltes Meerwasser durch geeignete Pumpen auf den erforderlichen hohen Druck gebracht wird, so daß damit die RO-Module beaufschlagt werden können.

Da durch das RO-Modul nahezu reines Wasser hindurchtritt, tritt auf der druckbeaufschlagten Meerwasserseite des Moduls naturgemäß eine Erhöhung der Salzkonzentration in gleichem Maße auf. Diese stete Aufkonzentrierung wird nach der bekannten Technik damit auf einem konstanten Wert gehalten, daß man einen Teil des Meerwassers in einem konstanten Teilstrom als Konzentrat wieder ableitet. Dabei geht die Energie, welche für die Druckerzeugung dieses Teilstromes aufgewendet werden mußte, nutzlos verloren. Je nachdem, wie die Anlage ausgelegt wurde, liegt der nutzlos abgeleitete Teilstrom bei ca. 20 bis 80 %
15 des Meerwassers, womit ein effektiver Ausnutzungsgrad der Pumpleistung nur zu 80 bis 20 % besteht.

Es sind nun Vorrichtungen bekannt, wie beispielsweise in der AT 375 058 B dargestellt, daß dieser Druck des Teilstromes durch Abarbeitung teilweise wieder genützt werden kann. Der entscheidende Nachteil dieser genannten Vorrichtung ist jedoch der relativ große apparative Aufwand im Vergleich zu dem relativ geringen effektiven Wirkungsgrad solcher Anlagen.

20 Aus der DE 30 23 524 A1 sind Anlagen bekannt, bei denen für den Entsalzungsprozeß der vom Meerwasser ausgeübte hydrostatische Druck ausgenützt und das in die erforderliche Meerestiefe abgesenkte Modul relativ zum umgebenden Meerwasser bewegt wird, um die für den Entsalzungsprozeß benötigte Energie zu gewinnen. Diese Energie wird beispielsweise durch eine durch das vorbeiströmende Meerwasser angetriebene Propellerturbine geliefert, wobei die Entsalzungs Vorrichtung durch ein sich auf der
25 Meeresoberfläche bewegendes Fahrzeug gezogen wird, um zu dieser Relativbewegung zwischen Meerwasser und Vorrichtung zu gelangen.

Das mit der Entsalzungsanlage erzeugte Produktwasser soll dabei mit einem Druck entsprechend dem an der Meerwasserseite herrschenden hydrostatischen Druck abgeführt werden.

30 Solche Anlagen, welche mit der Schleppenergie beispielsweise eines Segelschiffes als Pumpenantrieb auskommen sollen, können nur für die Gewinnung geringster Mengen an Produktwasser in geringen Meerestiefen eingesetzt werden. Zur Erzielung eines halbwegs annehmbarem Wirkungsgrades muß nämlich bei einem Vielfachen des osmotischen Druckes und gewöhnlich bei etwa 50-60 bar gearbeitet werden. Das Unterwassermodul muß also, soll Produktwasser in einem größeren Maßstab gewonnen werden, in eine Wassertiefe von 500-600 m abgesenkt werden. Eine Bewegung des Moduls durch Schleppen beispielsweise mit einem Boot oder Schiff ist in einem solchen Fall ausgeschlossen.

Weiters wurden bereits auf der Basis der Reversosmose absatzweise arbeitende und für eine kontinuierliche Arbeitsweise ungeeignete Vorrichtungen zur Gewinnung von entsalztem Meerwasser vorgeschlagen.

35 So betrifft die WO 87/02348 A1 eine Vorrichtung zur absatzweisen Gewinnung kleiner Wassermengen durch Reversosmose, wobei die Vorrichtung in geringe Tiefe abgesenkt und nach kurzer Zeit wieder hochgezogen und entleert wird. Dabei wird ein geringer hydrostatischer Druck ausgenützt, indem ineinander verschiebbare Kolben mit verschiedenen Kolbendurchmessern mit dem größeren Kolbendurchmesser an der Meerwasserseite zum Aufbau eines Druckdifferentials zwischen Meerwasserseite und Produktwasserseite des Moduls vorgesehen werden.

40 Gemäß der in der FR 2 484 391 A beschriebenen, zur Gewinnung geringer Süßwassermengen absatzweise arbeitenden Vorrichtung wird eine Reversosmose erreicht, indem eine semipermeable Membran der in eine geringe Meerestiefe abgesenkten Vorrichtung einem über dem osmotischen Druck liegenden Druck des Meerwassers ausgesetzt und das durch die Membrane hindurchgetretene Süßwasser in einem dichten Behälter gesammelt wird, dessen Innendruck ursprünglich auf einen geringeren Wert eingestellt wurde. Das Süßwasser wird sodann aus dem an die Oberfläche gebrachten Behälter entnommen.
50

Ziel der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines Verfahrens und einer Anlage zur Entsalzung von Meerwasser, welche die den bekannten Vorrichtungen anhaftenden Unzulänglichkeiten, insbesondere ein Fouling und Scaling bzw. eine Konzentrationserhöhung von Salzen an der Meerwasserseite der Modulmembranen, vermeiden und dadurch einen weitgehend kontinuierlichen Betrieb ermöglichen.

55 Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren zur Entsalzung von Meerwasser, indem das Meerwasser einer Umkehrosmose in wenigstens einem RO-Modul unterworfen und das aus der Umkehrosmose resultierende Produktwasser an der Produktwasserseite des RO-Moduls entfernt und zu einer auf einem Schiff oder einer schwimmenden Plattform untergebrachten Oberflächenstation hochgepumpt wird, wobei man den Betriebs-

druck bzw. das erforderliche Druckgefälle zwischen der Meerwasserseite des RO-Moduls und der Produktwasserseite desselben erzeugt, indem man das RO-Modul mit dem Meerwasser in einer Meerestiefe, in welcher der hydrostatische Druck dem gewünschten Betriebsdruck entspricht, in Berührung bringt und wobei das RO-Modul zwecks Vermeidung von Ablagerungen und erhöhten Salzkonzentrationen am Modul
 5 einer verstärkten Umspülung mit Meerwasser ausgesetzt wird. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß, die in die Tiefe abgesenkte und schwebend im Meerwasser angeordnete RO-Modulanordnung zum Zwecke der Umspülung in eine ständige oder intermittierende Drehbewegung um die eigene Achse versetzt wird.

Vorzugsweise wird die Drehbewegung durch Übertragung eines Teiles des Drehmoments bzw. Drehimpulses der von der Oberflächenstation aus mit Strom gespeisten, für das Hochpumpen des Produktwassers eingesetzten und ständig oder in Intervallen angetriebenen Pumpeinrichtung an die mit ihr starr verbundene RO-Modulanordnung erzeugt.
 10

Weiters betrifft die Erfindung eine Anlage zur Durchführung des genannten Verfahrens, mit einer in das Meerwasser abgesenkten, im Meerwasser schwebend angeordneten RO-Modulanordnung und wenigstens
 15 einer tiefenverstellbaren Schlauch- und Rohrleitungseinrichtung zur Beförderung des Produktwassers zu einer auf einem Schiff oder einer schwimmenden Plattform untergebrachten Oberflächenstation. Die Anlage ist durch wenigstens eine der um ihre Vertikalachse wenigstens teilweise drehbaren RO-Modulanordnung zugeordnete, im Betrieb einen Teil ihres Drehmoments bzw. Drehimpulses an die mit den Schlauch- und Rohrleitungseinrichtungen freihängend verbundene RO-Modulanordnung übertragende und dadurch die RO-
 20 Modulanordnung in Drehung versetzende Unterwassertauchpumpe zum Hochpumpen des Produktwassers zur Oberflächenstation, wobei in der Verbindung zwischen RO-Modulanordnung und Oberflächenstation eine an sich bekannte Gleitflanschverbindung zur Ermöglichung der Drehung des Moduls vorgesehen ist, gekennzeichnet.

Als Unterwassertauchpumpen werden vorzugsweise Hochdruckkreiselpumpen eingesetzt.

Durch periodisches Ein- und Ausschalten der Pumpe(n) kann die Drehbewegung der Modulanordnung intermittierend gestaltet werden, was beispielsweise dann der Fall sein wird, wenn das Produktwasser in zeitlichen Intervallen aus der Modulanordnung zur Oberflächenstation abgepumpt wird.
 25

Die Gleitflanschverbindung kann an einer beliebigen Stelle der Vertikalen Verbindung zwischen Modulanordnung und Oberflächenstation vorgesehen sein, wie beispielsweise auch im vertikalen Abschnitt der Schlauch- und Rohreinrichtungen, der sich oberhalb der Meerwasserspiegels bis zur Oberflächenstation erstreckt, so daß die Drehbewegung der RO-Modulanordnung visuell überwacht werden kann.
 30

Diese Gleitflanschverbindung stellt die hydraulischen und elektrischen Verbindungen über entsprechende Gleitkupplungen und -kontakte von der Oberflächenstation zur genannten RO-Modulanordnung her.

Die verwendeten Leitungssysteme können aus metallischen Rohren oder aus Schläuchen bestehen, an deren Innen- oder Außenseite die entsprechenden Verbindungsleitungen für die Energiezufuhr angebracht sind, es ist jedoch aus Gründen des Preises und der Korrosionsbeständigkeit von besonderem Vorteil, zum mindesten überwiegend Kunststoffrohre oder Kunststoffschläuche zu verwenden.
 35

Als Oberflächenstationen können z.B. außer Dienst gestellte Schiffe und Plattformen dienen, die adaptiert werden, daß die großen Aggregate zur Energieversorgung, Manipulationsraum für das Hochziehen der RO-Modulanordnungen, der Zwischenlagerung und gegebenenfalls Nachbehandlung des Reinwassers, sowie diverse Einrichtungen der Infrastruktur und des weiteren Betriebes auf sehr kostengünstige Art darauf untergebracht bzw. bereits vorhandene genutzt werden können.
 40

Gegenüber an der Oberfläche arbeitenden Anlagen ergeben sich durch den Umstand, daß durch das erfindungsgemäße Verfahren nur das entsalzte Wasser hochgepumpt werden muß, entscheidende Vorteile.
 45 Das ist zum einen die wesentliche Energieeinsparung, zum anderen die Tatsache, daß nicht nur dem spezifischen Gewicht nach leichteres Wasser, sondern auch weniger korrosives Wasser gepumpt werden muß, was bei der bekannten Korrosivität des Meerwassers einen nicht unbeachtlichen Vorteil in der Lebensdauer der Pumpen bewirkt.

Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist darin zu ersehen, daß das Meerwasser in den entsprechenden
 50 Tiefen und fern der Küste im wesentlichen frei von den Verunreinigungen küstennaher Entnahmestellen ist. Für das Zurückhalten ev. auftretender kleiner Verunreinigungen, kann gegebenenfalls dem RO-Modul ein Vorfilter vorgeschaltet werden.

Die Aufkonzentrierung an Salzen vor dem RO-Modul, welche bei herkömmlichen Anlagen zu den bekannten Erscheinungen des Fouling und Scaling führt und welche meist nur durch eine chemische
 55 Vorbehandlung des Meerwassers gemildert werden muß, bzw. ein Fouling oder Scaling sind im erfindungsgemäßen Verfahren nicht gegeben, da durch die ständige oder intervallgesteuerte Rotation der RO-Modulanordnung im gesamten um ihre eigene Achse eine verbesserte Anströmung und dadurch eine bessere Wirkung erzielt wird und im Zuge der Anströmung des Meerwassers an die RO-Module stets

ursprüngliches Meerwasser an die Außenseite der RO-Module gelangt.

Die Erfindung wird unter Hinweis auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert, in welcher ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Anlage schematisch veranschaulicht ist. Dabei zeigt die einzige Zeichnungsfigur ein Beispiel einer Anlage, bei welcher zwei RO-Modulanordnungen von einem Schiff aus abgesenkt sind.

5 Bei dem in der Zeichnungsfigur gezeigten Beispiel einer Anlage werden auf einem ausgedienten und für die Zwecke der Meerwasserentsalzung wieder adaptierten und in Dienst gestellten Tankschiff 11 zwei RO-Modulanordnungen 4 mit einer durchschnittlichen Stundenleistung von 20 m³/h je Modulanordnung, welche mit mehrstufigen Unterwasserkreiselpumpen 5 verbunden sind, über an Deck des Schiffes angeordnete aufrollbare Kunststoffrohrverbindungen 9 in eine Tiefe von 580 m unter dem Meeresspiegel abgesenkt.

10 Durch das Drehmoment der Pumpenmotoren der Unterwasserkreiselpumpen 5 wird eine Rotation der RO-Modulanordnungen 4, welche über eine Gleitflanschverbindung 13 mit den Verbindungsrohren 9 verbunden sind, bewirkt, wodurch eine gute Umströmung und Funktion der Module sichergestellt wird.

15 Die Anlage kann derart ausgelegt sein, daß das Meerwasser von einem Salzgehalt von 35000 mg/l auf einen Salzgehalt von durchschnittlich 420 mg/l entsalzt wird. Die insgesamt erzielte Energieeinsparung gegenüber herkömmlichen vergleichbaren Anlagen kann bis zu 45 % betragen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Entsalzung von Meerwasser, indem das Meerwasser einer Umkehrosiose in wenigstens einem RO-Modul unterworfen und das aus der Umkehrosiose resultierende Produktwasser an der Produktwasserseite des RO-Moduls entfernt und zu einer auf einem Schiff oder einer schwimmenden Plattform untergebrachten Oberflächenstation hochgepumpt wird wobei man den Betriebsdruck bzw. das erforderliche Druckgefälle zwischen der Meerwasserseite des RO-Moduls und der Produktwasserseite desselben erzeugt, indem man das RO-Modul mit dem Meerwasser in einer Meerestiefe, in welcher der hydrostatische Druck dem gewünschten Betriebsdruck entspricht, in Berührung bringt und wobei das RO-Modul zwecks Vermeidung von Ablagerungen und erhöhten Salzkonzentrationen am Modul einer verstärkten Umspülung mit Meerwasser ausgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß, die in die Tiefe abgesenkte und schwebend im Meerwasser angeordnete RO-Modulanordnung zum Zwecke der Umspülung in eine ständige oder intermittierende Drehbewegung um die eigene Achse versetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drehbewegung durch Übertragung eines Teiles des Drehmoments bzw. Drehimpulses der von der Oberflächenstation aus mit Strom gespeisten, für das Hochpumpen des Produktwassers eingesetzten und ständig oder in Intervallen angetriebenen Pumpeinrichtung an die mit ihr starr verbundene RO-Modulanordnung erzeugt wird.
3. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einer in das Meerwasser abgesenkten, im Meerwasser schwebend angeordneten RO-Modulanordnung und wenigstens einer tiefenverstellbaren Schlauch- und Rohrleitungseinrichtung zur Beförderung des Produktwassers zu einer auf einem Schiff oder einer schwimmenden Plattform untergebrachten Oberflächenstation, gekennzeichnet durch wenigstens eine der um ihre Vertikalachse wenigstens teilweise drehbaren RO-Modulanordnung (4) zugeordnete, im Betrieb einen Teil ihres Drehmoments bzw. Drehimpulses an die mit den Schlauch- und Rohrleitungseinrichtungen freihängend verbundene RO-Modulanordnung (4) übertragende und dadurch die RO-Modulanordnung (4) in Drehung versetzende Unterwassertauchpumpe (5) zum Hochpumpen des Produktwassers zur Oberflächenstation (3), wobei in der Verbindung zwischen RO-Modulanordnung (4) und Oberflächenstation (3) an sich bekannte Gleitflanschverbindung (13) Ermöglichung der Drehung des Moduls (4) vorgesehen ist.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

