



No. 13-146266-00000-0000

Fecha: 2013-06-19 16:06:09

Tra. 11 PATENTE IYI

Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Eve: 378 FASE NACIONAL I

Folios: 448 117



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

DELEGATURA DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

División de Nuevas Creaciones

SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION

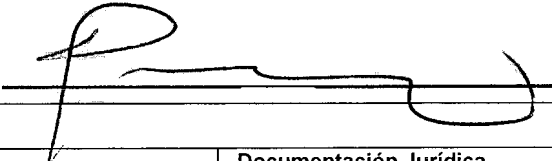
21. EXPEDIENTE No. _____

54. TÍTULO BOMBA CENTRIFUGA DE ALTA
Presión de múltiples etapas para fracturar
reservas de hidrocarburos

51. CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL _____

71. SOLICITANTE Noxon, Inc.DOMICILIO Canadá74. APODERADO Alvaro Correa Ochoa22. BOGOTÁ, D.C., 19 junio, 2013.

		Superintendencia de Industria y Comercio Superintendencia de Industria y Comercio 13-146266-00000-0000 Fecha: 2013-06-19 16:06:09 Tra. 11 PATENTE I/II Act. 411 PRESENTACION Dep. 2020 DIR.NUEVASCR Eve: 378 FASENACIONALI Folios: 117	
DIRECCIÓN DE N SOLICITUD FAS			
1	TIPO DE SOLICITUD	☒ Patente de invención ☒ Capítulo I	☐ Patente de Modelo de Utilidad ☐ Capítulo II
2	DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)		
Solicitud Internacional No.		PCT/CA2012//000047	Fecha 19/01/2012
Publicación Internacional No.		WO/2012/097440	Fecha 26/07/2012
3	TÍTULO DE LA INVENCION (200 caracteres o espacios máximos)		
BOMBA CENTRÍFUGA DE ALTA PRESIÓN DE MÚLTIPLES ETAPAS PARA FRACTURAR RESERVAS DE HIDROCARBUROS			
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (CIP)		
F04D 1/06 (2006.01), E21B 43/26 (2006.01), F04D 29/16 (2006.01), F04D 29/44 (2006.01)			
5	SOLICITANTE (S) ☐ Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL		NOMBRE	IDENTIFICACIÓN TIPO
1. NEXEN INC.			
6	DATOS DEL SOLICITANTE		
DIRECCIÓN		2900, 801 - 7th Avenue S.W. Calgary, Alberta T2P 3P7	No. TELÉFONO 6341500
CIUDAD		Calgary	CORREO ELECTRÓNICO alvaro.correa@bekermckenzie.com
DEPARTAMENTO/ESTADO		Alberta	NACIONALIDAD O LUGAR DE CONSTITUCIÓN
PAÍS DE RESIDENCIA		Canadá	Canadá
7	INVENTOR (ES) Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria		
APELLIDOS		NOMBRES	NACIONALIDAD
1. PETTIGREW		Dana	Canadá
2. LIMANOWKA		Wojciech A.	Canadá
3. VUKADIN		Zoran	Canadá
4.			
5.			
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:			
8	DATOS INVENTOR (ES)		
PAÍS RESIDENCIA		DEPARTAMENTO/ESTADO	CIUDAD DIRECCIÓN
1. Canadá		Alberta	Airdrie 238 Canals Circle SW., Airdrie, Alberta T4B 2Z6
2. Canadá		Alberta	Sherwood Park 81052059 Range Road 220, Sherwood Park, Alberta T8E 1B9
3. Canadá		Alberta	Edmonton 4907 115A St. NW, Edmonton, Alberta T6H 3P7
4.			
5.			
OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)			
☐ Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja a continuación.			
9	☐ REPRESENTANTE LEGAL ☒ APODERADO		
APELLIDOS		NOMBRES	IDENTIFICACIÓN
Correa Ordóñez		Álvaro	C.C.79.143.366 T.P.20.281
DIRECCIÓN		Av. 82 No. No. 10-62, Piso 5	No. TELÉFONO 6341500
CIUDAD		Bogotá	CORREO ELECTRÓNICO alvaro.correa@bekermckenzie.com
PAÍS		Colombia	No. RADICACIÓN DE PROTOCOLO DE PODER GENERAL

10	DECLARACIONES DE PRIORIDAD ☒ SI ☐ NO			
(33) PAÍS DE ORIGEN		CÓDIGO PAÍS	(31) NÚMERO	(32) FECHA (AAAA/MM/DD)
1. Estados Unidos de América			61/434,167	19/01/2011
2. Estados Unidos de América			61/434,171	19/01/2011
3. Estados Unidos de América			13/328,245	16/12/2011
11	DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS			
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.				
☐ SI ☒ NO				
Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o número de registro, expedido por la Autoridad competente.				
12	DECLARACIÓN SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES			
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.				
☐ SI ☒ NO				
Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado, o número de registro expedido por la Autoridad competente.				
13	REDUCCIÓN DE TASAS			
Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.				
☐ SI ☒ NO				
Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.				
Micro, pequeñas y medianas empresas ☐				
Universidades públicas o privadas ☐				
Entidades sin ánimo de lucro ☐				
Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos				
14	AUTORIZACIÓN DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA ☐ SI ☐ NO			
Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de Internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet.				
15	COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO	N° 13-0056631 N° 13-0059843	Fecha 11/06/2013 Fecha 18/06/2013	
16	FIRMA DEL SOLICITANTE, DEL APODERADO O DEL REPRESENTANTE LEGAL Junto a cada firma, indicar el nombre del firmante y su calidad (si tal calidad no es obvia al leer el petitorio)			
				
17	ANEXOS			
Documentación Técnica Solicitud Internacional en castellano		Documentación Jurídica		
1. ☒ Descripción N° de folios: 50		9. ☒ Poderes, si fuera el caso.		
2. ☒ Reivindicaciones N° Reivindicaciones: 16		10. ☒ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.		
3. ☐ Dibujos y/o figuras N° folios: 6		11. ☐ Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, certificado o número de registro, si fuera el caso.		
4. ☒ Resumen.		12. ☐ Copia de la licencia o autorización de Conocimientos Tradicionales, certificado o número de registro, si fuera el caso.		
5. ☐ Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso.		13. Reducción de tasas		
6. ☐ Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso.		Micro, pequeñas o medianas empresas		
7. ☐ Arte final 12 x 12.		☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea.		
8. ☐ Anexo formato digital.		☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004.		
		Universidades públicas o privadas		
		☐ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación		
		Entidades sin ánimo de lucro		
		☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio.		
		☐ Hoja de información complementaria.		
		☐ Otros, especificar		
		14. ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.		
		15. ☐ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.		
		16. ☐ Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.		
		17. ☒ Comprobante de pago por reivindicación adicional a 10.		

RECIBO DE PAGO

2013/06/29 3

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 13 - 0056631
		Bogotá D.C., Junio 11 de 2013 - 16:51:11

RECIBIDO DE : BAKER NI 900.532.339

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	560951720	11/06/2013	113.965.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNIDITARIO Vr. CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	500.000.00 500.000.00
			===== \$500.000.00 =====

SON: ****QUINIENTOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE****

Responsable: _____
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 13-146266- -00000-0000
Fecha: 2013-06-19 16:06:09 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 118

2013/06/18

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -


Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 13 - 0059843

Bogotá D.C., Junio 18 de 2013 - 16:07:20

RECIBIDO DE : BAKER

NI 900.532.339

R

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
RECIBO DE CA	999999999	56763	11/06/2013		270.000.00
RECIBO DE CA	999999999	56790	11/06/2013		170.000.00
RECIBO DE CA	999999999	56791	11/06/2013		170.000.00
RECIBO DE CA	999999999	56865	11/06/2013		10.000.00
RECIBO DE CA	999999999	56866	11/06/2013		10.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT. RENTISTICO

CONCEPTO

Vr.UNDITARIO

Vr.CONCEPTO

6 50005-01-01 SOLICITUDES

1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA
ADICIONAL A LAS 10 INIC

30.000.00

180.000.00

\$180.000.00

SON: **CIENTO OCHENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable:

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-146266- -00000-0000

Fecha: 2013-06-19 16:06:09

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Tra. 11 PATENTEIYII

Eve: 378 FASENACIONALI

Act. 411 PRESENTACION

Folios: 118

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Junio 18 de 2013 - 16:07:21

EXTRACTOS

5

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO			
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES			
TARJETA ARCHIVO PROPIETARIOS			
PATENTE DE INVENCION ____		PCT ☒ MODELO DE UTILIDAD ____ DISEÑO INDUSTRIAL ____	
(21) N° de solicitud:		(22) Fecha de solicitud:	
(51) Clasificación Internacional :			
(71) Solicitante(s) NEXEN INC.			
(72) Inventor(es) PETTIGREW, Dana; LIMANOWKA, Wojciech A.; VUKADIN, Zoran			
(74) Apoderado: ALVARO CORREA ORDÓÑEZ			
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad	(32) Fecha	(33) País
(85) Fecha inicio fase nacional : 17/06/2013		(87) Publicación internacional	
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT		Fecha : 26/07/2012	
Fecha de presentación de la solicitud : 19/01/2012		N° publicación : WO/2012/097440	
No. de solicitud : PCT/CA2012//000047			
(54) Título : Bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas para fracturar reservas de hidrocarburos			

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO	
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES	
TARJETA ARCHIVO TEMATICO	
PATENTE DE INVENCION _____ PCT <u>X</u> MODELO DE UTILIDAD _____ DISEÑO INDUSTRIAL _____	
(21) N° de solicitud:	(22) Fecha de solicitud:
(51) Clasificación Internacional :	
(71) Solicitante(s)	
NEXEN INC.	
(72) Inventor(es)	
PETTIGREW, Dana; LIMANOWKA, Wojciech A.; VUKADIN, Zoran	
(74) Apoderado : ALVARO CORREA ORDOÑEZ	
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad (32) Fecha (33) País
(85) Fecha límite inicio fase nacional : 17/06/2013	(87) Publicación internacional:
(86) Datos relativos a la presentación de la solíc. PCT	Fecha : 26/07/2012
Fecha de presentación de la solicitud : 19/01/2012	No. Publicación : WO/2012/097440
No. de solicitud : PCT/CA2012//000047	
(54) Título : Bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas para fracturar reservas de hidrocarburos	
(57)	
Resumen :	
La presente invención se relaciona con un diseño de bomba centrífuga de múltiples etapas, que tiene difusores, propulsores, y un eje, insertados dentro de una carcasa para alta presión, de tal manera que esta ensamble se cierra completamente dentro de la carcasa, y esta tiene suficiente resistencia para ser adecuada para la contención segura de presión de los fluidos que se bombean. Esta invención describe los detalles técnicos utilizados para reconfigurar el diseño de bomba centrífuga de múltiples etapas con el fin de aumentar las capacidades de presión de descarga de más 6,000 psig de los diseños actuales.	

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA		SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DIVISION DE NUEVAS CREACIONES EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION PCT																	
(21) N° de solicitud: 22) Fecha de solicitud: <table border="0"> <tr> <td>(30) Prioridad</td> <td>(31) No.</td> <td>32) Fecha</td> <td>(33) País</td> </tr> <tr> <td></td> <td>61/434,167</td> <td>19/01/2011</td> <td>US</td> </tr> <tr> <td></td> <td>61/434,171</td> <td>19/01/2011</td> <td>US</td> </tr> <tr> <td></td> <td>13/328,245</td> <td>16/12/2011</td> <td>US</td> </tr> </table>		(30) Prioridad	(31) No.	32) Fecha	(33) País		61/434,167	19/01/2011	US		61/434,171	19/01/2011	US		13/328,245	16/12/2011	US	(51) Int Cl: (71) Solicitante(s) NEXEN INC. (72) Inventor(es) PETTIGREW, Dana LIMANOWKA, Wojciech A. VUKADIN, Zoran (74) Apoderado: ALVARO CORREA ORDOÑEZ	
(30) Prioridad	(31) No.	32) Fecha	(33) País																
	61/434,167	19/01/2011	US																
	61/434,171	19/01/2011	US																
	13/328,245	16/12/2011	US																
(85) Fecha limite inicio fase nacional : 17/06/2013 (86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT Fecha de presentación de la solicitud : 19/01/2012 No. de solicitud : PCT/CA2012//000047		(87) Publicación internacional Fecha: 26/07/2012 N° publicación: WO/2012/097440																	
(54) Titulo: Bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas para fracturar reservas de hidrocarburos																			

Resumen :

La presente invención se relaciona con un diseño de bomba centrífuga de múltiples etapas, que tiene difusores, propulsores, y un eje, insertados dentro de una carcasa para alta presión, de tal manera que esta ensamble se cierra completamente dentro de la carcasa, y esta tiene suficiente resistencia para ser adecuada para la contención segura de presión de los fluidos que se bombean. Esta invención describe los detalles técnicos utilizados para reconfigurar el diseño de bomba centrífuga de múltiples etapas con el fin de aumentar las capacidades de presión de descarga de más 6,000 psig de los diseños actuales.

PODERES



Baker & McKenzie S.A.S.
NIT: 900.532.339-9

Av. 82 No. 10-62 6th Floor
Bogota
Colombia

Tel: +57 1 634 1500
Fax: +57 1 376 2211
www.bakermckenzie.com

POWER OF ATTORNEY

The undersigned.

NEXEN INC

located at

**2900, 801 - 7TH Avenue SW Calgary, Alberta
T2P 3P7, Canada**

declares that it hereby grants to

**ÁLVARO CORREA-ORDÓÑEZ and/or
RICARDO METKE MENDEZ and/or JUAN PABLO
CONCHA-DELGADO**

of the firm Baker & McKenzie Colombia S.A members of Baker & McKenzie, domiciled at Av. 82 No. 10-62, 6th floor, of Bogotá D.C., Colombia, full and sufficient power of attorney to pursue before the competent authorities the following matters:

Prosecution and obtainment of patents, utility models, industrial designs, integrated circuits layout-designs and vegetal varieties; liens and other acts that affect or limit the mentioned industrial property rights; filing and prosecution of oppositions; recordal of license of use agreements; filing and prosecution of cancellation actions, annulment actions, annulment and reinstatement of right action, and all judicial actions available for the prosecution of proceedings related to intellectual property matters, unfair competition, and protection of consumers.

to which end it empowers them to file requests, petitions and lawsuits, appeals and objections, pay taxes, receive, including faculties to enter into settlement agreements, conciliations and transactions, abandon applications and renounce rights and, in general, to take all the actions before the competent authorities in order to duly protect our intellectual property. To the said mandates sufficient power is granted hereby to receive notifications for and on behalf of the Company, to confer powers on those who are to represent the Company judicially and extrajudicially, to answer in court in the matter of all claims and demands that may be presented in connection with the marks and other intellectual property rights, and to do everything that may be required before administrative or judicial officers of any class to comply this power, giving them likewise faculty to substitute these presents and revoke such substitutions if necessary.

Done and subscribed in

**Calgary, Alberta
Canada**

On the

3^{ra}

day of **June** of 2013

**Rick Beingessner, VP & Chief Counsel
Corporate/Marketing, Assistant Secretary**

Signature of the person issuing the Power

PODER

La abajo firmada,

NEXEN INC

domiciliada en

**2900, 801 - 7TH Avenue SW Calgary, Alberta
T2P 3P7, Canada.**

declara por el presente que otorga a

**ÁLVARO CORREA-ORDÓÑEZ y/o RICARDO METKE
MENDEZ y/o JUAN PABLO CONCHA-DELGADO**

de la firma Baker & McKenzie Colombia S.A., miembros de Baker & McKenzie, domiciliada en la Av. 82 No. 10-62 Piso 6 en Bogotá D.C., Colombia, poder especial amplio y suficiente, para adelantar ante las autoridades competentes los siguientes asuntos:

Trámite y obtención de solicitudes de patentes de invención, modelos de utilidad, diseños industriales, esquemas de trazado de circuitos integrados y variedades vegetales; embargos y otros actos que afecten o limiten los mencionados derechos de propiedad industrial; presentación y tramitación de oposiciones; inscripción de licencias de uso; presentación y tramitación de acciones de cancelación; acciones de nulidad, acciones de nulidad y restablecimiento del derecho y demás acciones judiciales, relacionadas con procesos de propiedad industrial, competencia desleal y protección al consumidor.

a cuyo efecto los faculta para presentar solicitudes, peticiones y demandas, interponer recursos, reclamos, pagar impuestos y tasas, recibir, transigir y desistir, incluyendo facultades para entrar en acuerdos amigables, conciliaciones y transacciones, abandonar solicitudes y renunciar a derechos, y en general, a dar ante las autoridades competentes todos los pasos necesarios para la debida protección de nuestra propiedad industrial. Asimismo se concede a los expresados mandatarios poder suficiente para recibir notificaciones a nombre de la compañía, otorgar poderes a quienes vayan a representar a la compañía judicial y extrajudicialmente, responder en juicio a todas las reclamaciones o demandas que por motivo de marcas y otros derechos de propiedad industrial se presentaren y hacer cuanto fuere necesario ante las autoridades administrativas o judiciales de cualquier orden para el cumplimiento de este mandato, dándoles igualmente facultad para sustituir el presente poder y en caso necesario, revocar dichas sustituciones.

Dado y firmado en

A los

días del mes de

de 20

Firma de la persona que firma el Poder

NOTARIAL CERTIFICATION

On this 3rd day of June
20 13, the undersigned Notary

CERTIFIES

1. That **Rick Beingessner**
of legal age and domiciled in **Calgary, Alberta, Canada**

set his hand on the foregoing document.
2. That the grantor is to me personally known and that he has legal capacity to execute the instrument.
3. That the grantor has executed the foregoing document as
VP & Chief Counsel – Corporate/Marketing

of the corporate person **Nexen Inc.**
4. That the corporate person **Nexen Inc.**

having its home office in **2900, 801 – 7th Avenue SW, Calgary, Alberta Canada T2P 3P7**

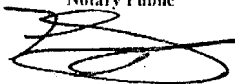
is duly organized, has present legal existence and that the purposes for which the power of attorney is granted are within the scope of its corporate purposes.
5. That the grantor has in fact the referred to authority and that his/her representation is legal.
6. That I have based certifications 3, 4 and 5 above on the following authentic documents for such purpose exhibited to me and which I mention specifically, giving their dates and their origin or source:

By-Law No. 3 dated December 4, 2006.

JASON R. BILINSKY
Barrister & Solicitor

**A Notary Public and a Commissioner for Oaths
in and for the Province of Alberta
My Commission expires at the pleasure of
the Lieutenant-Governor in council.**

Notary Public



CERTIFICACION NOTARIAL

A los _____ días del mes de _____
de 20 _____, el suscrito Notario

DA FE

1. Que

mayor y domiciliado
en _____

suscribió de su puño y letra el documento que antecede.
2. Que conozco al otorgante y que éste tiene capacidad legal para el otorgamiento.
3. Que el otorgante ha suscrito el referido documento en su carácter de _____

de la persona jurídica
4. Que la persona jurídica

con sede en _____

está legalmente constituida, que tiene existencia legal actual y que el acto para el cual se otorga el poder está comprendido entre los que constituyen su objeto social.
5. Que el otorgante tiene efectivamente la representación que ostenta y que ésta es legítima.
6. Que he basado las certificaciones 3, 4 y 5 anteriores en los siguientes documentos auténticos que al efecto se me exhibieron y que menciono específicamente con expresión de sus fechas y de su origen o procedencia:

El Notario Público

10

Estatuto No. 3. Fecha 4 de diciembre, 2006.

JASON R. BILINSKY

Abogado y Procurador

Notario Público y Comisionado para Juramentos en y para la Provincia de Alberta.

Mi Comisión terminará según la voluntad del Teniente-Gobernador del Consejo.

Notario Público.

Firmado

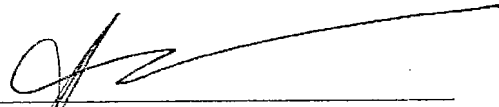
CESION DEL INVENTOR AL
SOLICITANTE

37
M

NOTARIAL CERTIFICATE

I, DAWN GIEBELHAUS MAINS, of the City of Calgary, in the Province of Alberta, Barrister & Solicitor and Notary Public in and for the Province of Alberta DO CERTIFY that attached hereto is a true copy of the Assignment executed by the Inventor, Dana Pettigrew, assigning his patent rights to the applicant, NEXEN INC.

IN TESTIMONY WHEREOF I have hereunto subscribed my name and affixed my seal of office at the City of Calgary, in the Province of Alberta, this ^{5th} day of June, 2013.



DAWN GIEBELHAUS MAINS

A Notary Public in and for the Province of Alberta

12

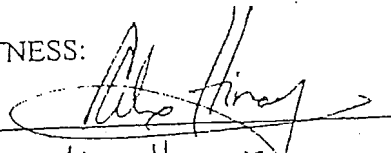
Assignment

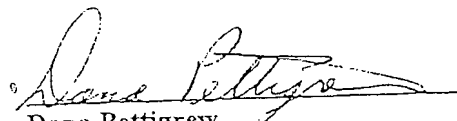
I, Dana Pettigrew, whose full post office address is 238 Canals Circle S.W., Airdrie, Alberta, T4B 2Z6, Canada, in consideration of One Dollar, and other good and valuable consideration, the receipt of which is hereby acknowledged, does hereby sell and assign to Nexen Inc., whose full post office address is 2900, 801 - 7th Avenue S.W., Calgary, Alberta, T2P 3P7, Canada, all the right, title and interest in Canada, United States and Worldwide in and to my invention relating to **High Pressure Multistage Centrifugal Pump For Fracturing Hydrocarbon Reserves** as fully described and claimed in the U.S. Provisional Patent Application No. 61/434,167, filed on January 19, 2011, including the right to file all corresponding patent applications anywhere in the world for such invention including the filing of all non-provisional, supplementary, continuation, divisional and reissue applications thereof and to all my corresponding right, title and interest in and to any patent which may issue therefor and any and all reissues thereof, to be held and enjoyed by Nexen Inc., as the same could have been held and enjoyed by said Dana Pettigrew if this Assignment had not been made.

And I, on behalf of myself and my heirs, executors, representatives and administrators, hereby covenants and agrees to do all such lawful acts and things and to execute without further consideration such further lawful assignments, documents, assurances, applications, and other instruments as may reasonably be required by said assignee, its successors, assigns or legal representatives, to obtain any and all Letters Patent of Canada, United States and Worldwide for said invention and vest the same in said assignee, its successors, assigns or legal representatives.

SIGNED at the City of CALGARY, this 16 day of JAN, 2012.

WITNESS:


Alex Himant


Dana Pettigrew

[continued on next page]

Affidavit

I, Alex Himour, whose full post office address is
1003 Rundleside Drive NE, Calgary, Alberta T1Y-1G1, solemnly affirm and declare:

That I was personally present and did see Dana Pettigrew who is personally known to me to be the person named in the attached Assignment duly sign and execute the same.

Name:

Alex Himour

AFFIRMED before me at the City of Calgary, this 16th day of JAN, 2012.

[Signature]
Commissioner or Notary

14

CERTIFICADO NOTARIAL

Yo, DAWN GIEBELHAUS MAINS, de la ciudad de Calgary, en la Provincia de Alberta, Abogado, Procurador y Notario Público en y para la Provincia de Alberta, CERTIFICO que el adjunto a la presente es una fiel copia de la Cesión ejecutada por el Inventor Dana Pettigrew, mediante la cual cede sus derechos de patente al solicitante, NEXEN INC.

EN FE DE LO CUAL, firmo y estampo mi sello de la oficina, en la ciudad de Calgary, en la Provincia de Alberta, el día 3 de junio de 2013.

Firma Ilegible

DAWN GIEBELHAUS MAINS

Notario Público en y para la Provincia de Alberta

Cesión

Yo, **Dana Pettigrew**, cuya dirección postal completa es **238 Canals Circle S.W., Airdrie, Alberta, T4B 2Z6, Canadá**, en consideración de One Dollar, y otra contraprestación válida y onerosa, cuyo recibo se reconoce por la presente, mediante este documento vende y cede a **Nexen Inc.**, cuya dirección postal completa es **2900, 801 – 7th Avenue S.W., Calgary, Alberta, T2P 3P7, Canadá**, todo derecho, título e interés en Canadá, Estados Unidos y en el Mundo de y sobre mi invento relacionado con la **Bomba Centrifuga de Alta Presión, de múltiples etapas para la Fracturación de Reservas de Hidrocarburos**, como se describe y reclama en la Solicitud de Patente Provisional de EE.UU No. 61/434,167, presentada en 19 de enero de 2011, incluyendo el derecho a presentar todas las solicitudes de patentes correspondientes en cualquier lugar del mundo sobre dicho invento, incluyendo la presentación de todas las solicitudes no provisionales, complementarias, continuas, de división y re-emisión de la misma y sobre todos mis derechos, títulos e intereses en y sobre cualquier patente que puede ser emitida sobre el mismo, y cualquier y toda reemisión de la misma, a ser obtenida y disfrutada por Nexen Inc., como las hubiera podido obtener y disfrutar Dana Pettigrew si esta Cesión no se hubiera realizado.

Y, Yo, en mi nombre y el de mis herederos, albaceas, representantes y administradores, por la presente convengo y acuerdo realizar todos los actos y cosas legales y a ejecutar sin contraprestación adicional dichas cesiones, documentos, garantías, solicitudes, y otros instrumentos que de forma razonable pueda solicitar dicho cesionario, sus sucesores, beneficiarios o representantes legales, para obtener cualquier y toda Carta de Patente sobre dicho invento en Canadá, Estados Unidos y el Mundo y hacer efectivo el mismo a dicho cesionario, sus sucesores, beneficiarios o representantes legales.

FIRMADO en la Ciudad de Calgary, el día 16 de enero de 2012.

TESTIGOS:

Firma ilegible
Alex Himour

Firma ilegible
Dana Pettigrew

[Continúa en la siguiente página]

Declaración Jurada

Yo, Alex Himour, cuya dirección postal completa es 1003 Rundleside Drive NE, Calgary, Alberta, T1Y-1G1, solemnemente afirmo y declaro:

Que Yo estaba presente y vi como **Dana Pettigrew**, a quien conozco personalmente como la persona que se nombra en la Cesión adjunta, debidamente firma y ejecuta la misma.

Firma Ilegible
Alex Himour

COMPARECE ante mí en la Ciudad de Calgary, el día 16 de enero de 2012.

Firma Ilegible
Comisionado o Notario

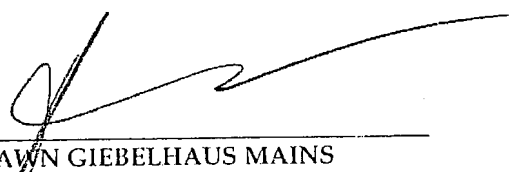
HBdocs-11298828v1

- Esta es una traducción fiel copia al documento enviado en pdf que se guarda en los archivos del traductor para futura referencia. Realizado en Bogotá D.C., el 14 de junio de 2013 -

NOTARIAL CERTIFICATE

I, DAWN GIEBELHAUS MAINS, of the City of Calgary, in the Province of Alberta, Barrister & Solicitor and Notary Public in and for the Province of Alberta DO CERTIFY that attached hereto is a true copy of the Assignment executed by the Inventor, Wojciech A. (Andy) Limanowka, assigning his patent rights to the applicant, NEXEN INC.

IN TESTIMONY WHEREOF I have hereunto subscribed my name and affixed my seal of office at the City of Calgary, in the Province of Alberta, this 3rd day of June, 2013.



DAWN GIEBELHAUS MAINS
A Notary Public in and for the Province of
Alberta

18

Assignment

I, WOJCIECH A. (ANDY) LIMANOWKA, hereinafter referred to as Assignor, whose full address is 81052059 Range Road 220, Sherwood Park, Alberta, Canada, in consideration of One Dollar, and other good and valuable consideration, the receipt and sufficiency of which is hereby acknowledged, does hereby sell and assign to NEXEN INC., hereinafter referred to as Assignee, whose full post office address is 801-7th Avenue S.W. Calgary, AB, CANADA T2P 3P7, all the right, title and interest in Canada, United States and Worldwide in and to his invention **MULTISTAGE HIGH PRESSURE CENTRIFUGAL FRAC PUMP**, for a provisional patent for such invention has or will be filed and such assignment shall include all provisional applications, applications, supplementary, continuations, divisionals and reissue applications thereof and to all its corresponding right, title and interest in and to any patent which may issue therefore and any and all reissues thereof, to be held and enjoyed by Assignee, as the same could have been held and enjoyed by the said Assignor if this Assignment had not been made.

Assignor on behalf of his heirs, executors, representatives and administrators, hereby covenants and agrees to do all such lawful acts and things and to execute without further consideration such further lawful assignments, documents, assurances, applications, and other instruments as may reasonably be required by said Assignee, its successors, assigns or legal representatives, to obtain any and all Letters Patent of Canada, United States and Worldwide for said invention and vest the same in said Assignee, its successors, assigns or legal representatives.

The Assignor further covenant and agree not to join, assist, aide or act in concert in any manner whatsoever with any other person, firm or corporation in the making of any claim or demand or in the bringing of any proceeding or action in any manner whatsoever against the Assignee, and not to make any claim or demand nor bring any proceeding or action in any manner whatsoever against any person, firm or corporation who may claim contribution or indemnity from the other of them, arising out of or in relation to the inventions **MULTISTAGE HIGH PRESSURE CENTRIFUGAL FRAC PUMP**. These provisions shall enure to the benefit of and be binding upon the parties hereto and their respective legal personal representatives.

This Agreement represents the entire agreement between the parties with respect to these matters and shall be interpreted according to the laws of the Province of Alberta.

SIGNED at the City of Edmonton, in the Province of Alberta, this 13 day of January, 2011.

WITNESS:

[Signature]

[Signature]
WOJCIECH A. (ANDY) LIMANOWKA

Affidavit

I, LEONARD M'KINNON, whose full post office address is
83 SHERWOOD DRIVE S.W., solemnly affirm and declare:
ALBERTA T2W 0E1

That I was personally present and did see WOJCIECH A. (ANDY) LIMANOWKA who is personally known to me to be the person named in the attached Assignment duly sign and execute the same.

Name:

AFFIRMED before me at the City of Edmonton, this 13 day of January, 2011.

[Signature]
Commissioner or Notary

SUSAN SULLIVAN
COMMISSIONER FOR CATHS
MY APPOINTMENT EXPIRES
NOVEMBER 11, 2012

CERTIFICADO NOTARIAL

Yo, DAWN GIEBELHAUS MAINS, de la ciudad de Calgary, en la Provincia de Alberta, Abogado, Procurador y Notario Público en y para la Provincia de Alberta, CERTIFICO que el adjunto a la presente es una fiel copia de la Cesión ejecutada por el Inventor Wojciech A. (Andy) Limanowka, mediante la cual cede sus derechos de patente al solicitante, NEXEN INC.

EN FE DE LO CUAL, firmo y estampo mi sello de la oficina, en la ciudad de Calgary, en la Provincia de Alberta, el día 3 de junio de 2013.

Firma Ilegible

DAWN GIEBELHAUS MAINS

Notario Público en y para la Provincia de Alberta

Cesión

Yo, **WOJCIECH A. (ANDY) LIMANOWKA**, en adelante el Cedente, cuya dirección postal completa es **81052059 Range Road 220, Sherwood Park, Alberta, Canadá**, en consideración de One Dollar, y otra contraprestación válida y onerosa, cuyo recibo y suficiencia se reconocen por la presente, mediante este documento vende y cede a **NEXEN INC.**, en adelante el Cesionario, cuya dirección postal completa es **801 – 7th Avenue S.W., Calgary, AB, T2P 3P7, Canadá**, todo derecho, título e interés en Canadá, Estados Unidos y en el Mundo de y sobre su invento **BOMBA CENTRIFUGA DE FRACTURACIÓN DE ALTA PRESIÓN Y MÚLTIPLES ETAPAS**, para la patente provisional que sobre dicho invento se ha presentado o se presentará y que dicha cesión incluirá todas las solicitudes provisionales, solicitudes, solicitudes complementarias, continuas, de división y re-emisión de la misma y sobre todos sus respectivos derechos, títulos e intereses en y sobre cualquier patente que puede ser emitida sobre el mismo, y cualquier y toda reemisión de la misma, a ser obtenida y disfrutada por el Cesionario, como las hubiera podido obtener y disfrutar el Cedente si esta Cesión no se hubiera realizado.

El Cedente en nombre de sus herederos, ejecutores, representantes y administradores, por la presente conviene y acuerda realizar todos los actos y cosas legales y a ejecutar sin contraprestación adicional dichas cesiones, documentos, garantías, solicitudes, y otros instrumentos que de forma razonable pueda solicitar dicho Cesionario, sus sucesores, beneficiarios o representantes legales, para obtener cualquier y toda Carta de Patente sobre dicho invento en Canadá, Estados Unidos y el Mundo y hacer efectivo el mismo a dicho Cesionario, sus sucesores, beneficiarios o representantes legales.

El Cedente además conviene y acuerda no unirse, asistir, brindar ayuda o actuar en concierto de ninguna forma ni con cualquier otra persona, firma o corporación para presentar cualquier reclamo o demanda o en interponer cualquier proceso o acción legal de cualquier forma contra el Cesionario, y a no presentar ningún reclamo o demanda ni a interponer ningún proceso o acción de cualquier forma contra cualquier persona, firma o corporación que pueda reclamar una compensación o indemnización del otro de ellos, que surja de o en relación con el invento **BOMBA CENTRIFUGA DE FRACTURACIÓN DE ALTA PRESIÓN Y MÚLTIPLES ETAPAS**. Estas disposiciones redundarán en beneficio de y serán vinculantes para las partes del presente y sus respectivos representantes legales personales.

Este Acuerdo representa el acuerdo completo entre las partes con respecto a estos asuntos y se interpretará de conformidad con las leyes de la Provincia de Alberta.

FIRMADO en la Ciudad de Edmonton, en la Provincia de Alberta, el día 13 de enero de 2011.

TESTIGOS:

Firma ilegible
Per:

Firma ilegible
WOJCIECH A. (ANDY) LIMANOWKA

Declaración Jurada

Yo, - *Nombre ilegible* -, cuya dirección postal completa es - *Dirección ilegible* -, solemnemente afirmo y declaro:

Que Yo estaba presente y vi como **WOJCIECH A. (ANDY) LIMANOWKA**, a quien conozco personalmente como la persona que se nombra en la Cesión adjunta, debidamente firma y ejecuta la misma.

Nombre

COMPARECE ante mí en la Ciudad de Edmonton, el día 13 de enero de 2011.

Firma ilegible
Comisionado o Notario

Contiene sello que dice:

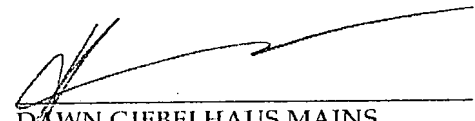
SUSAN SULLIVAN
COMISIONADO DE JURAMENTOS
MI NOMBRAMIENTO EXPIRA EN
NOVIEMBRE 11, 2013

- Esta es una traducción fiel copia al documento enviado en pdf que se guarda en los archivos del traductor para futura referencia. Realizado en Bogotá D.C., el 14 de junio de 2013 -

NOTARIAL CERTIFICATE

I, DAWN GIEBELHAUS MAINS, of the City of Calgary, in the Province of Alberta, Barrister & Solicitor and Notary Public in and for the Province of Alberta DO CERTIFY that attached hereto is a true copy of the Assignment executed by the Inventor, Zoran Vukadin, assigning his patent rights to the applicant, NEXEN INC.

IN TESTIMONY WHEREOF I have hereunto subscribed my name and affixed my seal of office at the City of Calgary, in the Province of Alberta, this 3rd day of June, 2013.


DAWN GIEBELHAUS MAINS
Notary Public in and for the Province of
Alberta

Assignment

I, ZORAN VUKADIN, hereinafter referred to as Assignor, whose full address is 4907 115A St NW Edmonton, AB, CANADA T6H 3P7 in consideration of One Dollar, and other good and valuable consideration, the receipt and sufficiency of which is hereby acknowledged, does hereby sell and assign to NEXEN INC., hereinafter referred to as Assignee, whose full post office address is 801-7th Avenue S.W. Calgary, AB, CANADA T2P 3P7, all the right, title and interest in Canada, United States and Worldwide in and to his invention **MULTISTAGE HIGH PRESSURE CENTRIFUGAL FRAC PUMP**, for a provisional patent for such invention has or will be filed and such assignment shall include all provisional applications, applications, supplementary, continuations, divisionals and reissue applications thereof and to all its corresponding right, title and interest in and to any patent which may issue therefore and any and all reissues thereof, to be held and enjoyed by Assignee, as the same could have been held and enjoyed by the said Assignor if this Assignment had not been made.

Assignor on behalf of his heirs, executors, representatives and administrators, hereby covenants and agrees to do all such lawful acts and things and to execute without further consideration such further lawful assignments, documents, assurances, applications, and other instruments as may reasonably be required by said Assignee, its successors, assigns or legal representatives, to obtain any and all Letters Patent of Canada, United States and Worldwide for said invention and vest the same in said Assignee, its successors, assigns or legal representatives.

The Assignor further covenants and agrees not to join, assist, aide or act in concert in any manner whatsoever with any other person, firm or corporation in the making of any claim or demand or in the bringing of any proceeding or action in any manner whatsoever against the Assignee, and not to make any claim or demand nor bring any proceeding or action in any manner whatsoever against any person, firm or corporation who may claim contribution or indemnity from the other of them, arising out of or in relation to the inventions **MULTISTAGE HIGH PRESSURE CENTRIFUGAL FRAC PUMP**. These provisions shall enure to the benefit of and be binding upon the parties hereto and their respective legal personal representatives.

This Agreement represents the entire agreement between the parties with respect to these matters and shall be interpreted according to the laws of the Province of Alberta.

SIGNED at the City of Edmonton, in the Province of Alberta, this 13 day of January, 2011.

WITNESS:

[Signature]
Per:

[Signature]
ZORAN VUKADIN

Affidavit

I, LEONARD M'KINNON, whose full post office address is
23 SHERIDAN DR STAGERT, solemnly affirm and declare:
ALBERTA T2N 0S1

That I was personally present and did see Zoran Vukadin who is personally known to me to be the person named in the attached Assignment duly sign and execute the same.

Name:

AFFIRMED before me at the City of Edmonton, this 13 day of January, 2011.

[Signature]
Commissioner or Notary

SUSAN SULLIVAN
COMMISSIONER FOR OATHS
MY APPOINTMENT EXPIRES
NOVEMBER 11, 2013.

CERTIFICADO NOTARIAL

Yo, DAWN GIEBELHAUS MAINS, de la ciudad de Calgary, en la Provincia de Alberta, Abogado, Procurador y Notario Público en y para la Provincia de Alberta, CERTIFICO que el adjunto a la presente es una fiel copia de la Cesión ejecutada por el Inventor Zoran Vukadin, mediante la cual cede sus derechos de patente al solicitante, NEXEN INC.

EN FE DE LO CUAL, firmo y estampo mi sello de la oficina, en la ciudad de Calgary, en la Provincia de Alberta, el día 3 de junio de 2013.

Firma Ilegible

DAWN GIEBELHAUS MAINS

Notario Público en y para la Provincia de Alberta

Cesión

Yo, **ZORAN VUKADIN**, en adelante el Cedente, cuya dirección postal completa es **4907 115A St NW Edmonton, AB, CANADÁ T6H 3P7**, en consideración de One Dollar, y otra contraprestación válida y onerosa, cuyo recibo y suficiencia se reconocen por la presente, mediante este documento vende y cede a **NEXEN INC.**, en adelante el Cesionario, cuya dirección postal completa es **801 – 7th Avenue S.W., Calgary, AB, T2P 3P7, Canadá**, todo derecho, título e interés en Canadá, Estados Unidos y en el Mundo de y sobre su invento **BOMBA CENTRIFUGA DE FRACTURACIÓN DE ALTA PRESIÓN Y MÚLTIPLES ETAPAS**, para la patente provisional que sobre dicho invento se ha presentado o se presentará y que dicha cesión incluirá todas las solicitudes provisionales, solicitudes, solicitudes complementarias, continuas, de división y re-emisión de la misma y sobre todos sus respectivos derechos, títulos e intereses en y sobre cualquier patente que puede ser emitida sobre el mismo, y cualquier y toda reemisión de la misma, a ser obtenida y disfrutada por el Cesionario, como las hubiera podido obtener y disfrutar el Cedente si esta Cesión no se hubiera realizado.

El Cedente en nombre de sus herederos, ejecutores, representantes y administradores, por la presente conviene y acuerda realizar todos los actos y cosas legales y a ejecutar sin contraprestación adicional dichas cesiones, documentos, garantías, solicitudes, y otros instrumentos que de forma razonable pueda solicitar dicho Cesionario, sus sucesores, beneficiarios o representantes legales, para obtener cualquier y toda Carta de Patente sobre dicho invento en Canadá, Estados Unidos y el Mundo y hacer efectivo el mismo a dicho Cesionario, sus sucesores, beneficiarios o representantes legales.

El Cedente además conviene y acuerda no unirse, asistir, brindar ayuda o actuar en concierto de ninguna forma ni con cualquier otra persona, firma o corporación para presentar cualquier reclamo o demanda o en interponer cualquier proceso o acción legal de cualquier forma contra el Cesionario, y a no presentar ningún reclamo o demanda ni a interponer ningún proceso o acción de cualquier forma contra cualquier persona, firma o corporación que pueda reclamar una compensación o indemnización del otro de ellos, que surja de o en relación con el invento **BOMBA CENTRIFUGA DE FRACTURACIÓN DE ALTA PRESIÓN Y MÚLTIPLES ETAPAS**. Estas disposiciones redundarán en beneficio de y serán vinculantes para las partes del presente y sus respectivos representantes legales personales.

20

Este Acuerdo representa el acuerdo completo entre las partes con respecto a estos asuntos y se interpretará de conformidad con las leyes de la Provincia de Alberta.

FIRMADO en la Ciudad de Edmonton, el día 13 de enero de 2011.

TESTIGOS:

Firma ilegible
Per:

Firma ilegible
ZORAN VUKADIN

Declaración Jurada

Yo, - *Nombre Ilegible* -, cuya dirección postal completa es - *Dirección Ilegible* -, solemnemente afirmo y declaro:

Que Yo estaba presente y vi como **Zoran Vukadin**, a quien conozco personalmente como la persona que se nombra en la Cesión adjunta, debidamente firma y ejecuta la misma.

Nombre

COMPARECE ante mí en la Ciudad de Edmonton, el día 13 de enero de 2011.

Firma ilegible
Comisionado o Notario

Contiene sello que dice.

SUSAN SULLIVAN
COMISIONADO DE JURAMENTOS
MI NOMBRAMIENTO EXPIRA EN
NOVIEMBRE 11, 2013

- Esta es una traducción fiel copia al documento enviado en pdf que se guarda en los archivos del traductor para futura referencia. Realizado en Bogotá D.C., el 14 de junio de 2013 -

COPIA SOLICITUD
INTERNACIONAL

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



(10) International Publication Number
WO 2012/097440 A1

(43) International Publication Date
26 July 2012 (26.07.2012)

- (51) International Patent Classification:
F04D 1/06 (2006.01) F04D 29/16 (2006.01)
E21B 43/26 (2006.01) F04D 29/44 (2006.01)
- (21) International Application Number:
PCT/CA2012/000047
- (22) International Filing Date:
19 January 2012 (19.01.2012)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
61/434,167 19 January 2011 (19.01.2011) US
61/434,171 19 January 2011 (19.01.2011) US
13/328,245 16 December 2011 (16.12.2011) US
- (71) Applicant (for all designated States except US): NEXEN INC. [CA/CA]; 2900, 801 - 7th Avenue S.W., Calgary, Alberta T2P 3P7 (CA).
- (72) Inventors; and
- (75) Inventors/Applicants (for US only): PETTIGREW, Dana [CA/CA]; 238 Canals Circle S.W., Airdrie, Alberta T4B 2Z6 (CA). LIMANOWKA, Wojciech A. [CA/CA]; 81052059 Range Road 220, Sherwood Park, Alberta T8E 1B9 (CA). VUKADIN, Zoran [CA/CA]; 4907 115A St. NW, Edmonton, Alberta T6H 3P7 (CA).
- (74) Agent: HEENAN BLAIKIE LLP; Bay Adelaide Centre, P.O. Box 2900, 333 Bay Street, Suite 2900, Toronto, Ontario M5H 2T4 (CA).

- (81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- Declarations under Rule 4.17:
- as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii))
 - of inventorship (Rule 4.17(iv))
- Published:
- with international search report (Art. 21(3))

(54) Title: HIGH PRESSURE MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMP FOR FRACTURING HYDROCARBON RESERVES

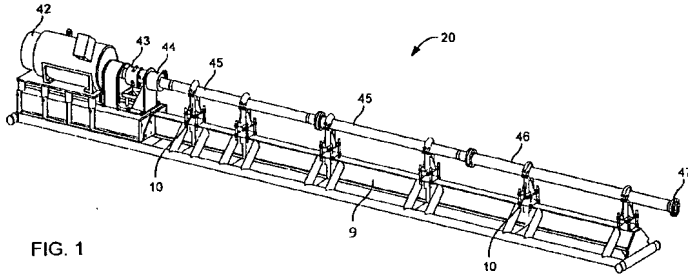


FIG. 1

(57) Abstract: The present invention relates to a multistage centrifugal pump design, which has the diffusers, impellers, and a shaft, inserted within a high pressure housing, such that this assembly is fully enclosed within the housing, and the housing is of sufficient strength to be suitable for safe pressure containment of the fluids being pumped. This invention describes the technical details used to reconfigure the multistage centrifugal pump design to increase the discharge pressure capabilities higher than the 6,000 psig of current designs.

WO 2012/097440 A1

TITLE OF THE INVENTION

HIGH PRESSURE MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMP FOR FRACTURING HYDROCARBON RESERVES

FIELD OF THE INVENTION

This invention relates in general to multistage centrifugal pumps for injecting fluids into a wellbore, which has been drilled into reservoir rock formations, and in particular to multistage centrifugal pumps injecting fluids into wells for purposes of fracturing said wells. In the oil and gas industry, which utilizes fracturing operations to stimulate oil and gas reservoirs, this operation requires high surface fluid treating pressures, which may be 10,000 psi.

BACKGROUND OF THE INVENTION

In oil and gas applications, fluids are frequently injected into a wellbore for a variety of different purposes and various types of surface pumps are employed. In prior art, a multistage centrifugal pump could be mounted horizontally, at the surface, adjacent to, or nearby the well requiring fluids to be injected into, and current designs have a maximum discharge pressure of 6,000 psi. This multistage centrifugal pump is one type of pump that is most often used in a vertical configuration within a wellbore for pumping fluid from the well to surface pipeline systems, as a production pump, and current designs have a maximum discharge pressure of 6,000 psi. In the oil and gas industry, which utilizes fracing operation to simulate Oil and Gas reservoirs, this operation requires high surface fluid treating pressures, which may be 10,000 psi. The present invention, a high pressure multistage centrifugal pump, has been designed to increase the operating discharge pressure from 6,000 psi to 10,000 psi to enable this pump to meet the above described application. This high discharge pressure capability could also be applied to other applications too.

The prior art multistage centrifugal pump is used in the Electric Submersible Pumping System ("ESPS") industry or in its surface Horizontal Pumping System ("HPS") application, which are limited to discharge pressure or differential pressure between internal and external pressure of the housing, to be below 6000 psi. The o-rings are commonly used as a sealing element between an intake and a pump base as well as between a discharge and a pump head. The diffusers contain the pressure generated in the pump stages and the pump housing is only used

as secondary pressure containment since its primary role is to hold pump components together. The pump housing is sealed with o-rings on a pump base and a pump head. Diffusers are not designed to withstand high differential pressure between the outside and inside of the diffuser.

United States Patent 3,861,825 teaches a multistage pump and manufacturing method. It describes the split-casing style of centrifugal pump. The pump speed is listed as approximately 12,500 rpm, with a discharge pressure that may be 2600 psi, with a suction pressure of 15 to 30 psi. They do reference previous patents, and then list some patents that have similarities.

The pump Nexen has disclosed herein is a housing type of centrifugal pump, operating at speeds of 30 to 90 hz, (1800 to 5400 rpm), with discharge pressures that may be 10,000 psi, and with a suction pressure that may be 15 to 600 psi. Any similarities would be with respect to centrifugal pumps in general, and the fact that they are composed of multiple stages.

United States Patent 5,232,342 teaches high pressure multi-stage centrifugal pumps. It describes the split-casing style of centrifugal pump. That invention relates to means for preventing rotation of an interstage bushing or ring, as the main objective. There is no reference in this patent as to the discharge pressure capabilities to go along with the "High Pressure" referenced in the heading.

The pump Nexen has disclosed herein is a housing type of centrifugal pump, which is designed for operating at speeds of 30 to 90 hz, (1800 to 5400 rpm), with discharge pressures that may be 10,000 psi, and with a suction pressure that may be 15 to 600 psi.

The main difference here is we are using a housing type of centrifugal pump and are building it with many more stages than what has been done in the past. The pressure capability far exceeds current design standards (6,000 psi maximum listed by other manufactures such as Reda, Centrilift, Woodgroup, Weatherford, Canadian Advanced Inc.). Canadian Advanced ESP Inc. ("CAI") states in their HPS brochure that the HPS Design Capacities are maximally 4600 psi. CAI used special construction techniques to meet Nexen design and specification requirements to accommodate the high discharge pressure capabilities of 10,000 psi heretofore unknown.

With these ends in mind the main objective of the present invention is to provide details on pump construction that was used to expand the multistage housing centrifugal pump to enable it to operate at a very high discharge pressure of 10,000 psi. The high pressure is contained by the housing, which the diffusers are inserted into. High pressure is controlled through the use of seals on the external of the diffusers to prevent cross flow to other diffusers. Openings in external wall of diffusers are used to provide rapid release of pressure trapped between the diffusers and the housing to prevent diffuser collapse when a unit is shut-down and depressurized. One skilled in the art would appreciate the modifications provided in the present invention to achieve its objectives i.e. sufficient pressure control and pressure relief for the diffuser as required. This pressure release could be accomplished by slots, holes and other openings.

Special threading on the discharge ends of housings is required to support high pressure pipe connections.

It is yet another object of the invention to provide a multiple stage centrifugal pump for fracturing hydrocarbon deposits that is capable of generating in excess of 10,000 psi.

It is a further object of the invention to provide said pump designed to equalize pressures in the housing of said pump from stage to stage.

It is another object of the invention to provide said multiple stage centrifugal fracturing pump with construction materials in alignment with the well known recommendations published for material performance criteria from for example, NACE (National Association of Corrosion Engineers), ASTM E (American Society of Tool and Manufacturing Engineers) or ANSI (American National Standards Institute) trim packaging or the like in view of the corrosive nature of the fluids being pumped.

It is another object of the invention to provide said pump with the preferred NACE trim packaging or the like in view of the corrosive nature of the fluids being pumped.

It is yet another object of the invention to provide a multiple stage high pressure centrifugal pump capable of use in fracturing a hydrocarbon reserve while avoiding treating the aquifer water prior to using it for hydrocarbon fracturing as a result of the high pressure capabilities of said pump.

It is a further object of the invention to enable the use of non-potable underground aquifer water, such as the Debolt formation aquifer, as a source of water for the fracturing of underground rock formations containing hydrocarbon reserves.

Further and other objects of the invention will be apparent to one skilled in the art when considering the following summary of the invention and the more detailed description of the preferred embodiments described and illustrated herein along with the appended claims.

SUMMARY OF THE INVENTION

In this invention, a multistage centrifugal pump is built to be capable to deliver discharge pressure or differential pressure between pump internal and external pressures of up to substantially 10,000 psi or more. A pump housing is designed to be the primary pressure containment. The sealing interface between the pump base and pump head is a metal on metal type achieved by using specialized thread. The diffusers are designed with openings to allow rapid pressure equalization across the diffuser outside edge to avoid failure from high differential pressure which could cause diffuser failure. A seal is used on the outside of the diffusers to prevent pressure communication, and fluid flow, between the outside of the individual diffusers enclosed within the housing. The pump connections to pump intake and discharge are upgraded to ring or gasket style sealing.

The present invention also relates to a multistage centrifugal pump design, which has the diffusers, impellers, and a shaft, inserted within a high pressure housing wherein this assembly is fully enclosed within the housing, and the housing is of sufficient strength to be suitable for safe pressure containment of the fluids being pumped. This invention describes the technical details used to reconfigure a known multistage centrifugal pump design to enable increase of the discharge pressure capabilities higher than the 6,000 psi of current designs. The design modifications discussed herein have been successfully tested at 10,000 psi discharge pressure. The 10,000 psi pressure capability provides a pressure suitable for fracturing hydrocarbon formations penetrated by wellbores.

This style of pump unit is well suited to the hydrocarbon fracturing industry to pump fluids at sufficient pressures, to stimulate underground rock formations containing hydrocarbon reserves.

34

The invention is preferably a housing type of centrifugal pump, which is designed for operating at speeds of 30 to 90 hz, (1800 to 5400 rpm), with discharge pressures that may be 10,000 psi, and with a suction pressure that may be 15 to 600 psi.

Preferably said pump includes a pressure sleeve (21) on top of diffuser (14) wall for improved wall strength by compression fit between sleeve (21) and outside diameter of diffuser (14) wall (Fig 3 and 4).

Also preferably said pump utilizes an equalization hole (23) in the diffuser wall, resulting in zero differential pressure across diffuser wall and also allows for rapid depressurizing (Fig 3 and 4).

Preferably to prevent stages from collapsing due to pressure transfer from one pump stage to another, o-ring (31) style sealing is utilized between each diffuser (14) and housing (16) (Fig 3).

In one embodiment sealing between pump housing (16) and both pump base (12) and pump head (19) is by specialized threads providing metal on metal sealing, eliminating all elastomeric and non-elastomeric seals through the use of proven metal-to metal thread sealing technology such as base-head pin-housing connection (Fig 2).

The multistage centrifugal pump is designed for injecting fluids into a wellbore for purpose of fracturing this well.

According to a primary aspect of the invention there is provided a multiple stage centrifugal pump for fracturing hydrocarbon deposits capable to deliver discharge pressure or differential pressure between the pump internal and external pressure to be in the range of greater than 6,000 psi to up to substantially 10,000 psi or over, said pump comprising;

a pump housing designed for primary pressure containment,

a seal between the pump base and pump head being metal on metal type achieved by using specialized thread,

diffusers designed with openings to allow rapid pressure equalization across the diffuser outside edge to avoid failure from high differential pressure which could cause diffuser failure,

a seal used on the outside of the diffusers to prevent pressure communication, and fluid

flow, between the outside of the individual diffusers enclosed within the housing and the pump connections to the pump intake and discharge including upgrades to ring or gasket style sealing. wherein said pump design delivers a discharge pressure or differential pressure between the pump internal and external pressure in the range of greater than 6,000 psi to 10,000 psi or higher, which is substantially much higher pressures than the previously 6,000 psi maximum limit.

Preferably the multistage centrifugal pump further comprises diffusers, impellers, and a shaft, inserted within a high pressure housing, the assembly being fully enclosed within the housing, and the housing being of sufficient strength to be suitable for safe pressure containment of the fluids being pumped.

Another embodiment utilizes a pressure sleeve (21) on top of the diffuser (14) wall for improved wall strength by compression fit between the sleeve (21) and the outside diameter of the diffuser (14) wall (Fig 3 and 4).

Yet another embodiment utilizes equalizations openings (23) in the diffuser wall, resulting in zero differential pressure across the diffuser wall which also allows for rapid depressurizing (Fig 2).

Preferably to prevent stages from collapsing due to pressure transfer from one pump stage to another o-ring (31) style sealing is utilized between each diffuser (14) and housing (16) (Fig 3).

More preferably the sealing between the pump housing (16) and both the pump base (12) and the pump head (19) is by specialized threads providing metal on metal sealing, thereby eliminating all elastomeric and non-elastomeric seals through the use of proven metal-to metal thread sealing technology (base-head pin-housing connection see Fig. 2).

According to yet another aspect of the invention there is provided the use of the pump described herein and above for a multi-stage centrifugal pump to provide mechanical and hydraulic pressure capability for this High Pressure multistage centrifugal pump to operate at a range of greater than 6,000 psi to up to substantially 10,000 psi or more discharge pressures for injecting fluids to a wellbore for the purpose of hydraulic fracturing of wells in hydrocarbon deposits.

36

The Debolt subsurface formation or zone in north east British Columbia is an aquifer whose water contains approximately 22,000 ppm of total dissolved solids ("TDS") and a small amount of hydrogen sulphide – H_2S . The scope and volume of the Debolt formation is still being investigated, but it has the potential to be extensive. This aquifer has high permeability and porosity. A Debolt well at b-H18-I/94-O-8 was tested in May, 2010, with a 10.25" 900 HP downhole electrical submersible pump ("ESP"). The well showed a Productivity Index of 107 m³/d per 1 kPa drawdown, indicating that the reservoir will provide a high enough rate of flow to support the volume and rate requirements needed to support well fracturing operations.

Debolt formation water contains sour gas in solution. When depressurized to atmospheric conditions, the Debolt water flashed off sour gas at a gas water ratio of 1.35 standard m³ of gas to 1 m³ of water. The flashed gas contained 0.5% H_2S (hydrogen sulphide), 42% CO_2 (carbon dioxide) and 57% CH_4 (methane). These gases are the same gases present in shale gas production wells, which are normally in the range of 0.0005% H_2S , 9% CO_2 , and 91% CH_4 , and the use of raw Debolt water would have a negligible impact on the current percentage of shale gas components.

The challenge is how to use sour water, for example Debolt water, for fracing in a cost effective manner since current water fracturing equipment does not comply with the well known recommendations published for material performance criteria from for example NACE, ASTM E or ANSI standards for sour trim packaging or the like.

There are two different ways of using Debolt formation water for fracturing operations. The first is to construct and operate a water treatment plant to remove the H_2S from Debolt water. This approach has been taken by other industry participants who have constructed an H_2S stripping plant to remove the H_2S from Debolt water. A recent paper published by Canadian Society for Unconventional Resources entitled "Horn River Frac Water: Past, Present, Future" discusses the technical and operational aspects of the Debolt Water Treatment Plant constructed and operated for the foregoing purposes. This paper states that a very expensive treatment plant is required to remove the H_2S and other solution gases from the Debolt water.

The second approach is to maintain the aquifer water at a pressure above its saturation pressure (also known as the "Bubble Point Pressure" or "BPP") on a continuous basis while being produced to surface and transported in pipelines to enable it to be used for fracturing. Tests conducted on the Debolt water properties indicates that as long as the Debolt water is maintained

at a pressure high enough to keep the solution gas entrained in the water, the water is stable with no precipitates, and remains crystal clear in colour. Further, as long as the Debolt water is kept above its BPP, then the water is in the least corrosive state. These findings reveal that the Debolt aquifer fluid can be used in its natural state requiring no treatment. This is the basis of the proprietary Pressurized-Frac-on-Demand ("PFOD") process.

A primary aspect of this invention is therefore to provide a method or process of fracturing a hydrocarbon deposit on demand comprising the steps of:

using as a source of water an underground aquifer which contains water which is stable and clear in the aquifer but which may include undesirable constituents that are in solution when subjected to surface conditions such as hydrogen sulfide and other constituents,

utilizing the water from the aquifer as a source of water to be used in a hydrocarbon fracturing process and to pump the water under pressure at a predetermined rate for the aquifer water and above the bubble point pressure (BPP) for the water contained in a particular aquifer to keep the water stable. We have found that the water becomes unstable when the pressure is reduced and gas is allowed to evolve out of the water. This depressuring and gas removal initiates a chemical reaction with the dissolved solids in the water to cause precipitates to form. To prevent these chemical reactions from occurring and causing the undesirable constituents of said water from falling out of solution,

maintaining said water pressure at a minimum required for each aquifer at all times during the fracturing process,

drilling a source well into the aquifer,

drilling a disposal well to the aquifer,

providing a pump capable of maintaining the required pressure needed to prevent the constituents of the aquifer water from coming out of solution only by maintaining the minimum pressure,

establishing a closed loop with a manifold, or a manifold and pumps, to keep the aquifer water circulating at all times until the fracturing operation begins when water will be supplied from that manifold,

providing the fracturing operation with water from the manifold so as to fracture a hydrocarbon reserve,

wherein in using water from an aquifer in the fracturing process and by maintaining said water under pressure at a minimum at all times, said water remains stable and the undesirable constituents remain in solution and the water remains clear thereby avoiding the necessity of treating the water from the aquifer prior to using it in a fracturing processes.

38

According to another aspect of the invention there is provided a method or process of high-pressure fracturing of a hydrocarbon deposit, for example a shale gas deposit on demand comprising the steps of using as a source of water from an underground aquifer such as the Debolt aquifer which contains sour water including H_2S and other constituents, utilizing the sour water from the aquifer as the water source to be used preferably on at least the clean side of a gas fracturing process and to pump said sour water under pressure at a minimum of for example 2310 kPa for Debolt water at approximately 38 degrees Celsius (which varies with the actual temperature of source water for each aquifer, and any surface cooling which may occur to such water) and above the BPP for the sour water contained in a particular aquifer to prevent H_2S and other constituents of said sour water from falling out of solution, maintaining said sour water pressure at a minimum required for each aquifer, for example for Debolt of 2310 kPa at all times during the fracturing process, drilling a source well into the aquifer, drilling a disposal well into the aquifer, providing a pump capable of maintaining the required pressure needed to prevent the constituents of the sour water from coming out of solution only by maintaining the minimum pressure required which, for example, for Debolt water is 2310 kPa at 38 degrees Celsius, establishing a closed loop with a manifold to keep the sour water circulating at all times until the well fracturing operation begins when water will be supplied from that manifold, or a manifold and pumps, providing the clean side of a well fracturing operation with sour water from the manifold so as to fracture a well reserve (normally an oil or gas zone reserve), wherein in using sour water from an aquifer such as Debolt for the well fracturing process and maintaining said sour water under pressure at a minimum, as an example for Debolt water being at 2310 kPa and 38 degrees Celsius, said water remains stable and the constituents remain in solution and the water remains clear thereby avoiding the necessity of stripping out the hydrogen sulfide and other constituents as is required by other well fracturing processes.

In one embodiment of the invention said water source and method or process is utilized along with sand on the dirty side of the well fracturing operation with the addition of a high-pressure blender since the sour water must be maintained above its BPP, for example 2310 kPa for Debolt water at 38 degrees Celsius at all times thereby avoiding the constituents including the H_2S from falling out of solution.

In a further embodiment of the method or process the necessary number of pumps and source wells and disposal water wells are provided with the method or process to enable a high-pressure fracturing operation on demand for a target number of fracs (which depends on the particular well design chosen for a reservoir stimulation or other purpose) for each well, or number of wells, stimulated as part of a program.

Preferably in the method or the process said water from the source aquifer is at an elevated temperature (as compared to surface water temperatures), for example for Debolt water a temperature under normal circumstances has been 38 degrees Celsius, which therefore requires no additional heating, or insulated piping, and which may be used as a source of sour water for the pressurized fracturing on demand process even during the colder winter months experienced in, for example, Western Canada or similar areas and which can contribute considerable cost savings when compared to utilizing surface water.

In yet another embodiment the method or process utilizes sour water from the Debolt aquifer and continuously circulates said water at a pressure above the BPP from the source well to the disposal well in an underground pipeline system accomplished by a back pressure control valve located downstream of the well to be fractured near the Debolt water circulation line and yet upstream of the disposal wells wherein when water is required for frac operations, water will be withdrawn from a manifold strategically located on this circulation line thereby feeding Debolt water to the frac operation under pressure, which is above the Debolt BPP.

According to yet another embodiment of the method or process the Debolt water is maintained at a pressure above its saturation pressure ("BPP") and is continuously used for fracing so that as long as the Debolt water is maintained at a high enough pressure to keep the solution gas entrained in the water, then the water remains stable, with no precipitates and is in the least corrosive state thus requiring that all frac operations (at least on the clean side) be conducted at pressures above the Debolt water BPP which is the basis for a successful PFOD process.

In yet another embodiment the method or process further comprises a NACE trim, preferably a High Pressure Horizontal Pumping System ("HPHPS") frac pump capable of providing a discharge pressure of about 69 MPa. The pump construction uses materials in alignment with the recommendations published by the National Association of Corrosion Engineers ("NACE") trim packaging in view of the corrosive nature of the fluids being pumped). Alternatively, materials may be selected from material performance criteria for a HPHPS frac pump or equivalent

published by for example ASTM, ANSI or the like. Alternatively, other suitable pump construction materials can be tested specifically for the fluid to be pumped to ensure suitable material compatibility is maintained.

In order to carry out the process of this invention, a multistage centrifugal pump is built capable of delivering a discharge pressure or differential pressure between pump internal and external pressures to over 10,000 psi. A pump housing is designed to be the primary pressure containment. The sealing interface between the pump base and pump head is a metal on metal type achieved by using specialized thread. The diffusers are designed with openings to allow rapid pressure equalization across the diffuser outside edge to avoid failure from high differential pressure which could cause diffuser failure. A seal is used on the outside of the diffusers to prevent pressure communication, and fluid flow, between the outside of the individual diffusers enclosed within the housing. The pump connections to pump intake and discharge are upgraded to ring or gasket style sealing.

The present invention also relates to a multistage centrifugal pump design, which has the diffusers, impellers, and a shaft, inserted within a high pressure housing, wherein this assembly is fully enclosed within the housing, and the housing is of sufficient strength to be suitable for safe pressure containment of the fluids being pumped. This aspect of the invention describes the technical details used to reconfigure the known multistage centrifugal pump design to enable increase of the discharge pressure capabilities higher than the 6,000 psi of current designs. The design modifications discussed herein have been successfully tested at 10,000 psi discharge pressure. The 10,000 psi pressure capability provides a pressure suitable for fracturing formations penetrated by wellbores.

This style of pump unit is well suited to the hydrocarbon fracturing industry to be used to pump fluids at sufficient pressures, to stimulate oil and gas reservoirs.

The invention is a housing type of centrifugal pump, which is designed for operating at speeds of 30 to 90 hz, (1800 to 5400 rpm), with discharge pressures that may be 10,000 psi, and with a suction pressure that may be 15 to 600 psi.

Preferably said pump is utilizing pressure sleeve (21) on top of diffuser (14) wall for improved wall strength by compression fit between sleeve (21) and outside diameter of diffuser (14) wall (Fig 3 and 4).

Also preferably said pump is utilizing equalizations hole (23) in diffuser wall, resulting in zero differential pressure across diffuser wall and also allows for rapid depressurizing (Fig 2).

Preferably to prevent stages from collapsing due to pressure transfer from one pump stage to another o-ring (31) style sealing is utilized between each diffuser (14) and housing (16) (Fig 3).

In one embodiment sealing between pump housing (16) and both pump base (12) and pump head (19) is by specialized threads providing metal on metal sealing, eliminating all elastomeric and non-elastomeric seals through the use of proven metal to metal thread sealing technology such as base-head pin-housing connection (Fig 2).

The multistage centrifugal pump is designed for injecting fluids into a wellbore for purpose of fracturing this well.

According to that aspect of the invention there is provided a multiple stage centrifugal pump for fracturing hydrocarbon deposits capable to deliver discharge pressure or differential pressure between the pump internal and external pressure to be over 10,000 psi and including a pump housing designed for the primary pressure containment, sealing between the pump base and pump head is metal on metal type achieved by using specialized thread, diffusers are included designed with openings to allow rapid pressure equalization across the diffuser outside edge to avoid failure from high differential pressure which could cause diffuser failure, a seal is used on the outside of the diffusers to prevent pressure communication, and fluid flow, between the outside of the individual diffusers enclosed within the housing and the pump connections to pump intake and discharge are upgraded to ring or gasket style sealing.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 is a perspective view (an isometric view) of high pressure multistage centrifugal pump unit constructed in accordance with the present invention.

Figure 2 is a sectional view of high pressure multistage centrifugal pump assembly illustrating components used within assembly.

Figure 3 is a sectional view of a portion of high pressure multistage centrifugal pump

embodying the present invention.

Figure 4 is a sectional view of a diffuser for the high pressure multistage centrifugal pump embodying the present invention.

Figure 5 is a PFOD Process Flow Schematic.

Figure 6 is a PFOD Elevation View of Figure 5.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Over the past two years, Nexen has been working on the PFOD process as outlined below, using Debolt water above its BPP for fracing thus eliminating the need for an expensive H₂S removal process.

In order to guarantee a reliable source of water for its fracturing operations, it was necessary to identify ways to utilize the Debolt water as part of the frac water source. One of the options reviewed was to use Debolt water for only the clean side of the frac program.

In light of its requirements, Nexen designed and built a small flow high pressure multistage centrifugal pump for testing. In June 2010, a 0.25 m³/min NACE trim high pressure multistage centrifugal test pump capable of providing a discharge pressure of 69 MPa was tested on the b-18-I pad in northeast British Columbia. Technicians were onsite to operate the Debolt water source well ("WSW") ESP and the high pressure multistage centrifugal test pump. Three chokes consisting of two bean types and one variable choke were piped up in series to provide the back pressure to test the high pressure multistage centrifugal pump at fracturing pressure.

In the initial tests, the high pressure multistage centrifugal test pump used freshwater from a tank truck. All the pump control parameters were set. In subsequent tests, Debolt water was used and fed by the Debolt WSW at b-H18-I/94-O-8 by ESP to the suction of the high pressure multistage centrifugal test pump. The discharge from the test pump flowed through three chokes at various back pressures. The Debolt water then exited the chokes and flowed into a disposal water pipeline to the water disposal well ("WDW") at b-16-I. The back pressure was progressively increased at 7000 kPa intervals and ran at that discharge pressure for

approximately 30 to 60 minutes. When pump operations remained steady, the choke was adjusted to increase the discharge pressure of the pump.

The high pressure multistage centrifugal test pump was successfully tested on July 7 and 8, 2010. It operated at a maximum discharge pressure of 71 MPa. The pump was run using Debolt water for approximately 6 hours at 62 MPa to simulate a complete fracturing operation.

It is understood that other aquifers will have different physical parameters. For example, pump specifications will reflect different BPP for alternative water sources. For the Debolt water source, the BPP of the aquifer water was 2310 kPag at 38 degrees Celsius.

In August 2010 during the completion of the 8 wells at pad b-18-I, the high pressure multistage centrifugal test pump was integrated into 6 fracturing operations. Three of the 6 fracs ran using freshwater and 3 ran using Debolt water. The high pressure multistage centrifugal test pump ran well for all 6 fracs and there were no operational or safety issues encountered.

Only one source water well and one disposal well are required for the initial testing of the PFOD system, and additional wells will provide increased capacity and backup to ensure minimum flow rate and injection capacities are available as required for the system to operate reliably with maximum system availability and use. Nexen is planning to drill and complete additional Debolt formation WSWs and additional Debolt WDW in the future as required to optimize the Debolt water system to support fracturing operations. Together with the existing b-H18-I Debolt WSW and the existing Debolt WDW b-16-I, these 2 initial wells plus any additional wells will form the basis of the PFOD water circulation system identified for such well fracturing program.

Nexen will continue to further evaluate the need to source and test a 1.25 m³/min full size 3000 kPa suction pressure for a sour trim plunger frac pump for the dirty side based on the well known recommendations published for material performance criteria from for example, NACE, ASTM E or ANSI trim packaging or the like. This also includes the evaluation of the need for a pressurized blender, or another method for utilizing Debolt water for the dirty side.

Based on the Debolt water well tests conducted in June 2010, a feasibility study of the PFOD process, and initial field testing of a prototype NACE sour trim high pressure multistage centrifugal frac pump in July and August of 2010, it was concluded:

- It is technically and economically feasible to use Debolt water in its untreated state for fracturing operations.
- It is possible using the PFOD process to maintain pressures above 2310 kPa (BPP for Debolt water) thus keeping gases including H₂S contained in solution.
- No water compatibility issues have arisen using Debolt water for fracturing or injection into underground hydrocarbon shale reservoirs.
- A high pressure multistage centrifugal sour trim frac pump using Debolt water can be constructed and used on the clean side of fracturing operations.
- No operational or safety issues were identified during the testing and ultimate use in the field of the high pressure multistage centrifugal pump.
- Freshwater may not be readily available for operations. Water from Debolt using PFOD process is readily available, and availability is not subject to spring and summer rainfall or suspension of licenses due to drought. For example, in August, 2010, government regulators in British Columbia suspended freshwater withdrawal licenses for hydrocarbon fracturing operations in the Montney area due to a drought in the Peace River watershed.
- There is experience in the pump industry in building a high suction pressure plunger style pump, with a NACE sour trim fluid end. There is no experience in the frac pump industry in building a high suction pressure (over 330 psi (2300 kpag)) plunger style frac pump, with a NACE trim fluid end, capable of pumping American Petroleum Institute ("API") quality frac sand for the dirty side fracing.
- There is no apparent technical limitation or constraint to prevent the engineering and fabrication of a pressure blender to use Debolt water under pressure.

THE PFOD PROCESS illustrated in Figs 5 and 6

The PFOD process maintains water at a pressure above its BPP at all times in order to prevent gases (including H₂S, CO₂ and CH₄) from coming out of solution. Based on Debolt well formation water and Pressure – Volume – Temperature ("PVT") tests, the Debolt water BPP is 2310 kPa (335 Psi) at 38 degrees Celsius. When the Debolt water at 38 degrees Celsius was depressurized to atmospheric pressure, approximately 1.35 m³ gas was released per m³ of water. The flashed gas contained 0.5% H₂S, 42% CO₂ and 57% CH₄ (methane). These are the same

gases present in certain shale gas operations (normally 0.0005% H₂S, 9% CO₂, and 91% CH₄ (methane)). The use of raw Debolt water would have negligible impact on the current percentage of shale gas components content.

For the typical PFOD system, 1 or more Debolt WSWs and 1 or more Debolt WDWs will be required. Debolt water will be continuously circulated at a pressure above the BPP from the WSWs to the WDWs utilizing a pressurized pipeline system. This will be accomplished by a back pressure control valve located downstream of the well to be fractured and near the water disposal well wherein when water is required for frac operations, water will be withdrawn from a manifold strategically located on this circulation line thereby feeding Debolt water to the frac operation under pressure, which is above the Debolt BPP. The two figures show a PFOD flow schematic and a subsurface elevation view. These figures demonstrate how the PFOD pipeline system would work.

The advantages of a PFOD process are numerous and include the following:

- Fracturing operations can to be conducted on a continuous basis year round. Debolt water is typically at 38 degrees Celsius. This allows for the use of Debolt water in the winter months without requirement for heating or the other infrastructure often required for winter frac operations including insulated pipelines for water circulation.
- Year round fracing capability will allow for production flexibility relative to commodity demand and pricing.
- The PFOD process eliminates the intensive capital and operation costs associated with building, operating and maintaining water treatment facilities.
- The PFOD process also reduces the need for secondary facilities that are required as development of fracturing operations occurs at greater distances from the water treatment and H₂S removal plants.
- The PFOD process eliminates the need for above ground treated water storage tanks or large holding ponds that would ordinarily be required to heat the water for an above ground treatment process. The Debolt aquifer therefore acts as a natural storage tank with no surface facilities, heating or maintenance required.
- The Debolt aquifer could also be used as the main storage location of excess fresh water to be used later during a fracturing operations.

Referring to the drawings and in particular to Figures 1 shown therein is a preferred embodiment of the high pressure multistage centrifugal of the present invention. Depending upon the design pressure required the assembly is composed of one or more multistage centrifugal pumps (45) of the preferred high pressure multistage centrifugal pump (46). Pump brackets (10) attaches pumps (45) & (46) to a base (9) which serves as a foundation for complete assembly. A motor (42) is attached to the pumps (45) through a thrust chamber assembly (43). The assembly (20) also has intake (44) & discharge (47) which are suitably rated pressure components that allow the pump assembly to mechanically connect to external piping while directing and controlling flow within said piping.

Figure 1 illustrates a schematic view of the high pressure multistage centrifugal pump assembly describing and numbering all components used within the assembly including:

- 9 the pump support - skid frame
- 42 the pump driver – electric motor
- 43 the thrust chamber to support shaft load from pump
- 44 the pump intake section
- 45 the low pressure multistage centrifugal pump housings containing the diffusers, impellers and shaft . Two pump sections are shown.
- 46 the high pressure multistage centrifugal pump housing containing the diffusers, impellers and shaft. This is an inventive aspect that takes the pressure capability from 6,000 psi up to up to substantially 10,000 psi discharge pressure.
- 47 High pressure discharge head for 10,000 psi. This is another inventive aspect that takes the pressure capability from 6,000 psi to up to substantially 10,000 psi discharge pressure.

The high pressure multistage centrifugal pump (46) is an assembly of impellers (13) and diffusers (14). The impellers (13) are installed on pump shaft (15) and are rotating as part of the shaft, as the impellers are mechanically connected to the shaft. The diffusers (14) are fixed in the pump assembly by being compressed by compression bearing (18) in the pump housing (16) against the pump base (12.) In order to increase the pressure produced to 10,000 psi discharge pressure, a sufficient number of impellor and diffuser stages are stacked on each other to increase the head capability of one stage to create the pressure required of all stages combined.

Figure 2 is a cross-section of the high pressure multistage centrifugal pump assembly of Figure 1 describing all components used within the assembly including pump base (12) and pump head (19) threaded into pump housing (16). Each pump stage is an assembly of impeller (13) and diffuser (14). The impellers (13) are installed on pump shaft (15) and are the rotating part of the pump. The diffusers (14) are fixed in the pump assembly by being compressed by compression bearing (18) in the pump housing (16) and against pump base (12).

The sealing between pump housing (16) and both pump base (12) and pump head (19) is achieved by specialized threads such as API (American Petroleum Institute) or Hydril threads providing metal to metal seal capabilities under high differential pressure environments. High torque make up ensures strong connection capable of taking axial hydraulic load free of the leak. Each connection is also designed to withstand multiple make-ups and breaks without requiring redress.

Attention is next directed to Fig. 3 which shows a preferred embodiment of the invention. The high pressure multistage centrifugal pump (46) includes an outer high pressure housing (16) that holds and aligns all the components of the pump. The high pressure multistage centrifugal pump (46) includes diffusers (14) which are constructed with support sleeve (21) completely around the diffuser, which has grooves (25) and o-ring (31) the housing (16), and thereby provides a seal within said housing. When the pump is operating there is always some leakage into the annulus formed by the inside diameter of housing and outside diameter of the diffuser (14). When the annulus becomes full flow into it ceases as the pressure in the annulus equals the pressure at the source of the leak. If the source of the leak is at or near the discharge head of the pump, the annulus can be pressurized to full discharge pressure. To prevent this condition o-rings (31) are installed at every diffuser and equalization holes (23) are placed through diffuser wall so that maximum pressure is not limited by thin wall thickness of diffusers.

Figure 3 is a cross-section illustration of Fig. 2 showing a number of impeller and diffuser stages in the high pressure multistage centrifugal pump housing (16). This invention includes the equalization hole (23) for rapid depressurizing, and the support sleeve (21) completely around the diffuser, which has grooves (25) to contain the o-ring (31) to prevent pressure communication, and fluid flow, between the outside of the individual diffusers enclosed within the housing. This high pressure housing (16) is designed to safely contain

pressures up to 10,000 psi.

Figure 4 illustrates in cross section the details of each diffuser (14), the support sleeve (21), the equalization hole (23), and the o-ring (31) for the high pressure multistage centrifugal pump assembly and the diffuser details showing compression sleeve (21) on top of diffuser (14). This invention includes the equalization hole (23) for rapid depressurizing, and the o-ring (31) to prevent pressure communication, and fluid flow, between the outside of the individual diffusers enclosed within the housing.

The present invention offers an economy of manufacture while affording maximum serviceability at the site of installation throughout the use of a high pressure multistage centrifugal pump. A presently preferred embodiment has been described for purposes of this disclosure.

The multistage high pressure centrifugal pump is to be built in such way that it eliminates high pressures across diffusers (14) wall by the provision of equalization openings (23) and sealing each diffuser in the housing, and improving diffuser wall strength (Fig 2) wherein the pressure is contained by the pump housing (16) (Fig 3).

The generic pump will contain pump base (12) and pump head (19) threaded into pump housing (16). A pump stage is an assembly of impeller (13) and diffuser (14). The impellers (13) are installed on pump shaft (15) and are the rotating part of the pump. The diffusers (14) are fixed in the pump assembly by being compressed by compression bearing (18) in the pump housing (16) and against pump base (12) (Fig 2).

There are two options for improving the diffuser (14) wall strength:

1. utilizing increased wall thickness (improved wall strength) and tight (few thousandths of an inch) fit between the diffuser and the housing, thus preventing diffuser deformation.
2. As shown in Fig. 3 utilizing pressure sleeve (21) on top of diffuser wall (14) (improved wall strength by compression fit between sleeve and outside diameter of diffuser wall) and tight (few thousandths of an inch) fit between diffusers (14) and housing (16), thus preventing diffuser deformation.

Elimination of pressure gradient across the diffuser wall is achieved by drilling equalizations hole (23) in the diffuser wall resulting in zero differential pressure across diffuser wall (14). To eliminate a higher pressure from one stage to act on other diffusers, o-ring (31) style sealing is utilized between each diffuser (14) and housing (16), preventing pressure transfer, or fluid flow, on top of the diffusers (14) from one end of the pump housing to another. The primary pressure containment is the pump housing (16) (Fig 3).

The sealing between pump housing (16) and both pump base (12) and pump head (19) is achieved by specialized threads such as API or Hydril threads providing metal on metal sealing, utilizing a large torque shoulder to permit high torque make-up to ensure strong connection, maximize material cross section resisting burst. The connection is designed to withstand multiple make-ups and breaks without requiring redress.

Sealing between piping and the pump discharge is by using ring or gasket type sealing and API type flanges (11) (Fig 2).

The multistage centrifugal pump can be built as a single pump (low TDH) or as a multi-section pump (high TDH) (Fig 4), depending on required Total Dynamic Head (TDH). In the multi-section design, pumps sections (45, 46) are connected in series on common pump bed (9) and their shafts are mechanically connected to be driven by common driver (42). The thrust generated in the pump is contained by Thrust Bearing Assembly (43). Pump intake (44) and discharge (47) complete the assembly.

The design modifications discussed herein have been successfully tested at a 10,000 psi discharge pressure. The 10,000 psi pressure capability provides a pressure suitable for fracturing formations penetrated by wellbores.

As many changes therefore may be made to the preferred embodiment of the invention without departing from the scope thereof. It is considered that all matter contained herein be considered illustrative of the invention and not in a limiting sense.

Claims:

1. A multiple stage centrifugal pump for fracturing hydrocarbon deposits capable to deliver discharge pressure or differential pressure between the pump internal and external pressure to be up to substantially 10,000 psi or over comprising;
a pump housing designed for primary pressure containment,
sealing between the pump base and pump head being metal on metal type achieved by using specialized thread,
diffusers designed with openings to allow rapid pressure equalization across the diffuser outside edge to avoid failure from high differential pressure which could cause diffuser failure,
having a seal used on the outside of the diffusers to prevent pressure communication, and fluid flow, between the outside of the individual diffusers enclosed within the housing and the pump connections to pump intake and discharge being upgraded to ring or gasket style sealing,
wherein said pump delivers a discharge pressure or differential pressure between the pump internal and external pressure of up to substantially 10,000 psi or over.
2. The multistage centrifugal pump of claim 1 further comprising diffusers, impellers, and a shaft, inserted within a high pressure housing, this assembly being fully enclosed within the housing, and the housing being of sufficient strength to be suitable for safe pressure containment of the fluids being pumped.
3. The pump of claim 1 or 2 utilizing a pressure sleeve on top of the diffuser wall for improved wall strength by compression fit between the sleeve and the outside diameter of the diffuser wall.
4. The pump of claim 1, 2 or 3 utilizing equalizations openings in the diffuser wall, resulting in zero differential pressure across the diffuser wall which also allows for rapid depressurizing.
5. The pump of any one of claims 1 to 4 wherein to prevent stages from collapsing due to pressure transfer from one pump stage to another an o-ring style seal is utilized between each diffuser and said housing.

6. The pump of any one of claims 1 to 5 wherein sealing between the pump housing and both the pump base and the pump head is by specialized threads providing metal on metal sealing, thereby eliminating all elastomeric and non-elastomeric seals through the use of proven metal-to-metal thread sealing technology (base-headpin-housing connection).
7. Use of the pump of any one of claims 1 to 6 as a multi-stage centrifugal pump to provide mechanical and hydraulic pressure capability for said High Pressure multistage centrifugal pump to operate at up to substantially 10,000 psi or more discharge pressures for injecting fluids to a wellbore for the purpose of hydraulic fracturing of hydrocarbon deposit penetrated by said well.
8. A multistage centrifugal pump assembly comprising diffusers, impellers, and a shaft, inserted within a high pressure housing, said assembly being fully enclosed within the housing, the housing being of sufficient strength for safe pressure containment of fluids being pumped and to enable increase of discharge pressure capabilities to greater than 6,000 psi to substantially about 10,000 psi or more discharge pressure thereby providing pressures suitable for fracturing formations penetrated by wellbores.
9. The pump of claim 8 used in the hydrocarbon fracturing industry to pump fluids at sufficient pressures, to stimulate oil and gas reservoirs.
10. The pump of claim 8 or 9 further comprising a housing type of centrifugal pump, designed for operating at speeds of substantially 30 to 90 hz, (1800 to 5400 rpm), with discharge pressures that maybe substantially about 10,000 psi, and with a suction pressure that maybe substantially in the range of about 15-600 psi.
11. The pump of claim 8, 9 or 10 further comprising a pressure sleeve on top of the diffuser wall for improved wall strength realized by compression fit between the sleeve and the outside diameter of the diffuser wall.
12. The pump of any one of claims 8 to 11 further comprising equalizations openings in the diffuser wall, resulting in substantially zero differential pressure across said diffuser wall thereby providing for rapid depressurizing.

13. The pump of any one of claims 8 to 12 further comprising, o-ring style sealing utilized between each diffuser and housing to prevent stages from collapsing due to pressure transfer from one pump stage to another.

14. The pump of any one of claims 8 to 13 wherein sealing between pump housing and both, pump base and pump head, is by specialized threads providing metal on metal sealing, eliminating all elastomeric and non-elastomeric seals through the use of proven metal to metal thread sealing technology such as base-headpin-housing connection.

15. The multistage centrifugal pump of any one of claims 8 to 14 used for injecting fluids to a wellbore for purpose of fracturing a hydrocarbon reserve.

16. The multiple stage centrifugal fracturing pump of any one of claims 1 or 15 wherein said pump is manufactured with construction materials in alignment with the well known recommendations published for material performance criteria from for example, NACE (National Association of Corrosion Engineers), ASTM (American Society of Tool and Manufacturing Engineers) or ANSI (American National Standards Institute) trim packaging or the like in view of the corrosive nature of the fluids being pumped.

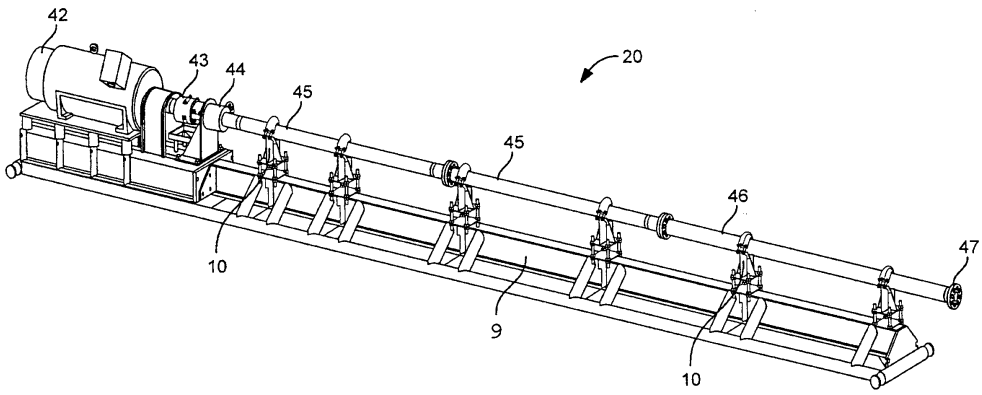


FIG. 1

67

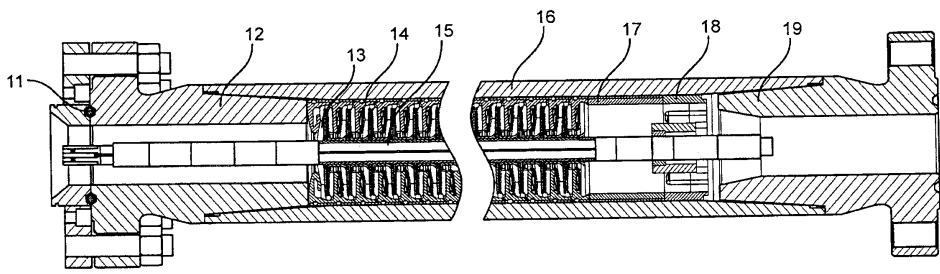


FIG. 2

9A

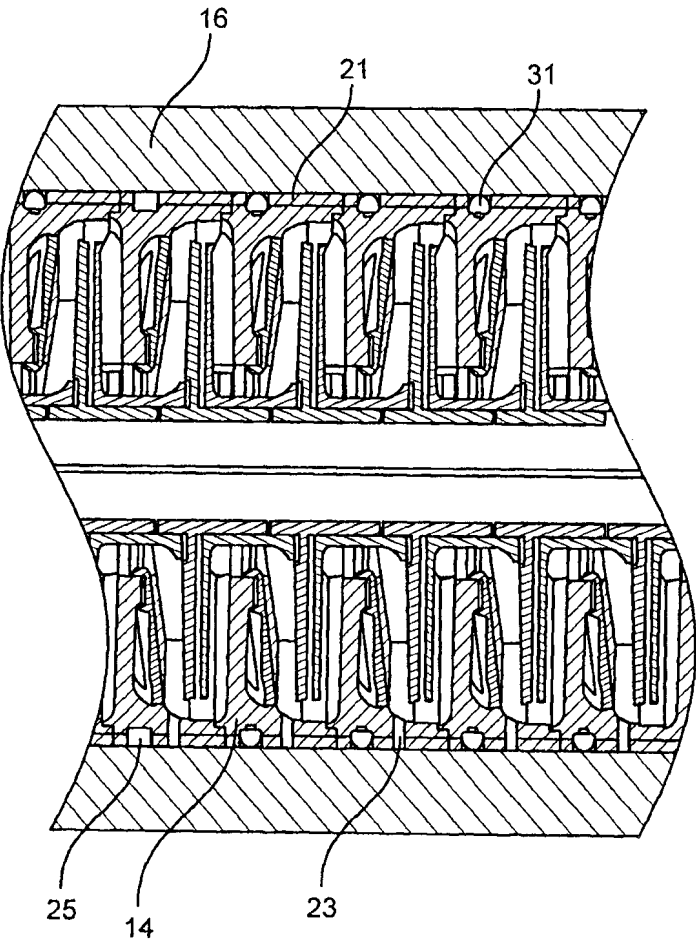


FIG. 3

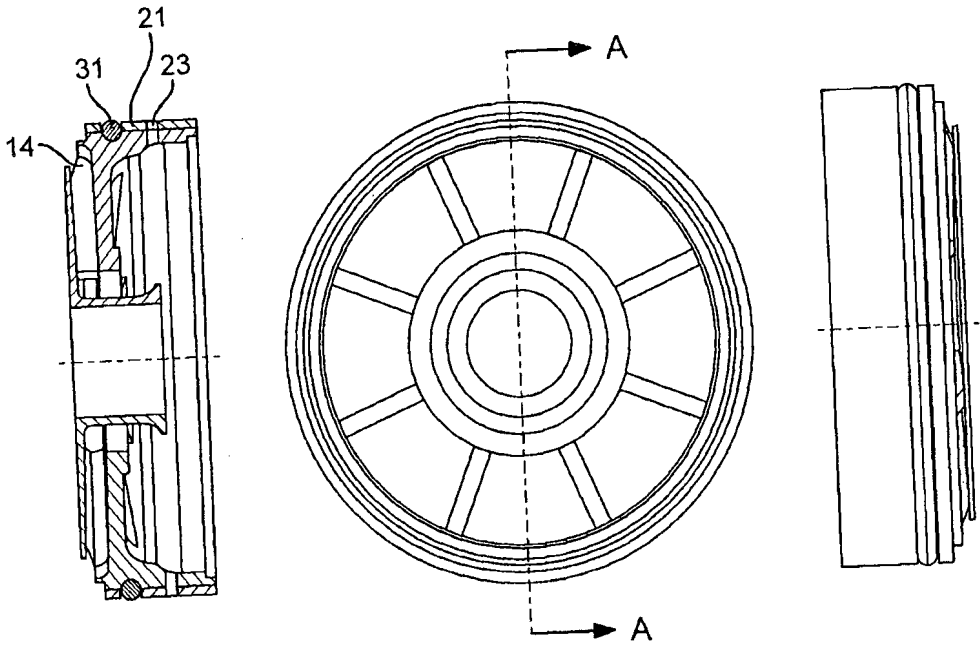


FIG. 4

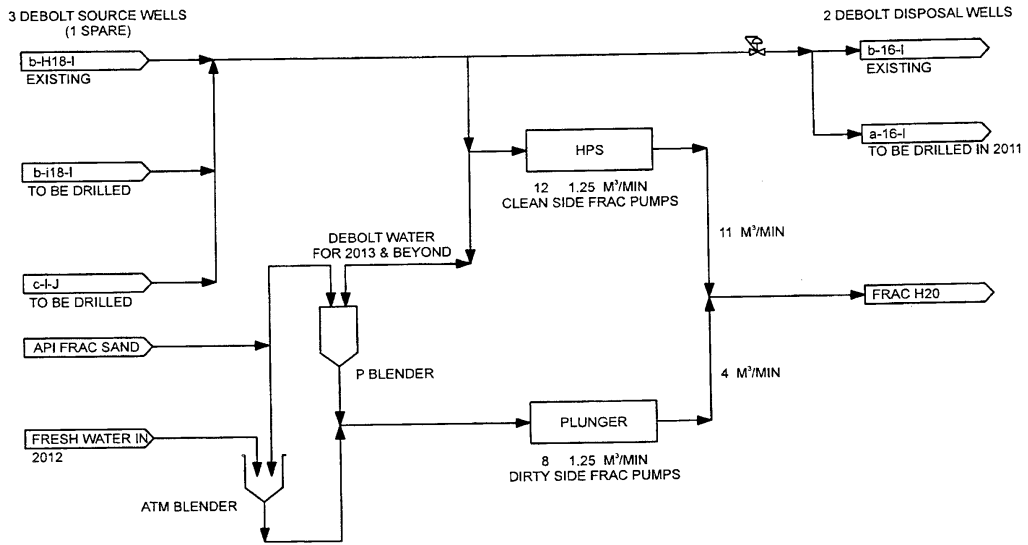


FIG. 5

5/6

9/1

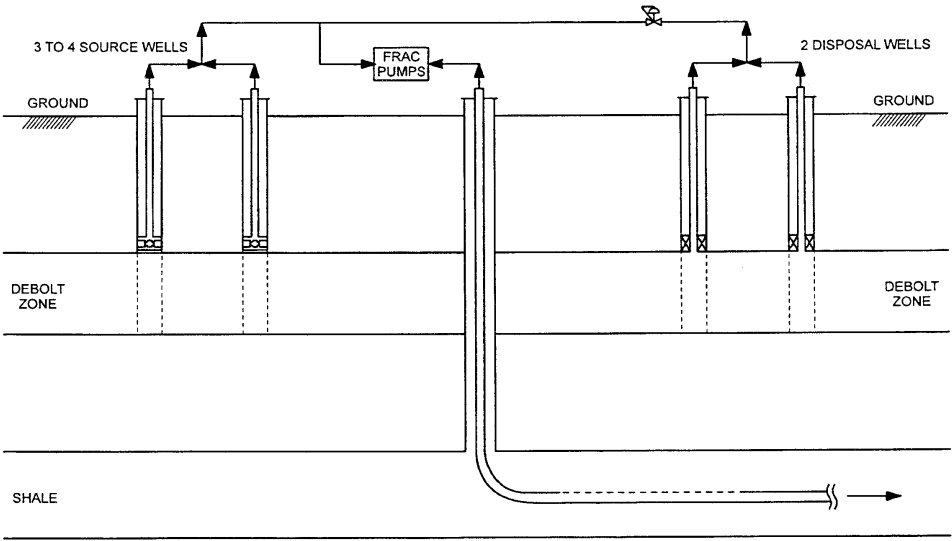


FIG. 6

6b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2012/000047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC: **F04D 1/06** (2006.01) , **E21B 43/26** (2006.01) , **F04D 29/16** (2006.01) , **F04D 29/44** (2006.01)
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC: **F04D 1/06**, **E21B 43/26** , **F04D 29/16** , **F04D 29/44**

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic database(s) consulted during the international search (name of database(s) and, where practicable, search terms used)
EPODOC and CANADIAN PATENT DATA BASE
keywords: equal+, "high pressure", pump, centrifug and multi.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5232342 A (THOMPSON, P.) 03 August 1993 (03-08-1993) Figure 1 and abstract, desc. col. 2	8, 9 and 10
A	GB 2339851 A (SHETH, K. K. et al.) 09 February 2000 (09-02-2000) Figures 1 and 2, abstract, desc. page 10	1 to 16
A	US 3861825 A (BLOM, C. J.) 21 January 1975 (21-01-1975) the entire document	1 to 16
A	GB 2060775 A (SIEGHARTNER, L. J. et al.) 07 May 1981 (07-05-1981) the entire document	1 to 16
A	US3718406 A (ONAL, H. F.) 27 February 1973 (27-02-1973) the entire document	1 to 16
A	EP 0766007 A1 (SHINICHIROU, K.) 04 February 1997 (04-02-1997) the entire document	1 to 16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
16 April 2012 (16-04-2012)

Date of mailing of the international search report
19 April 2012 (19-04-2012)

Name and mailing address of the ISA/CA
Canadian Intellectual Property Office
Place du Portage I, C114 - 1st Floor, Box PCT
50 Victoria Street
Gatineau, Quebec K1A 0C9
Facsimile No.: 001-819-953-2476

Authorized officer
Malgorzata Samborski (819) 956-0759

60

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CA2012/000047

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of the first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons :

1. ☐ Claim Nos. :
 because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely :
2. ☐ Claim Nos. :
 because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically :
3. ☐ Claim Nos. :
 because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows :

Group A: Claims 1 to 7 and 16 are directed to a high pressure multiple stage centrifugal pump comprising diffusers designed with opening to allow rapid pressure equalization across diffuser; and

Group B: Claims 8 to 15 are directed to a multiple stage centrifugal pump assembly being fully enclosed within a high pressure housing.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claim Nos. :
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claim Nos. :

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CA2012/000047

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
US2532342A	05 December 1950 (05-12-1950)	None	
GB2339851A	09 February 2000 (09-02-2000)	CA2267809A1 CA2267809C GB9906901D0 GB2339851A8 GB2339851B US6106224A	02 October 1999 (02-10-1999) 11 December 2007 (11-12-2007) 19 May 1999 (19-05-1999) 21 February 2000 (21-02-2000) 03 April 2002 (03-04-2002) 22 August 2000 (22-08-2000)
US2861825A	25 November 1958 (25-11-1958)	None	
GB2060775A	07 May 1981 (07-05-1981)	CA1146411A1 GB2060775B US4299536A	17 May 1983 (17-05-1983) 03 August 1983 (03-08-1983) 10 November 1981 (10-11-1981)
US3718406A	27 February 1973 (27-02-1973)	None	
EP0766007A1	02 April 1997 (02-04-1997)	DE69621545D1 DE69621545T2 EP0766007B1 JP9088864A US5846052A	11 July 2002 (11-07-2002) 23 January 2003 (23-01-2003) 05 June 2002 (05-06-2002) 31 March 1997 (31-03-1997) 08 December 1998 (08-12-1998)
US2532342A, 05 December 1950 (05-12-1950) GB2339851A, 09 February 2000 (09-02-2000) US2861825A, 25 November 1958 (25-11-1958) GB2060775A, 07 May 1981 (07-05-1981) US3718406A, 27 February 1973 (27-02-1973) EP0766007A1, 02 April 1997 (02-04-1997)			

TRADUCCIÓN SOLICITUD

4

TÍTULO DE LA INVENCION

BOMBA CENTRÍFUGA DE ALTA PRESIÓN DE MÚLTIPLES ETAPAS PARA
FRACTURAR RESERVAS DE HIDROCARBUROS

5

CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere en general a bombas centrífugas de
múltiples etapas para inyectar fluidos en un pozo, que ha
10 sido perforado en formaciones rocosas de yacimientos, y en
particular con bombas centrífugas de múltiples etapas para
inyectar fluidos en los pozos para propósitos de fracturar
los mismos. En la industria del petróleo y gas, que utiliza
operaciones de fracturación para estimular yacimientos de
15 petróleo y gas, esta operación requiere presiones que traten
el fluido de alta superficie, que pueden ser de 10.000 psi.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20 En aplicaciones de petróleo y gas, se emplean fluidos que se
inyectan con frecuencia en un pozo para una variedad de
diferentes propósitos y diversos tipos de bombas de
superficie. En la técnica anterior, una bomba centrífuga de
múltiples etapas se puede montar horizontalmente, en la
25 superficie, adyacente a, o cerca del pozo que requiere que se
le inyecten fluidos, y los diseños actuales tienen una
presión de descarga máxima de 6.000 psi. Esta bomba

gk
b3

centrífuga de múltiples etapas es un tipo de bomba que se utiliza con más frecuencia en una configuración vertical dentro de un pozo para bombear fluido desde el pozo hasta los sistemas de tuberías de superficie, como una bomba de producción, y los diseños actuales tienen una presión de descarga máxima de 6.000 psi. En la industria del petróleo y el gas, que utiliza la operación de fracturación para simular yacimientos de petróleo y gas, esta operación requiere de altas presiones para tratar fluidos de superficie, que pueden ser 10.000 psi. La presente invención, una bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas, ha sido diseñada para aumentar la presión de descarga de funcionamiento de 6000 psi a 10.000 psi para habilitar esta bomba para satisfacer la aplicación descrita anteriormente. Esta capacidad de descarga de alta presión también se puede utilizar a otras aplicaciones.

Se utiliza una bomba centrífuga de múltiples etapas de la técnica anterior en la industria de los sistemas eléctricos de bombeo sumergibles ("ESPS" por sus siglas en inglés) o en su aplicación de sistema de bombeo horizontal de superficie ("HPS" por sus siglas en inglés), que se limitan a la presión de descarga o la presión diferencial entre la presión interna y externa de la carcasa, que está por debajo de 6000 psi. Se utilizan comúnmente anillos o como un elemento de sellado entre una toma y una base de bomba, así como entre una descarga y una cabeza de bomba. Los difusores contienen la

16
64

presión generada en las etapas de la bomba y la carcasa de la bomba se utiliza sólo como contención secundaria de la presión ya que su función principal es retener juntos los componentes de la bomba. La carcasa de la bomba está sellada con anillos o en una base de la bomba y la cabeza de la bomba. Los difusores no están diseñados para soportar la alta presión diferencial entre el exterior y el interior del difusor.

- 10 La Patente de Estados Unidos 3,861, 825 enseña una bomba de etapas múltiples y método de fabricación. Esta describe el estilo de caja dividida de la bomba centrífuga. La velocidad de la bomba se muestra como aproximadamente 12.500 rpm, con una presión de descarga que puede ser 2600 psi, con una presión de succión de 15 a 30 psi. Hace referencia a las patentes anteriores y, a continuación enumera algunas patentes que tienen similitudes.

- La bomba de Nexen descrita en este documento es un tipo de carcasa de bomba centrífuga, que opera a una velocidad de 30 a 90 hz, (1.800-5.400 rpm), con presión de descarga que puede ser 10.000 psi, y con una presión de succión que puede ser desde 15 hasta 600 psi. Cualquier similitud sería con respecto a las bombas centrífugas en general, y el hecho de que se componen de múltiples etapas.

265

La Patente de Estados Unidos 5.232.342 enseña bombas centrífugas de múltiples etapas de alta presión. Esta describe el estilo de caja dividida de la bomba centrífuga. Esa invención se refiere a los medios para impedir la
5 rotación de un anillo o buje inter-etapas, como el objetivo principal. No se hace referencia en esta patente a la capacidad de presión de descarga para acompañar la "alta presión" mencionada en el título.

- 10 La bomba de Nexen descrita aquí tiene un tipo de carcasa de bomba centrífuga, que está diseñada para funcionar a velocidades de 30 a 90 Hz, (1.800 hasta 5.400 rpm), con presiones de descarga que pueden ser 10.000 psi, y con una presión de succión que puede ser de 15 a 600 psi.

15

- La principal diferencia aquí es que estamos usando un tipo de carcasa de bomba centrífuga y estamos construyendo con muchas más etapas que lo que se hacía en el pasado. La capacidad de presión excede las normas de diseño actuales (6000 psi máximo
20 mencionado por otros fabricantes, como Reda, Centrillift, Woodgroup, Weatherford, Canadian Advanced Inc.). Canadian Advanced ESP Inc. ("CAI") afirma en su folleto HPS que las Capacidades de diseño HPS son máximo de 4.600 psi. CAI utiliza técnicas de construcción especiales para cumplir con
25 los requisitos y las especificaciones de diseño Nexen para adaptar las capacidades de alta presión de descarga de 10 000 psi hasta ahora desconocidas.

Con estos fines en mente el objetivo principal de la presente invención es proporcionar detalles sobre la construcción de bombas que se utilizan para expandirla carcasa de bomba centrífuga de múltiples etapas para que pueda funcionar a una muy alta presión de descarga de 10.000 psi. La carcasa contiene alta presión, en la que se insertan los difusores. La alta presión se controla mediante el uso de sellos en el exterior de los difusores para evitar el flujo transversal hacia otros difusores. Se utilizan aberturas en la pared externa de los difusores para proporcionar una liberación rápida de la presión atrapada entre los difusores y la carcasa para evitar el colapso del difusor cuando una unidad se apaga y despresuriza. Un experto en la técnica apreciará las modificaciones previstas en la presente invención para lograr sus objetivos es decir, para aliviar y controlar la presión suficientemente por el difusor según sea necesario. Esta liberación de la presión se puede lograr mediante ranuras, agujeros y otras aberturas.

20

Se requiere un roscado especial sobre los extremos de descarga de las carcasas para soportar conexiones de tubería de alta presión.

25

Es aún otro objeto de la invención proporcionar una bomba centrífuga de múltiples etapas para fracturar yacimientos de

68

hidrocarburos que son capaces de generar un exceso de 10.000 psi.

Es un objeto adicional de la invención proporcionar dicha
5 bomba diseñada para equilibrar presiones en la carcasa de dicha bomba de etapa a etapa.

Es otro objeto de la invención proporcionar dicha bomba de
fracturación centrífuga de múltiples etapas con los
10 materiales de construcción en alineación con recomendaciones publicadas bien conocidas para los criterios de desempeño de materiales de por ejemplo, la NACE (por sus siglas en inglés) (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión),
ASTME (por sus siglas en inglés) (Sociedad Norteamericana de
15 Ingenieros en herramientas y fabricación) o ANSI (por sus siglas en inglés) (Instituto Nacional de Normalización Estadounidense) con embalaje de desgaste o similar en vista de la naturaleza corrosiva de los fluidos que se van a bombear.

20

Es otro objeto de la invención proporcionar dicha bomba con el embalaje de desgaste NACE preferido o similar, en vista de la naturaleza corrosiva de los fluidos que se van a bombear.

25 Es aún otro objeto de la invención proporcionar una bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas que se puede utilizar en la fractura de una reserva de hidrocarburos

83
~~83~~

evitando al mismo tiempo el tratamiento del agua subterránea antes de utilizarla para fracturar hidrocarburos como resultado de las capacidades de alta presión de dicha bomba.

5 Es un objeto adicional de la invención permitir el uso de agua subterránea no potable, tal como agua subterránea de formación Debolt, como una fuente de agua para la fractura de las formaciones rocosas subterráneas que contienen reservas de hidrocarburos.

10

Estos y otros objetivos de la invención serán evidentes para aquellos expertos en la técnica al considerar el siguiente resumen de la invención y de la descripción más detallada de las realizaciones preferidas descritas e ilustradas aquí,
15 junto con las reivindicaciones adjuntas.

RESUMEN DE LA INVENCION

En esta invención, se construye una bomba centrífuga de
20 múltiples etapas que es capaz de entregar presión de descarga o presión diferencial entre las presiones internas y externas de la bomba de hasta sustancialmente 10.000 psi o más. Se diseña una carcasa de bomba para que contenga la presión primaria. La interfaz de sellado entre la base de la bomba y
25 la cabeza de la bomba es tipo de metal sobre metal logrado al utilizar una rosca especializada. Se diseñan difusores con aberturas para permitir el rápido equilibrio de presión en el

69
~~11~~

borde exterior del difusor para evitar la falla de la alta presión diferencial que podría ocasionar una falla del difusor. Se utiliza un sello en el exterior de los difusores para evitar la comunicación de la presión, y el flujo de fluido, entre el exterior de los difusores individuales encerrados dentro de la carcasa. Las conexiones de bomba para toma y descarga de bomba se actualizan para el sellado de estilo anillo o empaque.

- 10 La presente invención también se refiere a un diseño de la bomba centrífuga de múltiples etapas, que tiene difusores, propulsores, y un eje, insertado dentro de una carcasa de alta presión en donde este ensamble está totalmente encerrado dentro de la carcasa, y la carcasa tiene suficiente
- 15 resistencia para que sea adecuada para contención segura de la presión de los fluidos que se bombean. La presente invención describe los detalles técnicos utilizados para reconfigurar un diseño de bomba centrífuga de múltiples etapas conocida para permitir el aumento de las capacidades
- 20 de presión de descarga superiores a los 6.000 psi de los diseños actuales. Las modificaciones de diseño mencionadas aquí han sido probadas con éxito en 10.000 psi de presión de descarga. La capacidad de 10000 psi de presión proporciona una presión adecuada para fracturar formaciones de
- 25 hidrocarburos penetradas por pozos.

30

Este estilo de unidad de bomba se adapta bien a la industria de fractura de hidrocarburos para bombear fluidos a presiones suficientes, para estimular las formaciones rocosas subterráneas que contienen reservas de hidrocarburos.

5

La invención es preferiblemente un tipo de carcasa de bomba centrífuga, que está diseñada para funcionar a velocidades de 30 a 90 Hz, (1800-5400 rpm), con presión de descarga que pueden ser 10.000 psi, y con una presión de succión que puede ser 15 a 600 psi.

10

Preferiblemente, dicha bomba incluye un manguito de presión (21) en la parte superior de la pared del difusor (14) para mejorar la resistencia de la pared mediante ajuste por compresión entre el manguito (21) y el diámetro exterior de la pared del difusor (14) (Fig. 3 y 4).

15

También preferiblemente dicha bomba utiliza un agujero de nivelación (23) en la pared del difusor, lo que resulta en presión diferencial cero a través de la pared del difusor y también permite una rápida despresurización (Fig. 3 y 4).

20

Preferiblemente, para evitar que las etapas colapsen debido a la transferencia de presión de una etapa de bomba a otra, se utiliza sellado tipo anillo o (31) entre cada difusor (14) y la carcasa (16) (Fig. 3).

25

21
~~11/11~~

En una realización el sellado entre la carcasa de la bomba (16) y la base de la bomba (12) y la cabeza de la bomba (19) se hace mediante roscas especializadas que proporcionan
5 sellado metal sobre metal, eliminando todos los sellos elastoméricos y no elastoméricos a través del uso de tecnología probada de sellado de roscas metal a metal, tal como conexión carcasa-pasador de cabeza-base (Fig. 2).

10 La bomba centrífuga de múltiples etapas se diseña para inyectar fluidos en un pozo con el propósito de fracturar el mismo.

De acuerdo con un aspecto principal de la invención, se
15 proporciona una bomba centrífuga de múltiples etapas para fracturar yacimientos de hidrocarburos capaces de entregar presión de descarga o presión diferencial entre la bomba de presión interna y externa que está en el rango de más de 6.000 psi a 10.000 hasta sustancialmente psi o más, dicha
20 bomba comprende;

una carcasa de bomba diseñada para contención de presión primaria,

25 un sello entre la base de la bomba y la cabeza de bombas del tipo de metal sobre metal logrado mediante el uso de rosca especializada,

difusores diseñados con aberturas para permitir el equilibrio rápido de presión en el borde exterior del difusor para evitar la falla de alta presión diferencial que podría
5 provocar una falla del difusor,

un sello utilizado en el exterior de los difusores para evitarla comunicación de presión, y el flujo de fluido, entre el exterior de los difusores individuales encerrados dentro
10 de la carcasa y las conexiones de la bomba a la toma y descarga de la bomba incluyendo mejoras al sello del tipo anillo o empaque, en el que dicho diseño de la bomba suministra una presión de descarga o presión diferencial entre la bomba de presión interna y externa en el rango de
15 más de 6.000 psi a 10.000 psi o más, que tiene presiones sustancialmente mucho mayores que el límite máximo de 6.000 psi anterior.

Preferiblemente, la bomba centrífuga de múltiples etapas
20 comprende, además, difusores, propulsores, y un eje, insertado dentro de una carcasa de alta presión, el ensamble está totalmente encerrado dentro de la carcasa, y la carcasa tiene suficiente resistencia para que sea adecuada para contención segura de la presión de los fluidos que se
25 bombean.

23
11

Otra realización utiliza un manguito de presión (21) en la parte superior de la pared del difusor (14) para mejorar la resistencia de la pared mediante ajuste por compresión entre el manguito (21) y el diámetro exterior de la pared del difusor (14) (Fig. 3 y 4).

Aún otra realización utiliza agujeros de nivelación (23) en la pared del difusor, lo que resulta en presión diferencial cero a través de la pared del difusor, que también permite rápida despresurización (Fig. 2).

Preferiblemente, para evitar que colapsen las etapas debido a la transferencia de presión de una etapa de bomba a otra, se utiliza sellado tipo anillo o (31) entre cada difusor (14) y la carcasa (16) (Fig. 3).

Más preferiblemente, el sellado entre la carcasa de la bomba (16) y la base de la bomba (12) y la cabeza de bomba (19) se hace mediante roscas especializadas que proporcionan sellado metal sobre metal, eliminando así todo los sellos elastoméricos y no elastoméricos mediante el uso de tecnología probada de sellado de rosca de metal sobre metal (conexión carcasa- pasador, base-cabeza véase fig. 2).

De acuerdo con todavía otro aspecto de la invención, se proporciona el uso de la bomba descrita anteriormente aquí para una bomba centrífuga de múltiples etapas con el fin de

proporcionar capacidad de presión mecánica e hidráulica para esta bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas que funcione en un rango de más de 6000 psi hasta presiones de descarga sustancialmente de 10.000 psi o más para inyectar de
5 fluidos a un pozo con el propósito de fracturación hidráulico de pozos en yacimientos de hidrocarburos.

La formación del subsuelo Debolt o zona en el noreste de Columbia Británica posee agua subterránea la cual contiene
10 aproximadamente 22,000 ppm de sólidos totales disueltos ("TDS") y una pequeña cantidad de sulfuro de hidrógeno - H_2S . El alcance y el volumen de la formación Debolt todavía se están investigando, pero tiene el potencial de ser extenso. Esta agua subterránea tiene alta permeabilidad y porosidad.
15 En mayo de 2010 se probó un pozo Debolt en b-H18-I/94-0-8 con una bomba eléctrica sumergible pozo abajo 900HP 10.25 pulgadas ("ESP"). El pozo mostró un índice de productividad de 107 m³/d por 1 kPa de caída de presión, lo que indica que el depósito proporcionará una tasa de flujo suficientemente
20 alta para soportar los requisitos de volumen y la velocidad necesaria para apoyar las operaciones de fractura de pozo.

El agua de la formación Debolt contiene gas ácido en solución. Cuando se despresuriza a condiciones atmosféricas,
25 el agua Debolt evapora el gas ácido en una proporción de agua a gas de 1.35 m³ de gas estándar a 1 m³ de agua. El gas evaporado contenía 0,5% de H_2S (sulfuro de hidrógeno), 42% de

CO₂ (dióxido de carbono) y 57% de CH₄ (metano). Estos gases son iguales a los gases presentes en los pozos de producción de gas de esquisto, que están normalmente en el rango de 0,0005% de H₂S, 9% de CO₂, y 91% de CH₄, y el uso de agua Debolt en bruto tendría un impacto insignificante sobre el porcentaje actual de componentes del gas de esquisto.

El desafío es cómo utilizar aguas ácidas, por ejemplo agua Debolt, para fracturar en una forma efectiva en costos debido a que el equipo actual de fractura de agua no cumple con las recomendaciones publicadas y conocidas para los criterios de rendimiento de materiales, por ejemplo, las normas NACE, ASTM o ANSI para embalaje de desgaste por acidez o similares.

Se presentan dos formas diferentes para utilizar agua de formación Debolt para las operaciones de fractura. La primera consiste en construir y hacer funcionar una planta de tratamiento de agua para eliminar el H₂S del agua Debolt. Este método ha sido adoptado por otros participantes de la industria que han construido una planta de extracción de H₂S para eliminar el H₂S del agua Debolt. Un artículo reciente publicado por la Sociedad Canadiense de Recursos no convencionales titulado "HornRiver Frac Water: Past, Present, Future", trata sobre los aspectos técnicos y funcionales de la Planta de Tratamiento de Agua Debolt construida y operada para los propósitos anteriores. Este artículo establece que

26

se requiere una planta de tratamiento muy costosa para eliminar el H_2S y otros gases de solución del agua Debolt.

El segundo método es el de mantener el agua subterránea a una presión por encima de su presión de saturación (también conocida como el "presión de punto de burbuja" o "BPP") sobre una base continua, mientras que se produce a la superficie y se transporta en tuberías para que pueda ser utilizado para fractura. Las pruebas realizadas sobre las propiedades del agua Debolt indica que mientras el agua Debolt se mantenga a una presión lo suficientemente alta para mantener el gas de solución atrapado en el agua, esta es estable sin precipitados, y sigue teniendo un color de cristal claro. Adicionalmente, siempre que el agua Debolt se mantenga por encima de su BPP, entonces el agua se encuentra en estado menos corrosivo. Estos resultados revelan que el fluido de agua subterránea Debolt se puede utilizar en su estado natural y no requiere tratamiento. Esta es la base del proceso patentado de Fractura por presión por demanda ("PFOD").

Por consiguiente, un aspecto principal de esta invención es proporcionar un método o proceso para fracturar un depósito de hidrocarburos por demanda que comprende las etapas de:

utilizar como una fuente de agua subterránea un acuífero que contiene agua que es estable y clara en el acuífero, pero que

puede incluir componentes no deseados que se encuentran en solución cuando se somete a condiciones de superficie, tales como sulfuro de hidrógeno y otros constituyentes,

5 utilizar el agua del acuífero como fuente de agua que se va a utilizar en un proceso de fractura de hidrocarburos y para bombear el agua a presión a una velocidad predeterminada para el agua subterránea y por encima de la presión de punto de burbuja (BPP) para el agua contenida en un determinado
10 acuífero para mantener el agua estable. Hemos encontrado que el agua se vuelve inestable cuando la presión se reduce y se permite que el gas evolucione fuera del agua. Esta despresurización y eliminación de gas inicia una reacción química con los sólidos disueltos en el agua para provocar
15 que se formen precipitados. Para evitar que ocurran estas reacciones químicas y provoquen que los componentes no deseados de dicha agua caigan fuera de la solución,

mantener dicha presión de agua en un mínimo requerido para
20 cada acuífero en todo momento durante el proceso de fractura,

perforar un pozo de desechos para el agua subterránea,

perforar un pozo de eliminación para el acuífero,

proporcionar una bomba capaz de mantener la presión requerida para evitar que los constituyentes del agua subterránea salgan de la solución sólo al mantener mínima presión,

5 establecer un circuito cerrado con un múltiple o un múltiple y bombas, para mantener el agua subterránea circulando en todo momento hasta que empiece la operación de fractura cuando se suministra agua desde ese múltiple,

10 proporcionar operación de fracturación con agua desde el múltiple con el fin de fracturar una reserva de hidrocarburos,

en donde el uso de agua de un acuífero en el proceso de
15 fractura y el mantenimiento de dicha agua bajo presión a un mínimo en todo momento, dicha agua se mantiene estable y los componentes no deseados permanecen en la solución y el agua permanece clara evitando de este modo la necesidad de tratar el agua desde el acuífero antes de utilizarla en un proceso
20 de fracturación.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método o proceso de fracturación de alta presión de un yacimiento de hidrocarburos, por ejemplo, un yacimiento de
25 gas de esquisto por demanda que comprende las etapas de utilizar como una fuente de agua de un acuífero subterráneo,

tal como el acuífero Debolt que contiene agua ácida incluyendo H_2S y otros componentes,

Utilizar agua ácida subterránea ya que la fuente de agua se
5 va a utilizar preferiblemente en por lo menos el lado limpio de un proceso de fracturación de gas y bombear dicha agua ácida bajo presión a un mínimo de, por ejemplo, 2.310 kPa para el agua Debolt a aproximadamente 38 grados Celsius (que
10 varía con la temperatura real de la fuente de agua para cada acuífero, y cualquier enfriamiento de la superficie que se realice de tal agua) y por encima de BPP para el agua ácida contenida en un acuífero en particular para que evitar el H_2S y otros componentes de dicha agua ácida caigan fuera de la solución,

15 mantener dicha presión de agua ácida a un mínimo requerido para cada acuífero, por ejemplo, para Debolt de 2.310 kPa en todo momento durante el proceso de fracturación,

20 perforar un pozo fuente en el agua subterránea,

perforar un pozo de eliminación en el agua subterránea,

proporcionar una bomba capaz de mantener la presión requerida
25 para evitar que los constituyentes del agua ácida salgan de la solución sólo mediante el mantenimiento de la presión mínima requerida que, por ejemplo, para el agua Debolt es 210

kPa a 38 grados Celsius, establecer de un circuito cerrado con un múltiple para mantener el agua ácida que circula en todo momento hasta que la operación de fracturación de pozo así comience cuando se suministre agua desde ese múltiple, o
5 un múltiple y bombas,

proporcionar el lado limpio de una operación de fracturación de pozo con agua ácida desde el múltiple con el fin de fracturar una reserva de pozo (normalmente una zona de
10 reserva de gas o petróleo),

en donde se utiliza de agua ácida de un acuífero, tal como Debolt para el proceso de fracturación y así mantener dicha agua ácida bajo presión a un mínimo, como ejemplo el agua
15 Debolt está a 2.310 kPa y 38 grados Celsius, dicha agua se mantiene estable y los constituyentes permanecen en la solución y el agua permanece clara evitando por lo tanto la necesidad de depurar el sulfuro de hidrógeno y otros
componentes según se requiera por otros procesos de
20 fracturación de pozo.

En realización de la invención, dicha fuente de agua y método o proceso se utiliza junto con arena en el lado sucio de la operación de fracturación de pozo con la adición de un
25 mezclador de alta presión ya que el agua ácida se debe mantener por encima de su BPP, por ejemplo 2310 kPa para agua Debolt a 38 grados Celsius en todo momento evitando por lo

21

tanto que los constituyentes que incluyen H₂Scaigan fuera de la solución.

En realización adicional del método o proceso el número
5 necesario de bombas y los pozos fuente y pozos de agua de desecho se proporcionan con el método o proceso para permitir una operación de fracturación de alta presión por demanda de un número de fracturas objetivo (que depende en particular del diseño del pozo seleccionado para una estimulación de
10 yacimientos o para otro fin) para cada pozo, o el número de pozos, estimulados como parte de un programa.

Preferiblemente, el método o el proceso de dicha agua del acuífero fuente está a una temperatura elevada (en
15 comparación con las temperaturas del agua de superficie), por ejemplo para el agua Debolt una temperatura en circunstancias normales ha sido 38 grados centígrados, lo que por lo tanto no requiere calentamiento adicional, o aislamiento de las tuberías, y que puede ser utilizada como una fuente de agua
20 ácida para la fracturación a presión sobre el proceso por demanda, incluso durante los meses más fríos de invierno con experiencia en, por ejemplo, el oeste de Canadá o áreas similares y que pueden contribuir a ahorros considerables de costos cuando se compara con la utilización de agua de
25 superficie.

En aún otra realización, el método o proceso utiliza agua ácida subterránea del acuífero Debolt y circula continuamente dicha agua a una presión por encima de BPP desde el pozo fuente hasta el pozo de desecho en un sistema de tubería subterránea realizada por una válvula de control de contrapresión situada corriente del pozo que se va a fracturar cerca al conducto de circulación de agua Debolt y aún corriente arriba de los pozos de desecho en los que cuando se necesita agua para las operaciones de fractura, el agua se retirará de un múltiple situado estratégicamente en este conducto de circulación cargando por lo tanto el agua Debolt hacia la operación de fractura bajo presión, que está por encima del BPP Debolt.

De acuerdo con todavía otra realización del método o proceso el agua Debolt se mantiene a una presión por encima de su presión de saturación ("BPP") y se utiliza continuamente para fracturación de manera que siempre que el agua Debolt se mantenga a una presión suficientemente alta para mantener el gas en solución atrapado en el agua, entonces el agua permanece estable, sin precipitados y se encuentra en estado menos corrosivo lo que requiere por lo tanto que todas las operaciones de fraccionamiento (por lo menos en el lado limpio) se lleven a cabo a presiones por encima de agua Debolt BPP que es el base para un proceso PFOD exitoso.

En aún otra realización, el método o proceso comprende además un empaque de desgaste NACE, preferiblemente un sistema de bombeo de alta presión horizontal ("HPHPS") de la bomba de fracturación capaz de proporcionar una presión de descarga de

5 aproximadamente 69 MPa. La construcción de la bomba utiliza materiales en consonancia con las recomendaciones publicadas por la Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión ("NACE") de embalaje de desgaste en vista de la naturaleza

10 corrosiva del fluido que se bombea). Alternativamente, se pueden seleccionar materiales a partir de criterios de desempeño de material para una bomba de fractura HPHPS o equivalente publicados por ejemplo por ASTM, ANSI o similares. Alternativamente, otros materiales de construcción de bomba adecuados pueden ser probados específicamente para

15 que el fluido bombeado garantice que se mantenga la compatibilidad adecuada del material.

Con el fin de llevar a cabo el procedimiento de esta invención, se construye una bomba centrífuga de múltiples

20 etapas capaz de suministrar una presión de descarga o presión diferencial entre la bomba de presiones interna y externa a más de 10.000 psi. Se diseña una carcasa de bomba para que contenga la presión primaria. La interfaz de sellado entre la base de bomba y la cabeza de bomba es un tipo de metal sobre

25 metal obtenido mediante el uso de una rosca especializada. Los difusores están diseñados con aberturas para permitir el equilibrio de presión rápida en el borde exterior del difusor

para evitar la falla de alta presión diferencial que podría provocar una falla del difusor. Se utiliza un sello en el exterior de los difusores para evitar la comunicación de presión, y el flujo de fluido, entre el exterior de los difusores individuales encerrados dentro de la carcasa. Las conexiones de bomba para la toma y descarga de bomba se mejoran para llevar un sello del tipo anillo o empaque.

La presente invención también se refiere a un diseño de bomba centrífuga de múltiples etapas, que tiene difusores, propulsores, y un eje, insertado dentro de una carcasa de alta presión, en el que este ensamble está totalmente encerrado dentro de la carcasa, y la carcasa tiene suficiente resistencia para que sea adecuada para contención segura de presión de los fluidos bombeados. Este aspecto de la invención describe los detalles técnicos utilizados para volver a configurar el diseño de la bomba centrífuga de múltiples etapas conocida para permitir aumento de las capacidades de presión de descarga mayores de 6000 psi de los diseños actuales. Las modificaciones de diseño actuales han sido probadas con éxito en 10.000 psi de presión de descarga. La capacidad de 10000 psi de presión proporciona una presión adecuada para fracturar formaciones penetradas por pozos.

Este tipo de unidad de bomba se adapta bien a la industria de fracturación de hidrocarburos que se va a utilizar para

87
86

bombear fluidos a presiones suficientes, para estimular yacimientos de petróleo y gas.

La invención es un tipo de carcasa de bomba centrífuga, que
5 está diseñada para funcionar a velocidades de 30 a 90 Hz,
(1.800-5.400 rpm), con presión de descarga que puede ser
10.000 psi, y con una presión de succión que puede ser 15
hasta 600 psi.

10 Preferiblemente, dicha bomba está utilizando un manguito de
presión (21) en la parte superior de la pared del difusor
(14) para mejorar la resistencia de la pared mediante ajuste
por compresión entre el manguito (21) y el diámetro exterior
de la pared del difusor (14) (Fig. 3 y 4).

15

También preferiblemente dicha bomba está utilizando agujeros
de nivelación (23) en la pared del difusor, resulta en
presión diferencial cero a través de la pared del difusor y
también permite despresurización rápida (Fig. 2).

20

Preferiblemente, para evitar que colapsen las etapas debido a
la transferencia de presión desde una etapa de bombeo a otra
se utiliza sello tipo anillo o (31) entre cada difusor (14) y
la carcasa (16) (Fig. 3).

25

En realización de sellado entre la carcasa de la bomba (16) y
la base de bomba (12) y la cabeza de bomba (19) se encuentran

86
84

rosca especializada que proporcionan sello metal sobre metal, que eliminan todos los sellos elastoméricos y no elastoméricos a través del uso de tecnología probada de sello de rosca metal a metal, tal como conexión carcasa-pasador
5 cabeza -base (Fig. 2).

La bomba centrífuga de múltiples etapas está diseñada para inyectar fluidos en un pozo para el propósito de fracturar este pozo.

10

De acuerdo con este aspecto de la invención, se proporciona una bomba centrífuga de múltiples etapas para fracturar yacimientos de hidrocarburos capaces de entregar presión de descarga o presión diferencial entre la bomba de presión
15 interna y externa que es mayor de 10.000 psi y que incluye una carcasa de bomba diseñada para contención de la presión primaria, el sellado entre la base de la bomba y la cabeza de bomba es del tipo metal sobre metal obtenido con rosca especializada, se incluyen difusores diseñados con aberturas
20 para permitir el equilibrio de presión rápida en el borde exterior del difusor para evitar la falla de alta presión diferencial que podría provocar una falla del difusor, se utiliza un sello en el exterior de los difusores para evitarla comunicación de presión, y el flujo de fluido, entre
25 el exterior de los difusores individuales encerrados dentro de la carcasa y las conexiones de la bomba para mejorar la toma y descarga de bomba con sello del tipo anillo o.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una vista en perspectiva (una vista
5 isométrica) de una unidad de bomba centrífuga de alta presión
de múltiples etapas construida de acuerdo con la presente
invención.

La Figura 2 es una vista en sección del ensamble de bomba
10 centrífuga de múltiples etapas que ilustra los componentes
utilizados de alta presión dentro del ensamble.

La Figura 3 es una vista en sección de una porción de la
bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas que
15 incorpora la presente invención.

La Figura 4 es una vista en sección de un difusor de para la
bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas de alta
que incorpora la presente invención.

20

La Figura 5 es un esquema de flujo de proceso PFOD.

La Figura 6 es una vista en elevación PFOD de la figura 5.

25 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

RB

En los últimos dos años, Nexen ha estado trabajando en el proceso de PFOD como se indica a continuación, utilizando agua Debolt por encima de su BPP para fracturación eliminando de esta manera la necesidad de un proceso de retiro de H₂S
5 costoso.

Con el fin de garantizar una fuente confiable de agua para sus operaciones de fracturación, es necesario identificar formas de utilizar el agua Debolt como parte de la fuente de
10 agua de fracturación. Una de las opciones revisadas es utilizar agua Debolt sólo para el lado limpio del programa de fracturación.

A la luz de sus necesidades, Nexen diseñó y construyó un
15 pequeño flujo de bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas para pruebas. En junio de 2010, una bomba de centrífuga de alta presión de múltiples etapas de prueba de desgaste NACE 0.25 m³/min capaz de proporcionar una presión de descarga de 69 MPa se puso a prueba en la plataforma b-18-
20 1, en el noreste de Columbia Británica. Los técnicos estaban en el sitio para operar el pozo fuente de agua Debolt ("W") ESP y la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas de prueba. Se canalizan en serie tres obturadores que consisten en dos tipos de tubo reductor y un obturador
25 variable para proporcionar retropresión con el fin de probar la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas en presión de fracturación.

ZAP

En las pruebas iniciales, la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas de prueba utiliza agua dulce de un camión cisterna. Se establecieron todos los parámetros de control de bomba. En ensayos posteriores, se utilizó agua Debolt y se carga mediante el WSW Debolt en b-H 18-I/94-O-8 mediante ESP para la succión de la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapa de prueba. La descarga de la bomba de prueba fluye a través de tres obturadores a diversas retropresiones.

10 El agua Debolt luego salea los obturadores y fluye en una tubería de agua de desecho hacia el pozo de desecho de agua ("WDW") en b-16-I. La retropresión se incrementa progresivamente en intervalos de 7.000 kPa y corrió en esa presión de descarga durante aproximadamente de 30 a 60
15 minutos. Cuando las operaciones de bombeo permanecen constantes, se ajusta el obturador para aumentar la presión de descarga de la bomba.

La bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas de prueba fue ensayada con éxito el 7 y 8 de julio de 2010. Se hace funcionar a una presión de descarga máxima de 71 MPa. La bomba se hace funcionar utilizando agua Debolt durante aproximadamente 6 horas a 62 MPa para simular una operación de fracturación completa.

25

Se entiende que otros acuíferos tendrán diferentes parámetros físicos. Por ejemplo, las especificaciones de la bomba

reflejarán diferentes BPP para las fuentes de agua alternativas. Para la fuente de agua Debolt, el BPP del agua subterránea era de 2310 kPa a 38 grados centígrados.

- 5 En agosto de 2010, durante la terminación de los 8 pozos en la plataforma b-18-I, la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas de prueba se integró en 6 operaciones de fracturación. Tres de los 6 fracturaciones corrieron utilizando agua dulce y 3 corrieron utilizando agua Debolt.
- 10 La bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas de prueba funcionó bien durante los 6 fracturaciones y no se encontraron problemas operativos o de seguridad.

- Sólo se requiere un pozo de desecho y un pozo fuente de agua
- 15 para la prueba inicial del sistema PFOD, y pozos adicionales proporcionarán un aumento de la capacidad y respaldo para asegurar las capacidades de inyección y el índice de flujo mínimo que están disponibles como se requiere para que el sistema funcione de forma confiable con el sistema de máxima
- 20 disponibilidad y uso. Nexen tiene previsto perforar y terminar la formación DeBolt adicional WSW y WDW Debolt adicional en el futuro a medida que se requiera optimizar el sistema de agua Debolt para apoyar las operaciones de fracturación. Junto con el Debolt b-H 18-I WSW existente y el
- 25 Debolt b-16-I WDW existente, estos 2 pozos iniciales, más cualesquiera pozos adicionales formarán la base del sistema

41
87

de circulación de agua PFOD identificado para dicho programa de fracturación de pozo.

Nexen seguirá evaluando adicionalmente la necesidad de
5 conseguir y probar una presión de succión de 3.000 kPa de
tamaño completo 1,25 m³/min para una bomba de fracturación de
émbolo para desgaste por ácido para el lado sucio con base en
las recomendaciones bien conocidas publicadas para los
criterios de desempeño de materiales, por ejemplo, embalaje
10 para desgaste NACE, ASTM o ANSI o similares. Esto también
incluye la evaluación de la necesidad de un mezclador a
presión, u otro método para la utilización de agua Debolt
para el lado sucio.

15 Basado en las pruebas de pozo de agua Debolt realizadas en
junio de 2010, un estudio de viabilidad del proceso PFOD, y
pruebas de campo inicial de una bomba de fracturación
centrífuga de alta presión de múltiples etapas de desgaste
pro ácido NACE prototipo en julio y agosto de 2010, se
20 concluyó:

■ Es técnica y económicamente factible usar agua Debolt en su
estado sin tratamiento durante las operaciones de
fracturación.

22
93

■ Es posible utilizar el proceso PFOD manteniendo presiones superiores a 2310 kPa (BPP para el agua Debolt) manteniendo gases como H₂S contenidos en solución.

5 ■ No han surgido problemas de compatibilidad de agua con agua Debolt de fractura o inyección en los yacimientos subterráneos de hidrocarburos de esquisto.

10 ■ Se puede construir y utilizar una bomba centrífuga de fracturación de alta presión por desgaste de ácido con agua Debolt en el lado limpio de las operaciones de fracturación.

15 ■ No se identificaron problemas de funcionamiento o de seguridad durante las pruebas y uso final en el campo de las bombas centrífugas de alta presión de múltiples etapas.

20 ■ Puede no haber fácil disponibilidad de agua dulce para las operaciones. El agua Debolt que se utiliza en el proceso de PFOD está fácilmente disponible, y la disponibilidad no está sujeta a lluvias de primavera y verano o la suspensión de licencias debido a la sequía. Por ejemplo, en agosto de 2010, los entes gubernamentales en Columbia Británica suspendieron licencias de retiro de agua dulce para las operaciones de fracturación de hidrocarburos en la zona Montney debido a una
25 sequía en la cuenca del río Paz.

97
AT

■ Existe experiencia en la industria de las bombas en la construcción de una bomba del tipo émbolo de alta presión de succión, con un fluido de desgaste por ácido NACE final. No hay experiencia en la industria de bombas de fracturación en la construcción de una bomba de fracturación tipo émbolo de alta presión de succión (más de 330 psi (2300 kPa)), con un fluido de desgaste NACE final, capaz de bombear arena de fracturación de calidad tipo Instituto Americano del Petróleo ("API" por sus siglas en inglés) para la fracturación del lado sucio.

■ No se presenta ninguna limitación técnica o restricción evidente para evitar el diseño por ingeniería y fabricación de un mezclador a presión para utilizar agua Debolt bajo presión.

PROCESO PFOD ilustrado en las figuras 5 y 6

El proceso PFOD mantiene el agua a una presión por encima de su BPP en todo momento con el fin de evitar que los gases (incluyendo H_2S , CO_2 y CH_4) salgan de la solución. Basado en las pruebas de agua de formación de pozo Debolt y las pruebas Presión - Volumen - Temperatura ("TVP"), el agua Debolt BPP es 2310 kPa (335 psi) a 38 grados Celsius. Cuando el agua Debolt a 38 grados Celsius se despresuriza a presión atmosférica, se libera aproximadamente $1,35 \text{ m}^3$ de gas por m^3 de agua. El gas evaporado contiene 0,5% de H_2S , 42% de CO_2 y

24
85

57% de CH₄ (metano). Estos son los mismos gases presentes en ciertas operaciones de gas de esquisto (normalmente de 0,0005% de H₂S, 9% de CO₂, y 91% de CH₄ (metano). El uso de agua Debolt sin tratar tendría un impacto insignificante sobre el porcentaje actual de esquisto contenido en los componentes de gas.

Para el sistema PFOD normal, se necesitarán 1 o más WSW deBolt y 1 o más WDW debolt. El agua debolt se hace circular continuamente a una presión por encima de BPP desde los WSW hasta los WDW utilizando un sistema de tubería presurizado. Esto se logrará a través de una válvula de control de retropresión situada corriente abajo del pozo que se va a fracturar y cerca del pozo de desecho de agua en el que cuando se requiere agua para las operaciones de fracturación, esta se retirará desde un múltiple situado estratégicamente en este conducto de circulación cargando por lo tanto agua Debolt hacia la operación de fracturación bajo presión, que está por encima del BPP debolt. Las dos figuras muestran un esquema de flujo PFOD y una vista en elevación del subsuelo. Estas figuras demuestran cómo funcionaría el sistema de tuberías PFOD.

Las ventajas de un proceso PFOD son numerosas e incluyen lo siguiente:

■ Las operaciones de fracturación se pueden realizar de manera continua durante todo el año. El agua Debolt suele estar a 38 grados Celsius. Esto permite el uso de agua Debolt en los meses de invierno sin el requisito de calefacción u
5 otra infraestructura a menudo requerida para las operaciones de fracturación en invierno que incluyen tuberías aisladas para la circulación de agua.

■ Durante todo el año la capacidad de fracturación permitirá
10 la flexibilidad de la producción con respecto a la demanda de productos básicos y los precios.

■ El proceso PFOD elimina el uso intensivo de capital y costos de operación asociados con la construcción, operación
15 y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua.

■ El proceso de PFOD también reduce la necesidad de instalaciones secundarias que se requieren para el desarrollo de las operaciones de fracturación que ocurren a distancias
20 mayores de las plantas de eliminación de H_2S y de tratamiento de agua.

■ El proceso PFOD elimina la necesidad de tanques de almacenamiento de agua tratada en la superficie o estanques
25 grandes que se requerirían normalmente para calentar el agua para un proceso de tratamiento de superficie. Por lo tanto, el agua subterránea Debolt actúa como un tanque de

almacenamiento natural, sin que se requieran instalaciones de superficie, calefacción o mantenimiento.

■ También se puede utilizar el agua subterránea Debolt como la ubicación de almacenamiento principal de exceso agua dulce que se va a utilizar más adelante durante una operación de fracturación.

Haciendo referencia a los dibujos y en particular a la figura 1 mostrada allí se presenta una realización preferida de la centrífuga de alta presión de múltiples etapas de la presente invención. Dependiendo de la presión del diseño se requiere el montaje que se compone de una o más bombas centrífugas (45) de la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas preferida (46). Los soportes de la bomba (10) unen a bombas (45) y (46) a una base (9) que sirve como base para el ensamble completo. Un motor (42) se une a las bombas (45) a través de un ensamble de cámara de empuje (43). El ensamble (20) también tiene una toma (44) y descarga (47) que son componentes de presión debidamente calificados que permiten que el ensamble de bomba se conecte mecánicamente a las tuberías externas, mientras que dirige y controla el flujo dentro de dicha tubería.

La Figura 1 ilustra una vista esquemática del ensamble de la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas que

ax
AB

describe y numera todos los componentes utilizados en el
ensamble que incluye:

9 Armazón de corredera - soporte de bomba

5

42 motor eléctrico - propulsor de bomba

43 cámara de empuje para soportar la carga del eje desde
la bomba

10

44 sección de toma de bomba

45 carcasas de bombas centrífugas de múltiples etapas de
baja presión que contienen difusores, propulsores y eje.

15

Se muestran dos secciones de bomba.

46 carcasa de bomba centrífuga de alta presión de
múltiples etapas que contiene difusores, propulsores y
eje. Este es un aspecto inventivo que toma la capacidad
de presión desde 6000 psi hasta sustancialmente la
presión de descarga de 10.000 psi.

20

47 cabeza de descarga de alta presión para 10.000 psi.
Este es otro aspecto inventivo que toma la capacidad de
presión desde 6000 psi hasta sustancialmente la presión
de descarga de 10.000 psi.

25

La bomba centrífuga de alta presión (46) es un ensamble de propulsores (13) y difusores (14). Los propulsores (13) se instalan en el eje de la bomba (15) y están girando como parte del eje, cuando los propulsores se conectan mecánicamente al eje. Los difusores (14) se fijan en el ensamble de bomba al estar comprimidos mediante el cojinete de compresión (18) en la carcasa de bomba (16) contra la base de bomba (12.) Con el fin de aumentar la presión producida a una presión de descarga de 10.000 psi, una serie de etapas de difusor y propulsor suficientes se apilan unas sobre otras para aumentar la capacidad de cabeza de una etapa para crear la presión necesaria de todas las etapas combinadas.

La Figura 2 es una sección transversal de la múltiples etapas de montaje de la bomba centrífuga de alta presión de la Figura 1 que describe todos los componentes utilizados en el ensamble que incluye la base de bomba (12) y la cabeza de bomba (19) enroscada en la carcasa de bomba (16). Cada etapa de bomba es un ensamble de propulsor (13) y difusor (14). Los propulsores (13) se instalan en el eje de bomba (15) y son la parte giratoria de la bomba. Los difusores (14) están fijados en el ensamble de bomba al ser comprimidos por el cojinete de compresión (18) en la carcasa de bomba (16) y contra la base de bomba (12).

25

El sellado entre la carcasa de bomba (16) y la base de bomba (12) y la cabeza de bomba (19) se alcanza mediante roscas

#19

especializadas tales como roscas API o Hydril (Instituto Estadounidense del Petróleo) que proporcionan capacidades de sellado metal a metal bajo ambientes de alta presión diferencial. El alto torque garantiza una conexión fuerte
5 capaz de tomar la carga hidráulica axial libre de fuga. Cada conexión también está diseñada para soportar múltiples construcciones y rupturas sin requerir reparación.

La atención se dirige a la siguiente figura 3 que muestra una
10 realización preferida de la invención. La bomba centrífuga de alta presión (46) incluye una carcasa de alta presión exterior (16) que sostiene y alinea todos los componentes de bomba. La bomba centrífuga de alta presión (46) incluye difusores (14) que se construyen con el manguito de soporte
15 (21) completamente alrededor del difusor, que tiene ranuras (25) y anillo o (31) de la carcasa (16), y por lo tanto proporciona un sello dentro de dicha carcasa. Cuando la bomba está funcionando siempre existe alguna fuga en el espacio anular formado por el diámetro interior de la carcasa y el
20 diámetro exterior del difusor (14). Cuando el espacio anular se llena cesa el flujo en este cuando la presión en el espacio anular es igual a la presión en la fuente de la fuga. Si la fuente de la fuga se encuentra en o cerca a la cabeza de descarga de bomba, el espacio anular puede ser presurizado
25 a la presión de descarga plena. Para evitar esta condición se instalan anillos o (31) en cada difusor y se colocan agujeros de nivelación (23) a través de la pared del difusor para que

la presión máxima no se limite por el espesor de la pared delgada de los difusores.

La Figura 3 es una ilustración de la sección transversal de la figura 2 que muestra una serie de etapas de propulsor y difusor en la carcasa de la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas (16). Esta invención incluye el agujero de nivelación (23) para la rápida despresurización, y el manguito de soporte (21) completamente alrededor del difusor, que tiene ranuras (25) que contiene el anillo o (31) para evitar la comunicación de presión, y flujo de fluido, entre la parte exterior de los difusores individuales encerrados dentro de la carcasa. Esta carcasa de alta presión (16) está diseñada para contener de forma segura presiones de hasta 10.000 psi.

La figura 4 ilustra una sección transversal de los detalles de cada difusor (14), el manguito de soporte (21), el orificio de compensación (23) y el anillo o (31) para el montaje de la bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas y los detalles de difusor que muestran el manguito de compresión (21) en la parte superior del difusor (14). Esta invención incluye el agujero de nivelación (23) para la rápida despresurización, y el anillo o (31) para evitar la comunicación de presión, y flujo de fluido, entre el exterior de los difusores individuales encerrados dentro de la carcasa.

108

La presente invención ofrece economía de fabricación, mientras que asegura mayor capacidad de servicio en el lugar de instalación mediante el uso de una bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas. Se ha descrito una realización actualmente preferida para los propósitos de esta descripción.

La bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas se construye de tal manera que se eliminan altas presiones a través de la pared de los difusores (14) mediante la disposición de agujeros de nivelación (23) y sellado de cada difusor en la carcasa, y mejora la fuerza de la pared del difusor (figura 2) en la que la presión está contenida por la carcasa de bomba (16) (Fig. 3).

La bomba genérica contendrá base de bomba (12) y cabeza de bomba (19) enroscada en la carcasa de bomba (16). Una etapa de la bomba es un ensamble de propulsor (13) y el difusor (14). Los propulsores (13) se instalan en el eje de la bomba (15) y son la parte giratoria de la bomba. Los difusores (14) están fijados en el ensamble de la bomba al ser comprimidos por el cojinete de compresión (18) en la carcasa de la bomba (16) y contra la base de bomba (12) (Fig. 2).

25

Se presentan dos opciones para mejorar la resistencia de la pared del difusor (14):

1. la utilización de un aumento del grosor de la pared (mejor resistencia de la pared) y ajuste hermético (pocas milésimas de pulgada) entre el difusor y la carcasa, para evitar la
5 deformación del difusor.

2. Como se muestra en la figura 3 utilizando el manguito de presión (21) en la parte superior de la pared del difusor (14) (mejora la resistencia de la pared mediante un ajuste de
10 compresión entre el manguito y el diámetro exterior de la pared del difusor) y ajuste hermético (pocas milésimas de pulgada) entre los difusores (14) y la carcasa (16), evitando así la deformación del difusor.

15 La eliminación del gradiente de presión a través de la pared del difusor se consigue mediante la perforación de agujeros de nivelación (23) en la pared del difusor resultante de presión diferencial cero a través de la pared del difusor (14). Para eliminar una mayor presión desde una etapa para
20 actuar en otros difusores, se utiliza sello tipo anillo o (31) entre cada difusor (14) y la carcasa (16), para evitar la transferencia de presión, o flujo de fluido, en la parte superior de los difusores (14) desde un extremo de la carcasa de la bomba hasta el otro. La contención de la presión
25 primaria es la carcasa de bomba (16) (Fig. 3).

El sellado entre la carcasa de bomba (16) y la base de bomba (12) y la cabeza de bomba (19) se consigue mediante roscas especializadas tales como roscas API o Hydril que proporcionan sello metal sobre metal, utilizando un gran
5 hombro de torque para permitir alto torque para asegurar una conexión fuerte y maximizar la sección de material resistente a explosión. La conexión está diseñada para soportar múltiples construcciones y rupturas sin requerir reparación.

- 10 El sellado entre la tubería y la descarga de la bomba se hace al utilizar sello tipo anillo o empaque y rebordes tipo API (11) (Fig. 2).

La bomba centrífuga de múltiples etapas se puede construir
15 como una sola bomba (TDH bajo) o como una bomba de múltiples secciones (TDH alto) (Fig. 4), dependiendo de la cabeza dinámica total requerida (TDH). En el diseño de varias secciones, las secciones de bomba (45, 46) están conectadas en serie en el lecho de bomba común (9) y sus ejes están
20 conectados mecánicamente para ser impulsados mediante el accionador común (42). El impulso generado en la bomba es contenido por el ensamble de cojinete de empuje (43), la admisión de bomba (44) y la descarga (47) completan el ensamble.

25

Las modificaciones de diseño discutidas en este documento han sido probadas con éxito a una presión de descarga de 10.000

10/5
10/5

psi. La capacidad de presión de 10000 psi proporciona una presión adecuada para fracturar formaciones penetradas por pozos.

- 5 Por lo tanto se pueden hacer muchos cambios, a la realización preferida de la invención sin apartarse del alcance de la misma. Se considera que toda la materia contenida en la presente se considera ilustrativa de la invención y no en un sentido limitante.

105
106REIVINDICACIONES

1. Una bomba centrífuga de múltiples etapas para fracturar
5 yacimientos de hidrocarburos capaces de entregar la presión de descarga o la presión diferencial entre la bomba de presión interna y externa que es de hasta sustancialmente 10 000 psi o más que comprende;
10 una carcasa de bomba diseñada para la contención de la presión primaria,
15 el sellado entre la base de bomba y la cabeza de bomba es del tipo de metal sobre metal obtenido mediante el uso de rosca especializada,
20 difusores diseñados con aberturas para permitir el equilibrio de presión rápida a través del difusor de borde exterior para evitar la falla de alta presión diferencial que podría provocar una falla del difusor, que tiene un sello utilizado en el exterior de los difusores para evitar la comunicación de presión, y el flujo de fluido, entre el exterior de los difusores individuales encerrados dentro de la carcasa y las
25 conexiones de bomba para la toma y descarga de bomba que se mejoran con el sello del tipo anillo o empaque, en el que dicha bomba suministra una presión de descarga o

presión diferencial entre la bomba de presión interna y externa de hasta sustancialmente 10.000 psi o más .

2. La bomba centrífuga de la reivindicación 1 que comprende
5 adicionalmente difusores, propulsores, y un eje, insertado dentro de una carcasa de alta presión, este ensamble está totalmente encerrado dentro de la carcasa, y la carcasa tiene suficiente resistencia para ser adecuada para contener la presión en forma segura de los
10 fluidos que se bombean.
3. La bomba de la reivindicación 1 o 2 que utiliza un manguito de presión en la parte superior de la pared del difusor para mejorar la resistencia de la pared mediante
15 ajuste por compresión entre el manguito y el diámetro exterior de la pared del difusor.
4. La bomba de la reivindicación 1, 2 o 3 que utiliza agujeros de nivelación en la pared del difusor, lo que
20 resulta en presión diferencial cero a través de la pared del difusor que también permite una rápida despresurización.
5. La bomba de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a
25 4, en donde para evitar el colapso de las etapas debido a la transferencia de presión de una etapa de bomba a

107
108

otra se utiliza un sello tipo anillo o entre cada difusor y dicha carcasa.

6. La bomba de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el sellado entre la carcasa de bomba y la base de la bomba y la cabeza de bomba se hace mediante roscas especializadas que proporcionan sellado metal sobre metal, eliminando así todos los sellos elastoméricos y no elastoméricos mediante el uso de tecnología probada de sellado de rosca metal a metal (conexión de carcasa-pasador, cabeza-base).
7. Uso de la bomba de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 como una bomba centrífuga de múltiples etapas para proporcionar capacidad de presión mecánica e hidráulica para dicha bomba centrífuga de alta presión de múltiples etapas con el fin de funcionar hasta sustancialmente presiones de descarga de 10.000 psi o más para la inyección de fluidos a un pozo con el propósito de fracturación hidráulica de yacimientos de hidrocarburos penetrados por dicho pozo.
8. Un ensamble de la bomba centrífuga de múltiples etapas que comprende difusores, propulsores, y un eje, insertado dentro de una carcasa de alta presión, dicho ensamble está completamente encerrado dentro de la carcasa, la carcasa tiene suficiente resistencia para la

108

contención segura de presión de los fluidos que se
bombean y para permitir aumento de capacidades de
presión de descarga mayores de 6000 psi a
sustancialmente aproximadamente 10.000 psi de la presión
de descarga o más proporcionando de ese modo presiones
adecuadas para fracturar formaciones penetradas por
pozos.

9. La bomba de la reivindicación 8 se utiliza en la
industria de fracturación de hidrocarburos para bombear
fluidos a presiones suficientes, con el fin de estimular
yacimientos de petróleo y gas.

10. La bomba de la reivindicación 8 o 9, que comprende,
adicionalmente, un tipo de carcasa de bomba centrífuga,
diseñada para funcionar a velocidades de sustancialmente
30 a 90 Hz, (1800 a 5400 rpm), con presiones de descarga
que pueden ser sustancialmente aproximadamente de 10.000
psi, y con una presión de succión que puede estar
sustancialmente en el rango de aproximadamente 15-600
psi.

11. La bomba de la reivindicación 8, 9 o 10 que comprende
adicionalmente un manguito de presión en la parte
superior de la pared de difusor para la resistencia
mejorada de pared realizada mediante ajuste por

compresión entre el manguito y el diámetro exterior de la pared del difusor.

12. La bomba de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 1
5 que comprende adicionalmente aberturas de nivelación en la pared del difusor, lo que resulta en presión diferencial sustancialmente cero a través de dicha pared de difusor proporcionando por lo tanto una rápida despresurización.

10

13. La bomba de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, que comprende adicionalmente, un sello tipo anillo o utilizado entre cada difusor y la carcasa para evitar que las etapas colapsen debido a la transferencia de
15 presión de una etapa de bomba a otra.

20

14. La bomba de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en donde el sello entre la carcasa de la bomba y la base de la bomba y la cabeza de bomba, se hace mediante
20 roscas especializadas que proporcionan sello metal sobre metal, eliminando todos los sellos elastoméricos y no elastoméricos a través del uso de tecnología probada de sello de rosca metal a metal, tal como conexión de carcasa-pasador cabeza-base.

25

15. La bomba centrífuga de múltiples etapas de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14 utilizada para

11/10

inyectar fluidos a un pozo con el propósito de fracturar un yacimiento de hidrocarburos.

16. La etapa de bomba de fracturación centrífuga de múltiples etapas de una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 15, en donde dicha bomba se fabrica con materiales de construcción en alineación con las recomendaciones publicadas bien conocidas para los criterios de desempeño de materiales de por ejemplo, la NACE (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión), ASTME (Sociedad Norteamericana de Ingenieros en herramientas y fabricación) o ANSI (Instituto Nacional de Normalización Estadounidense) con embalaje de desgaste o similar en vista de la naturaleza corrosiva de los fluidos que se bombean.

21/11/88

BOMBA CENTRÍFUGA DE ALTA PRESIÓN DE MÚLTIPLES ETAPAS PARA
FRACTURAR RESERVAS DE HIDROCARBUROS

5 Resumen: La presente invención se relaciona con un diseño de
bomba centrífuga de múltiples etapas, que tiene difusores,
propulsores, y un eje, insertados dentro de una carcasa para
alta presión, de tal manera que esta ensamble se cierra
completamente dentro de la carcasa, y esta tiene suficiente
10 resistencia para ser adecuada para la contención segura de
presión de los fluidos que se bombean. Esta invención
describe los detalles técnicos utilizados para reconfigurar
el diseño de bomba centrífuga de múltiples etapas con el fin
de aumentar las capacidades de presión de descarga de más
15 6,000 psig de los diseños actuales.

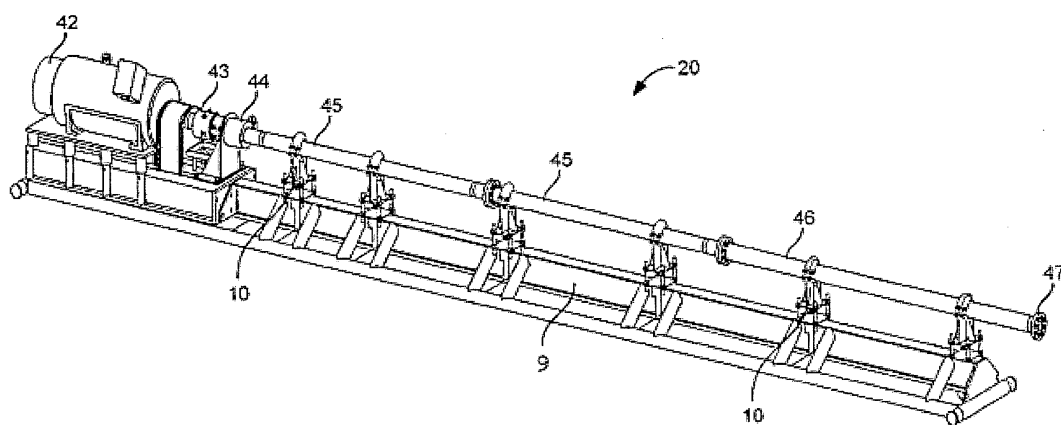


FIG. 1

1/6

51

7/12

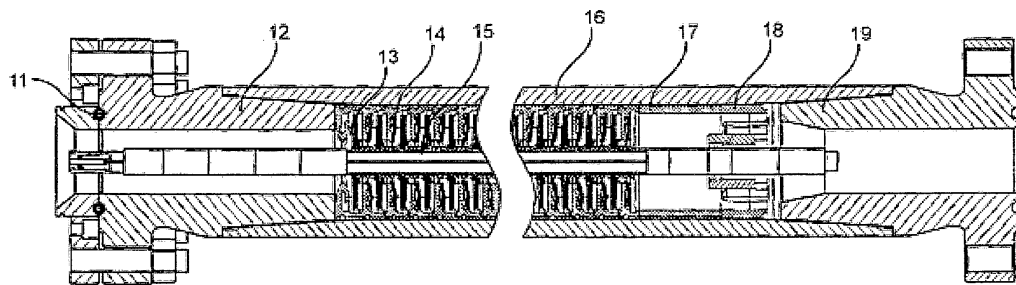


FIG. 2

1/3

3/6

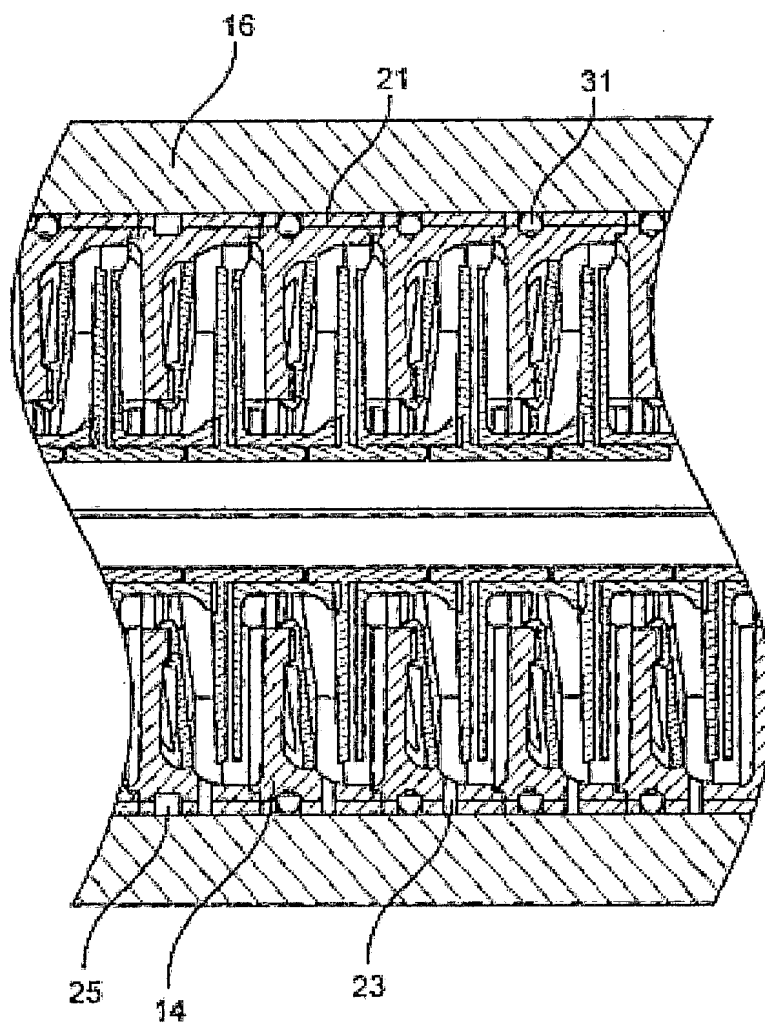


FIG. 3

105
7/16

4/6

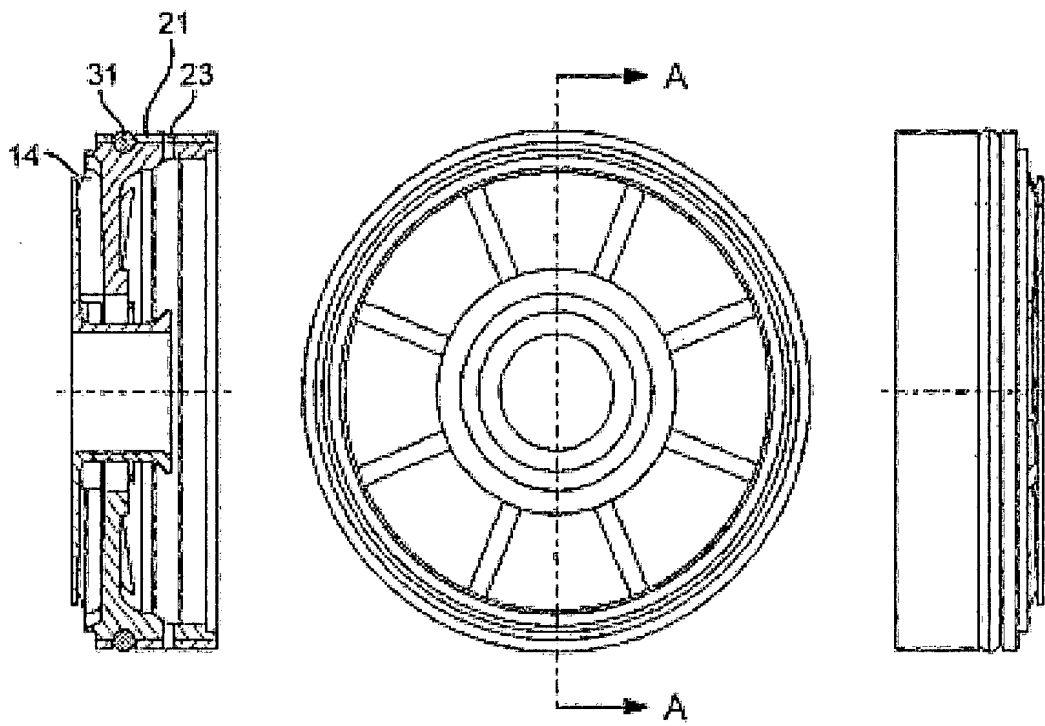


FIG. 4

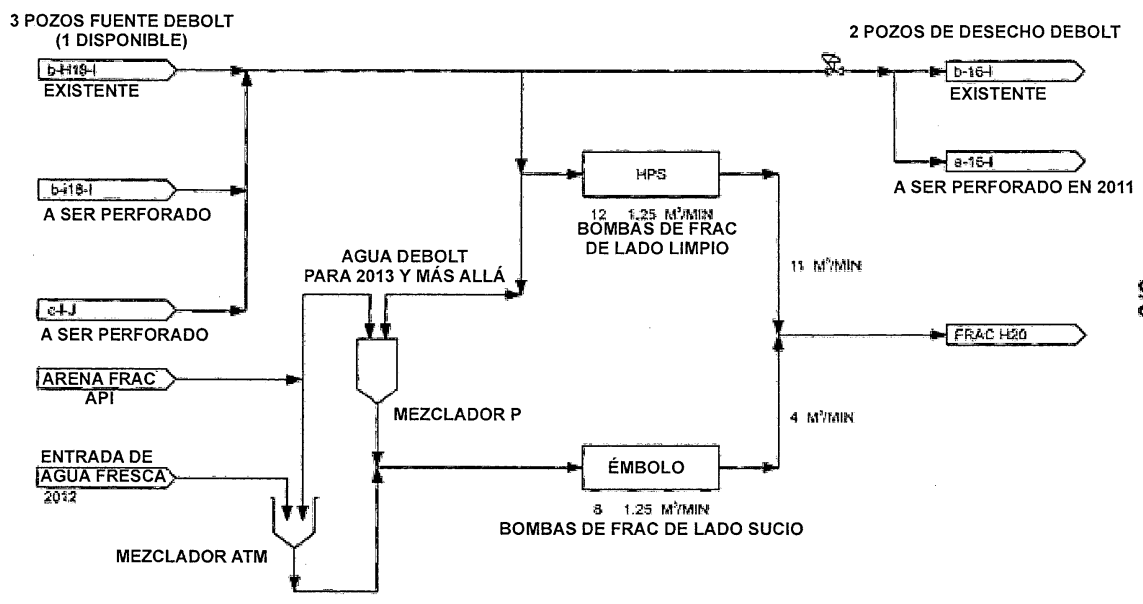


FIG. 5

MD 1/6

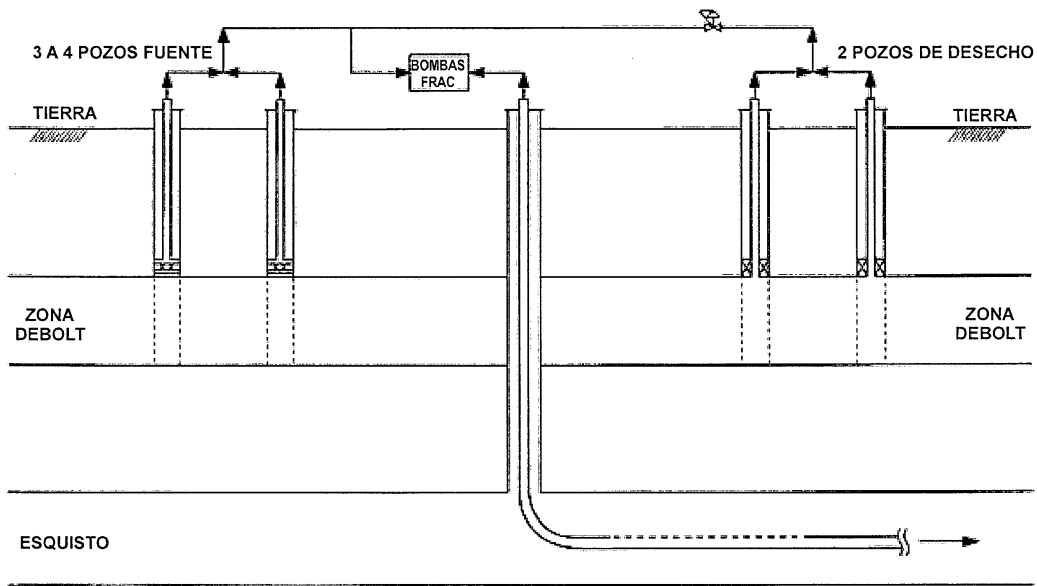


FIG. 6

6/6

17



No. 13-146266- -00000-0000

Fecha: 2013-06-19 16:06:09 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR 10
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 118 117

PATENTE DE INVENCION ☐ MODEL

☐	Indicación que se solicita una pate
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☐ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☐	Indicación que se solicita una PCT
☐	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐ (Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐ (Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐