



(11) **EP 2 660 420 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**03.12.2014 Bulletin 2014/49**

(51) Int Cl.:  
**E21B 21/06** <sup>(2006.01)</sup> **E21B 43/26** <sup>(2006.01)</sup>  
**B01F 15/02** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **13159641.3**

(22) Date de dépôt: **15.03.2013**

(54) **Equipement perfectionné de dissolution de polymère adapté pour des opérations de fracturation importantes**

Verbesserte Ausrüstung für Polymerauflösung in Bruchvorgänge

Improved equipment adapted for dissolution of polymer in fracturing operations

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **04.05.2012 FR 1254119**

(43) Date de publication de la demande:  
**06.11.2013 Bulletin 2013/45**

(73) Titulaire: **S.P.C.M. SA**  
**42160 Andrézieux Bouthéon (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Nichols, Peter**  
**Savannah, GA Georgia 31411 (US)**

• **Bond, Marshall**  
**Richmond Hill, GA Georgia 31324 (US)**

(74) Mandataire: **Denjean, Eric et al**  
**Cabinet Laurent & Charras**  
**"Le Contemporain"**  
**50, Chemin de la Bruyère**  
**69574 Dardilly Cedex (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A2- 0 238 723 WO-A1-2011/107683**  
**FR-A1- 2 951 493 US-A1- 2004 008 571**

**EP 2 660 420 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

**[0001]** Le domaine de l'invention est la récupération de gaz ou de pétrole et plus particulièrement la fracturation hydraulique de puits de gaz ou de pétrole par injection d'un fluide de fracturation comprenant un polymère.

**[0002]** Le document WO 2010/020698 décrit un matériel utilisé pour stocker, disperser, dissoudre des polymères sous forme poudre, plus particulièrement à base d'acrylamide., La solution polymérique est ensuite dosée et utilisée dans des opérations de fracturation hydraulique destinées à la production de gaz de schiste ou de pétrole dispersé.

**[0003]** Ce matériel a des contraintes fortes d'utilisation car les opérations de fracturation rassemblent de nombreux véhicules (camions, remorques) parfois plus de 100, comprenant des générateurs électriques, des transports de pompes, des mélangeurs, des appareils de dissolution et d'addition d'adjuvants, des salles de contrôle et surtout d'importantes quantités de sables ou de bille céramique servant à maintenir les fractures ouvertes.

**[0004]** Le coût de telles opérations est très important et l'un des facteurs de succès est le temps total de fracturation et de transfert des équipements, ce qui assure la rentabilité de la campagne de fracturation. Il est donc indispensable que le matériel utilisé donne les meilleures performances sans risque d'interruption. A défaut, le puits à fracturer peut se boucher, ce qui peut être catastrophique.

**[0005]** Tout le matériel doit donc être mobile sur roues, soit en camions, soit sur remorques tout en prenant en considération les contraintes de poids sur route dépendant de la zone géographique concernée. Habituellement, le poids sans châssis ne doit pas dépasser 20 à 24 tonnes et la longueur 12 à 14 mètres. Il faut de plus qu'il soit immédiatement disponible dès son déplacement sans perte de temps dans les opérations de remplissage initiales.

**[0006]** Les polymères à base d'acrylamide injectés sont des polymères, préférentiellement de haut poids moléculaire, supérieur à 10 millions, habituellement supérieur à 15 millions. Leur composition dépend de la salinité de l'eau et surtout de la quantité de métaux divalents ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ).

- Pour des eaux douces, on utilise habituellement des copolymères acrylamide / acide acrylique (60-40 mol% à 90-10 mol%).
- Pour des eaux plus salines, on utilise des copolymères faiblement anioniques ou non ioniques de 0 à 10 mol % d'acide acrylique ou à faible taux de monomère sulfoné (ATBS acrylamido tertio-butyl sulfonate) ;
- Pour des eaux très salines, on peut utiliser des copolymères acrylamide / chlorure d'acrylate de triméthylaminoéthyle (90-10 mol%) par exemple.
- Dans des cas extrêmes, on peut utiliser des polymères de DADMAC (Diallyldiméthylammonium chlorure), de NVP (N-Vinyl-Pyrrolidone) ...

**[0007]** Bien que l'équipement décrit dans le document WO 2010/020698 soit performant, il est cependant limité en termes de quantité de polymère traité et présente les contraintes suivantes :

- L'alimentation en polymère se fait par sacs de 25 kg, au mieux avec des big-bags de 750 kg à une vitesse incompatible avec les opérations de récupération de grande envergure,
- Impossibilité d'être alimenté en vrac en cours d'opération,
- Difficulté de doser et disperser le polymère à forte concentration de manière à limiter les volumes de dispersion et/ou solution de polymère dans l'équipement,
- Difficulté à éviter la formation d'agglomérats (appelé fish-eyes), qui ne peuvent se dissoudre qu'en un temps très long et qui, de plus, peuvent boucher les pompes,
- Difficulté de dissoudre la suspension dans un temps court, car les volumes disponibles sur un camion sont limités,
- Difficulté de pomper de manière contrôlée la solution de polymère dans le mélangeur, qui se trouve avant la pompe très haute pression d'injection et qui homogénéise l'ensemble des ingrédients.

**[0008]** Certains utilisent des containers métalliques difficiles à manipuler sur des terrains souvent bourbeux.

**[0009]** L'évolution actuelle, avec l'augmentation des longueurs de forages horizontaux, est d'aller vers des opérations de fracturations plus importantes. Il y a quelques mois, les opérations nécessitaient de 4 à 8 tonnes de polymère par opération et l'équipement décrit dans le document WO2010/020698 est adapté à ce genre d'opération.

**[0010]** Aujourd'hui, les quantités injectées vont de 9 à 15 tonnes et probablement dans l'avenir vers 20 tonnes par opération et l'équipement décrit dans le document WO2010/020698 n'est plus adapté.

**[0011]** Il est donc nécessaire de développer un équipement perfectionné qui s'adapte à cette évolution sans risque d'interruption au cours d'opération.

**[0012]** Le problème que se propose de résoudre l'invention est de dissoudre plus de polymère en un temps réduit, dans un espace réduit, tout en prenant en considération les contraintes de poids, le tout sans opération manuelle d'alimentation en cours d'opération.

**[0013]** Une des contraintes réside en ce qu'il n'existe pas, sur le lieu des opérations, de dispositif permettant de

## EP 2 660 420 B1

vider les solutions de polymères des cuves de dissolution. Par conséquent, l'équipement doit être déplacé avec les cuves pleines, la quantité de poudre pouvant cependant être modulée en fin d'opération. Ceci a aussi l'avantage de permettre une mise en service immédiate du matériel après déplacement.

**[0014]** La demanderesse a développé un équipement perfectionné permettant de résoudre cette problématique et d'améliorer significativement les performances des installations existantes.

**[0015]** L'invention concerne un équipement perfectionné compact et transportable utilisable pour des opérations de fracturation sur des champs de gaz ou de pétrole, ledit équipement étant caractérisé en ce qu'il comprend successivement :

- un moyen d'alimentation pneumatique d'un silo en polymère poudre,
- un silo de stockage de polymère sous forme poudre,
- un moyen d'entraînement du polymère depuis le silo, dans une trémie d'alimentation,
- une trémie d'alimentation d'un dispositif de dosage en polymère, ladite trémie étant dotée d'un niveau haut et d'un niveau bas,
- un dispositif de dosage du polymère poudre,
- un dispositif de dispersion et de broyage du polymère, aussi désigné PSU (« Polymer Slicing Unit ») comprenant :
  - un cône de mouillage du polymère poudre connecté à un circuit d'arrivée d'eau primaire,
  - à l'extrémité inférieure du cône :
  - une chambre de broyage et de drainage du polymère dispersé comprenant:
    - un rotor entraîné par un moteur et muni de couteaux,
    - un stator fixe constitué d'un cylindre muni de fentes fines,
  - sur toute ou partie de la périphérie de la chambre, une couronne alimentée par un circuit d'eau secondaire, la couronne communiquant avec la chambre de telle sorte à assurer la pulvérisation d'eau sous pression sur l'extérieur du stator permettant ainsi le dégagement du polymère broyé et gonflé à la surface dudit stator,
- au moins deux cuves d'hydratation et de dissolution du polymère dispersé provenant du dispositif de dispersion et de broyage,
- au moins deux pompes volumétriques permettant l'injection et le dosage de la solution de polymère obtenue, dans le mélangeur servant à l'alimentation de la pompe haute pression de fracturation.

**[0016]** Dans un mode de réalisation préféré, l'équipement est positionné dans un container ou sur une remorque et a un poids inférieur à 24 tonnes, préférentiellement inférieur à 22 tonnes, en tenant compte des quantités de solutions de polymères contenues dans les cuves, et de la quantité de poudre contenue dans le silo permettant une mise en service immédiate. De plus, l'équipement ne dépassera pas une longueur de 14 mètres, préférentiellement de 12 mètres.

**[0017]** Dans un mode de réalisation préféré, le silo de stockage est horizontal, de forme parallépipédique et muni d'un fond en forme de dièdre.

**[0018]** Le silo de stockage présente un volume avantageusement supérieur ou égale à 5 m<sup>3</sup>, et préférentiellement supérieur ou égale à 10 m<sup>3</sup>.

**[0019]** Le moyen pneumatique d'alimentation du silo se présente sous la forme soit d'un camion-citerne muni de cônes de vidange du polymère, soit d'un camion à châssis basculant.

**[0020]** Le moyen d'entraînement du polymère dans la trémie d'alimentation du dispositif de dissolution est constitué d'une vis inférieure de vidange positionnée au fond du silo, ladite vis étant connectée soit à une vis verticale d'alimentation de la trémie, soit à un transport pneumatique reliant le bas du silo à la trémie d'alimentation.

**[0021]** Le dispositif de dispersion et de broyage permet un broyage hydraulique du polymère. Il a le grand avantage de disperser de très grandes quantités de polymères en diminuant fortement la taille des matériels et d'accélérer la dissolution du polymère par broyage humide. Cela permet des injections très importantes de polymère à partir de matériels de volume limité.

**[0022]** Les pompes volumétriques positionnées entre les cuves de dissolution et la pompe d'injection seront par exemple choisies, sans que cela ne soit limitatif parmi les pompes à lobe comme par exemple les pompes de type Waukesha, et particulièrement les pompes à lobe 6 donnant un débit de 30m<sup>3</sup>/h à 3 bars, ou encore parmi les pompes à rotor excentré de type Myono, pouvant donner le même débit.

**[0023]** Les éléments de l'équipement selon l'invention sont agencés dans un espace réduit comme un container, ou une remorque de camion.

**[0024]** La sélection des diverses composantes dépend notamment du volume disponible, du poids maximum à vide, de la quantité totale de la solution de polymère à injecter et de son débit.

## EP 2 660 420 B1

**[0025]** Un dispositif de dispersion et de broyage similaire à celui utilisé dans l'invention a été décrit par le demandeur dans les documents WO 2008/107492 et WO 2011/107683 A1, pour des applications en Récupération Assistée du Pétrole (RAP). Ce dispositif de dissolution appelé PSU (Polymer Slicing Unit) est avantageusement celui commercialisé sous la dénomination PSU 300 Plus, qui permet de doser 100 à 600 kg de polymère par heure. Ces quantités sont conformes à celles nécessaires dans les opérations actuelles de fracturation. Le diamètre du rotor-stator du dispositif de dissolution du polymère est de préférence supérieur à 200 mm. Dans la majorité des cas, le PSU fonctionne par intermittence, suivant le niveau des cuves de dissolution à un débit standard de 300 kg/heure. Il est cependant adapté à des demandes instantanées de polymère beaucoup plus importantes. L'eau est alimentée, dans le PSU, au niveau du circuit primaire généralement à 10m<sup>3</sup>/h et au niveau du circuit secondaire de 0 à 20m<sup>3</sup>/h suivant la concentration et la viscosité requises. La concentration en polymère est de préférence de 20gr/litre. En revanche, lorsque des saumures concentrées sont utilisées, l'effet des sels sur la viscosité permet d'augmenter la concentration à hauteur de 30gr/litre tout en maintenant la viscosité de la solution de polymère inférieure à 10 000 cps permettant un pompage facile.

**[0026]** Les cuves de dissolution ont un volume limité eu égard aux dimensions de l'équipement. De manière générale, l'équipement peut comprendre deux cuves de 4 à 5 m<sup>3</sup>. Ces cuves sont généralement fortement agitées afin de favoriser la dissolution du polymère. En outre, ces deux cuves peuvent travailler en série, en continu, en parallèle, ou par transfert de l'une à l'autre (flip-flop). Les pompes volumétriques peuvent fonctionner ensemble ou séparément pour alimenter le mélangeur servant à alimenter la pompe haute pression de fracturation

**[0027]** Différents types de polymères synthétiques ou naturels pourront être dissous grâce à l'équipement selon l'invention. On citera de manière non limitative les polymères à base d'acrylamide couramment utilisés dans les procédés de fracturation.

**[0028]** Comme les opérations de fracturation impliquent des débits d'eau de l'ordre de 20 à 30 m<sup>3</sup>/heure, le temps de dissolution doit généralement être inférieur à 30 minutes.

**[0029]** Une solution consiste à adapter la vitesse de dissolution au temps imparti. Les polymères à base d'acrylamide disponibles commercialement ont généralement une granulométrie de 0 à 1000 microns, et un temps de dissolution de l'ordre d'une heure pour les polymères d'anionicité moyenne (20 à 50 mol%) et de deux heures pour les polymères non ioniques. Par conséquent, la granulométrie de la poudre doit être ajustée en fonction du temps de dissolution désiré. D'une manière empirique, on a déterminé les temps de dissolution suivants :

Polymère anionique		Polymère non ionique	
0-1000 microns	60 min	0-1000 microns	120 min
0-800 microns	40 min	0-800 microns	70 min
0-600 microns	20 min	0-600 microns	40 min
0-400 microns	10 min	0-400 microns	20 min
		0-300 microns	10 min

**[0030]** Le passage à travers le PSU permet de diminuer de 20 à 30 % le temps de dissolution sur les granulométries les plus élevées, et légèrement moins sur les granulométries plus fines.

**[0031]** Il est possible industriellement de broyer ces polymères à ces granulométries avec un coût supplémentaire. Cependant, le taux de fines (<50 μmètres) qui saturent les filtres et ont une hygroscopie élevée, doit être limité.

**[0032]** Toujours selon l'invention, le matériel électrique de commande protection, instrumentation, sécurité est agencé dans une salle électrique et est commandé par un automate programmable permettant une automatisation totale du matériel avec une commande par la salle de contrôle principale de l'ensemble de fracturation.

**[0033]** L'invention a également pour objet un procédé de fracturation hydraulique de puits de gaz ou de pétrole par injection d'un fluide comprenant une solution de polymère mettant en oeuvre l'installation précédemment décrite.

**[0034]** La mise en oeuvre de l'équipement selon l'invention dans le procédé selon l'invention permet de réduire la pression d'injection de fracturation en limitant la friction du fluide dans les tuyaux d'injection.

**[0035]** Dans un mode de réalisation avantageux, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que les polymères sous forme de poudre utilisés ont une granulométrie de 0 à 500 μmètres, de préférence de 0 à 400 μmètres quelle que soit l'ionicité des polymères, et préférentiellement de 0 à 300 μmètres pour les polymères non ioniques.

**[0036]** Selon un mode de réalisation avantageux, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que le temps de résidence total du polymère dans les cuves d'hydratation est compris entre 20 et 30 minutes.

**[0037]** L'invention et les avantages qui en découlent ressortiront mieux de l'exemple de réalisation suivant à l'appui des figures annexées.

La figure 1 est une vue schématique latérale des flux dans l'équipement selon un mode de réalisation avantageux

de l'invention.

La figure 2 est une autre vue schématique latérale de l'équipement selon un mode de réalisation avantageux de l'invention.

5 **[0038]** Comme déjà dit, l'espace disponible pour l'équipement objet de l'invention est généralement restreint, il est donc impossible d'installer un silo cylindro-conique. Le silo de stockage (4) illustré par le figure 2 est horizontal, de forme parallépipédique et présente un fond sous forme de dièdre. Dans ce dièdre se trouve une vis de vidange (5) qui alimente une vis de remontée (6) permettant d'alimenter par gravité le PSU en polymère poudre. La vis de remontée peut être éventuellement remplacée par un transport pneumatique.

10 **[0039]** Ce silo est alimenté pneumatiquement par un camion-citerne transportant le polymère avec une vidange par cônes (16) ou à châssis basculant (17). L'alimentation du silo en polymère poudre peut être réalisée avant ou en cours d'opération, selon les volumes nécessaires. Mais l'appareil transporte suffisamment de polymère sous forme de poudre (2 à 3 tonnes par exemple) pour une mise en service immédiate.

**[0040]** Le silo de stockage a un volume supérieur ou égale à  $5 \text{ m}^3$ , préférentiellement supérieur ou égale à  $10 \text{ m}^3$ .

15 **[0041]** La figure 2 représente une remorque permettant l'alimentation d'une opération importante de fracturation.

**[0042]** L'équipement de cet exemple permet d'assurer en moyenne 10 injections successives d'une solution de polymère pour une quantité supérieure à 12 tonnes de polymère, avec un débit de poudre de polymère maximum de 300kg/heure.

20 **[0043]** La limitation de la taille du matériel pour les conditions d'opération aux Etats-Unis d'Amérique est de  $l=2.4\text{m}$ ,  $H=3\text{m}$  hors châssis,  $L=13.4$ .

**[0044]** Le poids maximum hors châssis en cours de transfert est de 22 tonnes maximum. En cours de transfert veut dire qu'à la fin d'une opération de fracturation, les cuves étant pleines et le silo pouvant contenir 2 à 3 tonnes de polymère, la remorque doit se déplacer avec des cuves pleines, sans vidange possible.

**[0045]** Cet ensemble est composé (Fig. 2) de :

- 25
- Un générateur électrique (1) permettant une alimentation autonome du matériel embarqué, de 150 KW avec un réservoir de combustible permettant une opération complète,
  - Une pompe à eau (2) permettant de se soustraire aux très importantes variations de pression des lignes d'alimentation en cours d'opérations. Le débit est de  $30\text{m}^3/\text{h}$  à une pression de 3 bars et un NPSH de 3 mètres.
  - 30 - Un filtre duplex (3) avec des poches de 200 microns pour éliminer les matières en suspensions dans l'eau qui pourraient boucher ou éroder le PSU.
  - Un silo horizontal de  $10\text{m}^3$  (4) parallépipédique avec un fond en dièdre où se trouve une vis de 200 mm (5) permettant de convoier la poudre vers le tube de sortie. Cette vis est protégée par un limiteur de couple.
  - Une vis verticale (6) de 120 mm de diamètre permettant de faire monter la poudre à un débit de 600 kg/heure au-dessus de la trémie du PSU. Cette vis verticale pourra être remplacée par un transport pneumatique.
  - 35 - Une trémie conique (7) (alimentation du PSU) et des détecteurs de niveau haut et bas permettant de mettre en route ou arrêter les deux vis ci-dessus. Au bas de cette trémie se trouve une vis doseuse (8) permettant de doser 100 à 500 kg de poudre à l'heure par variation de vitesse. Le plus souvent le débit sera fixe et de 300 kg/h.
  - Un PSU (9) amélioré par augmentation du diamètre rotor-stator à 210 mm. Ce PSU est alimenté en partie supérieure à  $10\text{m}^3/\text{h}$  de polymère poudre et en partie inférieure à 0 à  $20\text{m}^3/\text{h}$  d'eau. Les débits d'eau et de poudre pourront être ajustés en fonction des conditions recherchées.
  - 40 L'eau et la poudre sont mélangées dans un cône de mouillage (10) qui peut être teflonné pour éviter le collage de la poudre sur le cône en cas de mauvais nivellement sur les terrains bruts utilisés. En effet les opérations de fracturation se font souvent sur des terrains agricoles sommairement nivelés.
  - 45 - La suspension ainsi obtenue est envoyée dans deux cuves en série de  $4.5\text{m}^3$  (11) fortement agitées. La deuxième cuve étant équipée d'une mesure de niveau haut et bas permettant de mettre en route ou d'arrêter le PSU.
  - A la sortie de ces cuves, la solution est dosée par deux pompes volumétriques à vitesse variable en parallèle. Ces deux pompes peuvent avantageusement être des pompes Waukesha à lobe (12) modèle 60, débit  $30\text{m}^3/\text{h}$ . Le débit peut être modifié à partir de la salle de contrôle principale en fonction des pressions d'injection constatées.
  - 50 Deux pompes sont installées comme sécurité mais peuvent être utilisées ensemble en cas de demande instantanée très forte (incident). Dans ce cas, les cuves de stockage servent de tampon.
  - Des utilités sont de plus installées dans cet équipement avec un compresseur d'air (13) de 1Kw utilisé pour le décolmatage pneumatique du filtre à poussière et pour l'ouverture et la fermeture de vannes pneumatiques de manière automatique.
  - 55 - Tout le matériel électrique de commande, protection, instrumentation, sécurité se trouve dans une salle électrique (14) et est commandé par un automate programmable permettant une automatisation totale du matériel avec une commande par la salle de contrôle principale de l'ensemble de fracturation.
  - Un camion citerne vrac basculant (17) permet d'alimenter le silo en polymère poudre (15) en début d'opération ou

## EP 2 660 420 B1

en cours de celle-ci par transport pneumatique sous pression.

- La granulométrie de la poudre est adaptée au temps de dissolution habituel de 20 à 30 minutes. Pour des polymères anioniques à 30 % d'anionicité, la granulométrie choisie sera de 0 à 500 microns.

5 **[0046]** Lors de ces opérations, cet équipement a permis de parvenir à des niveaux de performance jamais atteints jusque-là. Les résultats obtenus sont excellents car l'équipement permet désormais de dissoudre une grande quantité de polymère (supérieure à 12 t) à un débit élevé tout en étant conformes aux contraintes de place et de poids.

**[0047]** Industriellement, on constate que les utilisateurs de polymère poudre pour la fracturation sont moins nombreux que ceux utilisant traditionnellement les émulsions. Néanmoins, le coût de la poudre étant inférieur à celui de l'émulsion, un avantage économique important est constaté même en tenant compte de l'amortissement du matériel.

10 **[0048]** L'homme de l'art pourra substituer des matériels similaires en fonction des nécessités tout en respectant les volumes, les poids et l'alimentation finale de l'opération de récupération de gaz ou de pétrole.

### 15 **Revendications**

1. Equipement perfectionné compact et transportable utilisable pour des opérations de fracturation sur des champs de gaz ou de pétrole, ledit équipement étant **caractérisé en ce qu'il** comprend successivement :

20 - un moyen d'alimentation pneumatique d'un silo en polymère poudre (16), (17),  
- un silo de stockage (4) de polymère sous forme poudre,  
- un moyen d'entraînement (6) du polymère depuis le silo (4), dans une trémie d'alimentation (7),  
- une trémie d'alimentation (7) d'un dispositif de dosage en polymère (8), ladite trémie étant dotée d'un niveau haut et d'un niveau bas,  
25 - un dispositif de dosage du polymère (8) poudre,  
- un dispositif de dispersion et de broyage du polymère, aussi désigné PSU (« Polymer Slicing Unit ») comprenant :

30 • un cône de mouillage (10) du polymère poudre connecté à un circuit d'arrivée d'eau primaire,  
• à l'extrémité inférieure du cône :

• une chambre de broyage et de drainage du polymère dispersé comprenant:

35 - un rotor entraîné par un moteur et muni de couteaux,  
- un stator fixe constitué d'un cylindre muni de fentes fines,

40 • sur toute ou partie de la périphérie de la chambre, une couronne alimentée par un circuit d'eau secondaire, la couronne communiquant avec la chambre de telle sorte à assurer la pulvérisation d'eau sous pression sur l'extérieur du stator permettant ainsi le dégagement du polymère broyé et gonflé à la surface dudit stator,

45 - au moins deux cuves d'hydratation et de dissolution du polymère dispersé (11) provenant du dispositif de dispersion et de broyage,  
- au moins deux pompes volumétriques (12) permettant l'injection et le dosage de la solution de polymère obtenue dans le mélangeur servant à l'alimentation de la pompe haute pression de fracturation.

50 **2.** Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** l'équipement est positionné dans un container ou sur une remorque et a un poids inférieur à 24 tonnes, préférentiellement inférieur à 22 tonnes, en tenant compte des quantités de solutions de polymères contenues dans les cuves, et de la quantité de poudre contenue dans le silo.

**3.** Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le silo de stockage (4) est horizontal, de forme parallépipédique et muni d'un fond en forme de dièdre.

55 **4.** Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** silo de stockage (4) a un volume supérieur ou égale à 5 m<sup>3</sup>, préférentiellement supérieur ou égale à 10 m<sup>3</sup>.

**5.** Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le moyen pneumatique d'alimentation du silo se présente sous la forme soit d'un camion-citerne muni de cônes de vidange du polymère (16), soit d'un camion à châssis

basculant (17).

- 5
6. Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le moyen d'entraînement (6) du polymère dans la trémie d'alimentation du dispositif de dissolution est constitué soit d'une vis inférieure de vidange positionnée au fond du silo, ladite vis étant connectée soit à une vis verticale d'alimentation de la trémie, soit à un transport pneumatique reliant le bas du silo à la trémie d'alimentation.
- 10
7. Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** les cuves de dissolution (11) ont chacune un volume compris entre 4 et 5 m<sup>3</sup>.
- 15
8. Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** les pompes volumétriques (12) sont des pompes à lobe ou des pompes à rotor excentré donnant un débit de 30m<sup>3</sup>/h à 3 bars.
- 20
9. Equipement selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le matériel électrique de commande protection, instrumentation, sécurité est agencé dans une salle électrique (14) et est commandé par un automate programmable permettant une automatisation totale du matériel avec une commande par la salle de contrôle principale de l'ensemble de fracturation.
- 25
10. Procédé de fracturation hydraulique de puits de gaz ou de pétrole par injection d'un fluide comprenant une solution de polymère mettant en oeuvre l'équipement objet de l'une des revendications 1 à 9.
- 30
11. Procédé de fracturation hydraulique selon la revendication 10 **caractérisé en ce que** les polymères sous forme de poudre ont une granulométrie de 0 à 500 μmètres.
- 35
12. Procédé de fracturation hydraulique selon la revendication 10 **caractérisé en ce que** les polymères sous forme de poudre ont une granulométrie de préférence de 0 à 400 μmètres quelle que soit l'ionicité des polymères, et préférentiellement de 0 à 300 μmètres pour les polymères non ioniques.
- 40
13. Procédé de fracturation hydraulique selon la revendication 10 **caractérisé en ce que** le temps de résidence total dans les cuves d'hydratation et de dissolution est compris entre 20 et 30 minutes.

#### Patentansprüche

- 35
1. Kompakte und transportable, perfektionierte Ausrüstung, die sich für Fracking-Vorgänge auf Gas- oder Ölfeldern verwendet lässt, wobei die Ausrüstung **dadurch gekennzeichnet ist, dass** sie in Abfolge umfasst:
- 40
- eine Einrichtung zum pneumatischen Beschicken eines Silos mit Pulverpolymer (16), (17),
  - ein Lagersilo (4) für Polymer in Pulverform,
  - eine Einrichtung (6) zum Befördern des Polymers aus dem Silo (4) in einen Speisetrichter (7),
  - einen Speisetrichter (7) einer Polymerdosierungsvorrichtung (8), wobei der Trichter mit einem Hochstand und einem Tiefstand ausgestattet ist,
  - eine Pulverpolymerdosierungsvorrichtung (8),
  - eine Dispersions- und Zerkleinerungsvorrichtung für das Polymer, auch als PSU ("Polymer Slicing Unit) bezeichnet, umfassend:
- 45
- einen Benetzungstrichter (10) für das Pulverpolymer, der an einen Primärwasserzufuhrkreislauf angeschlossen ist,
  - am unteren Ende des Trichters:
- 50
- eine Zerkleinerungs- und Entwässerungskammer für das dispergierte Polymer, umfassend:
    - einen Rotor, durch einen Motor angetrieben und mit Messern versehen ist,
    - einen feststehenden Stator, der aus einem mit feinen Spalten versehenen Zylinder besteht,
- 55
- über dem gesamten oder einem Teil des Umfangs der Kammer, einen Ring, der über einen Sekundärwasserkreislauf gespeist wird, wobei der Ring mit der Kammer in Verbindung steht, um das Wasseraufsprühen unter Druck auf das Äußere des Stators sicherzustellen, wodurch das Freisetzen des

zerkleinerten und an der Oberfläche des Stators gequollenen Polymers ermöglicht wird,

- mindestens zwei Hdyrierungs- und Auflösungskessel für das dispergierte Polymer (11), das aus der Dispersions- und Zerkleinerungsvorrichtung kommt,
- mindestens zwei Verdrängerpumpen (12), welche die Einspritzung und Dosierung der erhaltenen Polymerlösung in den Mischer ermöglichen, der zur Speisung der Hochdruck-Frackingpumpe dient.

2. Ausrüstung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausrüstung in einem Container oder auf einem Anhänger positioniert ist und ein Gewicht von unter 24 Tonnen, bevorzugt unter 22 Tonnen, unter Einbezug der in den Kesseln enthaltenen Lösungsmengen von Polymeren und der im Silo enthaltenen Pulvermenge hat.

3. Ausrüstung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lagersilo (4) horizontal, von Quaderform und mit einem diderförmigen Boden versehen ist.

4. Ausrüstung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lagersilo (4) einen Rauminhalt von über oder gleich 5 m<sup>3</sup>, vorzugsweise über oder gleich 10 m<sup>3</sup> hat.

5. Ausrüstung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die pneumatische Beschickungseinrichtung für das Silo in Form eines mit Entleerungsstutzen für das Polymer versehenen Tanklastwagens (16) oder eines Kipplasters (17) darstellt.

6. Ausrüstung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (6) zum Befördern des Polymers in den Speisetrichter der Auflösungsvorrichtung entweder aus einer unteren Entleerungsschnecke, die sich auf dem Grund des Silos befindet, wobei die Schnecke entweder an eine vertikalen Speiseschnecke des Trichters angeschlossen ist, oder an eine pneumatische Fördereinheit angeschlossen ist, die das Unterteil des Silos mit dem Speisetrichter verbindet.

7. Ausrüstung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auflösungskessel (11) jeweils einen Rauminhalt haben, der zwischen 4 und 5 m<sup>3</sup> beträgt.

8. Ausrüstung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei den Verdrängerpumpen (12) um Drehkolbenpumpen oder Exzenterrotorpumpen handelt, die einen Durchsatz von 30 m<sup>3</sup>/h mit 3 bar erbringen.

9. Ausrüstung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrischen Betriebsmittel zur Schutzsteuerung, Instrumentierung, Sicherheit in einem Elektroraum (14) untergebracht sind und von einem programmierbaren Automaten gesteuert werden, der eine Gesamtautomatisierung der Betriebsmittel mit einer Steuerung durch die Hauptleitwarte der Fracking-Einheit ermöglicht.

10. Hydraulisches Frackingverfahren für Gas- oder Ölbohrstellen durch Einspritzen eines eine Polymerlösung enthaltenden Fluids unter Einsatz der Ausrüstung, die den Gegenstand eines der Ansprüche 1 bis 9 bildet.

11. Hydraulisches Frackingverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Polymere in Pulverform eine Korngröße von 0 bis 500 µm haben.

12. Hydraulisches Frackingverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Polymere in Pulverform eine Korngröße vorzugsweise von 0 bis 400 µm, ungeachtet der Ionizität der Polymere, und bevorzugt von 0 bis 300 µm bei nicht ionischen Polymeren haben.

13. Hydraulisches Frackingverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamtverweildauer in den Hydrierungs- und Auflösungskesseln zwischen 20 und 30 Minuten beträgt.

## Claims

1. Improved compact and transportable equipment that can be used for fracturing operations on gas or oil fields, said equipment being **characterized in that** it comprises successively:

- a pneumatic means for supplying a silo with powder polymer (16), (17),



## EP 2 660 420 B1

- a silo (4) for storing polymer in powder form,
  - a means (6) for conveying the polymer from the silo (4) into a feed hopper (7),
  - a feed hopper (7) of a polymer metering device (8), said hopper being endowed with a top level and a bottom level,
  - a device for metering (8) out the powder polymer,
  - a device for dispersing and grinding the polymer, also referred to as a PSU (polymer slicing unit) comprising:
    - a cone for wetting (10) the powder polymer connected to a primary water inlet circuit,
    - at the lower end of the cone:
      - a dispersed polymer grinding and drainage chamber comprising:
        - a motor-driven rotor equipped with blades,
        - a fixed stator constituted of a cylinder equipped with thin slots,
        - over all or part of the periphery of the chamber, a ring supplied by a secondary water circuit, the ring communicating with the chamber so as to ensure the spraying of pressurized water over the outside of the stator thus enabling the release of the ground and swollen polymer at the surface of said stator,
  - at least two tanks for hydrating and dissolving the dispersed polymer originating (11) from the dispersing and grinding device,
  - at least two volumetric pumps (12) enabling the injection and metering of the polymer solution obtained in the mixer used for supplying the high-pressure fracturing pump.
- 25 2. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the equipment is positioned in a container or on a trailer and has a weight of less than 24 tonnes, preferably less than 22 tonnes, taking into account the amounts of polymer solutions contained in the tanks, and the amount of powder contained in the silo.
- 30 3. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the storage silo (4) is horizontal, of parallelepipedal shape and is equipped with a dihedron-shaped base.
4. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the storage silo (4) has a volume greater than or equal to 5 m<sup>3</sup>, preferably greater than or equal to 10 m<sup>3</sup>.
- 35 5. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the pneumatic means for supplying the silo is in the form either of a road tanker equipped with cones for discharging the polymer (16), or of a lorry with a tipping chassis (17).
- 40 6. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the means for conveying the polymer (6) into the feed hopper of the dissolution device is constituted of a lower discharge screw positioned at the base of the silo, said screw being connected either to a vertical screw for feeding the hopper, or to a pneumatic conveyor connecting the bottom of the silo to the feed hopper.
- 45 7. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the dissolution tanks (11) each have a volume between 4 and 5 m<sup>3</sup>.
8. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the volumetric pumps (12) are lobe pumps or eccentric rotor pumps giving a flow rate of 30 m<sup>3</sup>/h at 3 bar.
- 50 9. Equipment according to Claim 1, **characterized in that** the protection control, instrumentation and safety electrical equipment is arranged in an electrical room (14) and is controlled by a programmable controller that allows total automation of the equipment with control via the main control room of the whole of the fracturing operation.
- 55 10. Process for the hydraulic fracturing of gas or oil wells by injection of a fluid comprising a polymer solution using the equipment that is the subject of Claims 1 to 9.
11. Process according to Claim 10, **characterized in that** the polymers in powder form have a particle size from 0 to 500 μm.

**EP 2 660 420 B1**

12. Process according to Claim 10, **characterized in that** the polymers in powder form have a particle size preferably from 0 to 400  $\mu\text{m}$  irrespective of the ionicity of the polymers, and preferably from 0 to 300  $\mu\text{m}$  for nonionic polymers.
- 5 13. Process according to Claim 10, **characterized in that** the total residence time in the hydration and dissolution tanks is between 20 and 30 minutes.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

fig 1

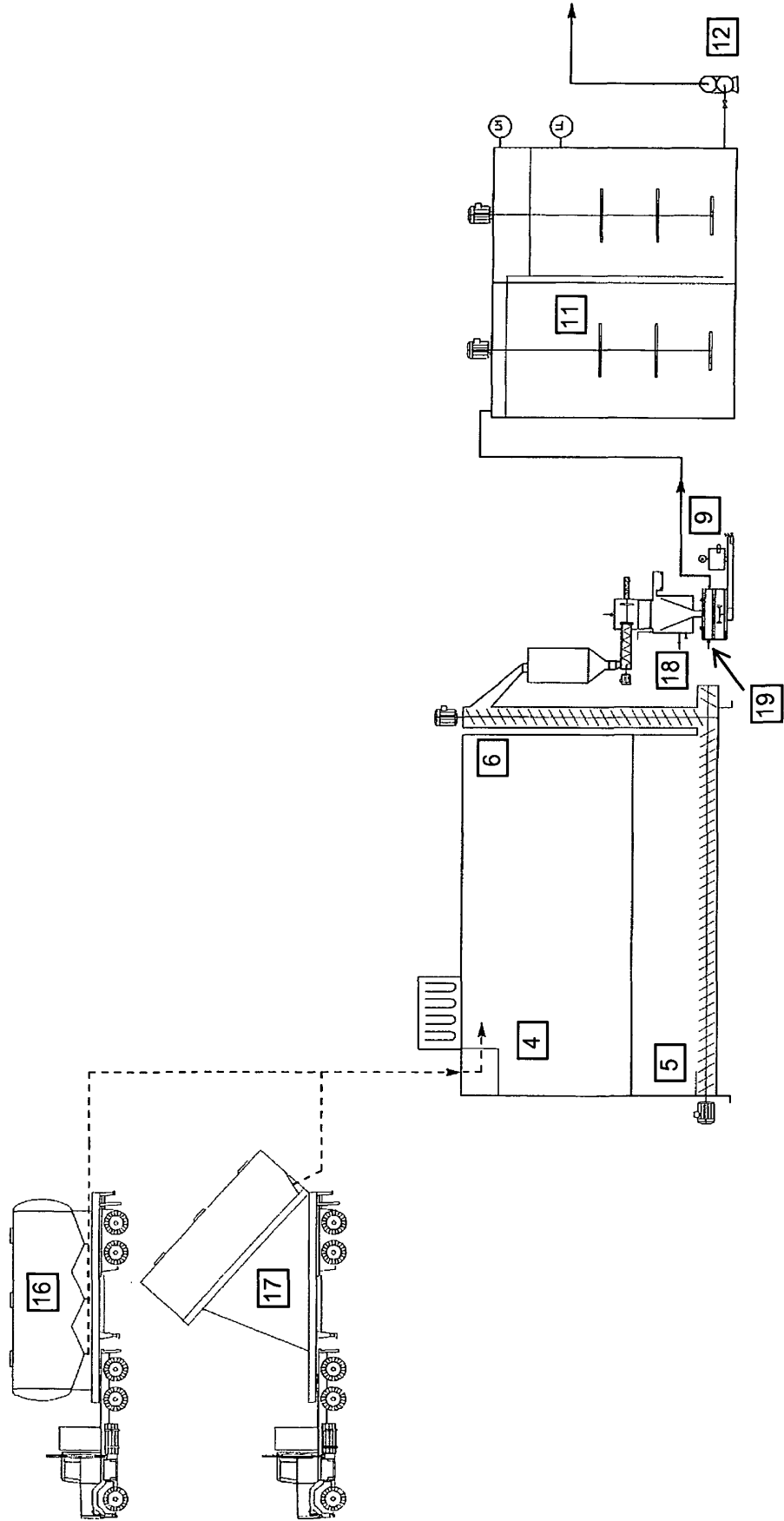
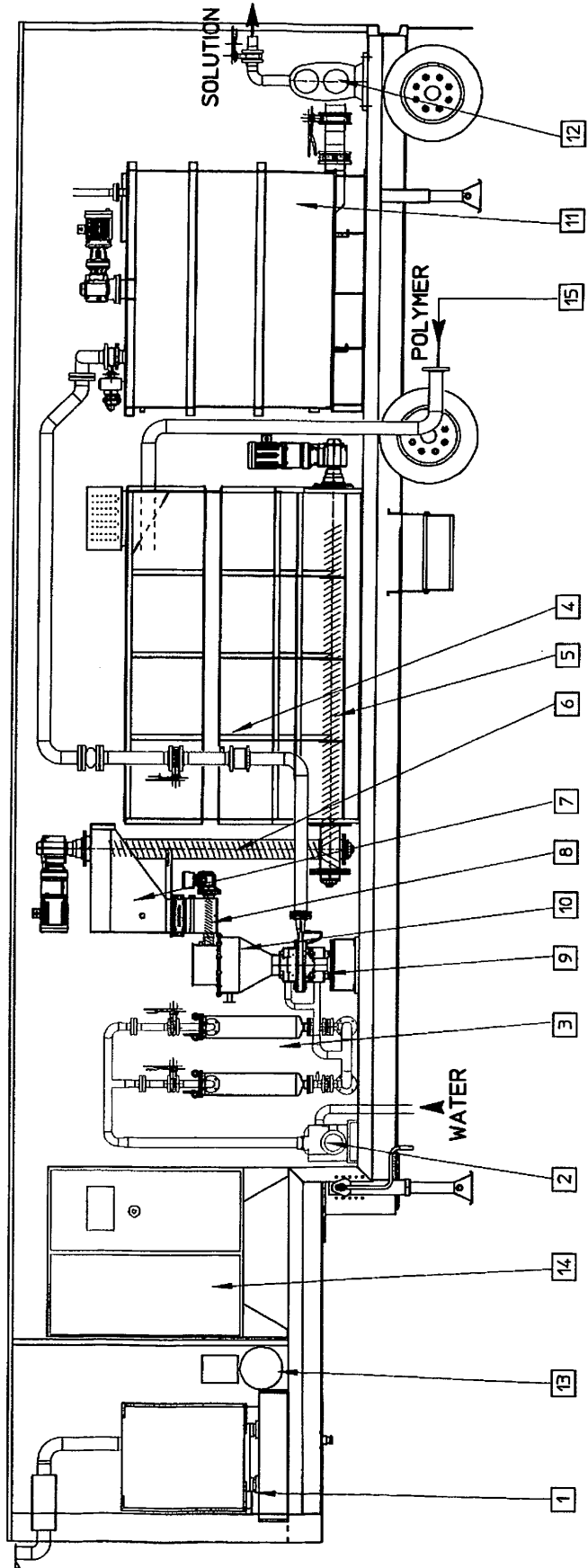


fig 2



**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION**

*Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.*

**Documents brevets cités dans la description**

- WO 2010020698 A [0002] [0007] [0009] [0010]
- WO 2008107492 A [0025]
- WO 2011107683 A1 [0025]