

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 773 880 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

28.10.1998 Bulletin 1998/44

(21) Numéro de dépôt: **95927785.6**

(22) Date de dépôt: **11.08.1995**

(51) Int. Cl.⁶: **B63C 11/18**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR95/01083

(87) Numéro de publication internationale:
WO 96/06771 (07.03.1996 Gazette 1996/11)

(54) **PROCEDE ET INSTALLATION DE PLONGEE SOUS-MARINE EN MELANGE RESPIRATOIRE A L'HYDROGENE**

VERFAHREN UND UNTERWASSERTAUCHVORRICHTUNG MIT HYDROGEN ALS ATMUNGSGAS
UNDERWATER DIVING METHOD AND SYSTEM COMPRISING BREATHING GAS CONTAINING HYDROGEN

(84) Etats contractants désignés:
GB

(30) Priorité: **26.08.1994 FR 9410538**

(43) Date de publication de la demande:
21.05.1997 Bulletin 1997/21

(73) Titulaire:
COMPAGNIE MARITIME D'EXPERTISES - COMEX
F-13009 Marseille (FR)

(72) Inventeurs:
• **DELAUZE, Henri**
F-13007 Marseille (FR)

• **GARDETTE, Bernard**
F-13009 Marseille (FR)
• **GORTAN, Claude**
F-13190 Allauch (FR)

(74) Mandataire:
Somnier, Jean-Louis et al
c/o Cabinet Beau de Loménie,
232, Avenue du Prado
13295 Marseille Cédex 08 (FR)

(56) Documents cités:
AU-B- 499 164 **FR-A- 2 182 230**
US-A- 4 206 753 **US-A- 4 269 791**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 773 880 B1

Description

La présente invention a pour objet des procédés et des installations de plongée sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène.

Le secteur technique de l'invention est le domaine de la plongée sous-marine industrielle pour des interventions à moyenne et grande profondeur.

Une des applications principales de l'invention est la possibilité d'effectuer des plongées à partir d'installations assurant l'immersion et la pressurisation de plongeurs jusqu'à une certaine profondeur au-delà de 50 m, et permettant à ce plongeur d'aller effectuer un travail donné, avec sécurité et efficacité, jusqu'à au moins 650 m, grâce à l'utilisation d'un mélange gazeux ternaire baptisé hydréliox, et contenant au moins de l'hélium, de l'oxygène et de l'hydrogène, puis à ramener ledit plongeur à la pression atmosphérique en surface après une phase de décompression.

On connaît en effet depuis la fin du siècle dernier la possibilité de respirer un mélange gazeux contenant de l'hydrogène, mais des expérimentations sur l'homme n'ont vraiment été réalisées en plongée avec un tel gaz qu'à partir de 1944; depuis, des essais ont continué d'une manière épisodique et non continue, ayant fait l'objet, dans certains cas, de publications. Ceux-ci n'ont été en fait poursuivis jusqu'à ce jour que dans un cadre de recherche des effets physiologiques de l'hydrogène sur l'homme et n'ont pas permis de véritables applications industrielles du fait des nombreux risques encourus, dûs à la fois aux caractéristiques explosives d'un tel mélange, à la difficulté de manipuler celui-ci en cours de plongée et à certaines réactions d'inaccoutumance des plongeurs.

Pourtant l'hydrogène présente un très grand intérêt surtout pour la plongée en moyenne et grande profondeur, car correctement dosé dans le mélange respiratoire il atténue considérablement certains effets indésirables générés par la pression. En particulier, la réduction, voire la disparition du syndrome nerveux des hautes pressions mis en évidence en 1968 par X. FRUCTUS, R. NAQUET et R. BRAUER d'une part, et la diminution de la masse volumique du mélange respiratoire d'autre part (l'hydrogène est deux fois moins dense que l'hélium), évitent que les performances des plongeurs ne se dégradent au fur et à mesure de l'augmentation de la profondeur.

En effet, il est connu d'adapter le type de gaz respiratoire en fonction de la profondeur d'immersion, tel que généralement : de l'air, du mélange nitrox (N_2 , O_2), du mélange trimix (He , N_2 , O_2) et du mélange héliox (He , O_2), mais malgré l'utilisation de tels mélanges synthétiques, les plongeurs subissent les effets de la pression hydrostatique et des gaz non métabolisés (hélium, azote), ainsi que ceux liés à l'augmentation de la masse volumique du gaz respiré sous pression. Ces divers effets génèrent :

- des désordres physiologiques définis par le syndrome des hautes pressions regroupant divers syndromes neurologiques, articulaires, digestifs qui réduisent l'efficacité des plongeurs;
- des efforts respiratoires qui, en augmentant proportionnellement avec la profondeur, du fait de l'augmentation de la masse volumique du mélange respiratoire, d'autant plus élevé que le poids moléculaire de celui-ci est important, réduisent fortement la capacité de travail des plongeurs.

Les expériences évoquées précédemment, telles que décrites dans les publications essentiellement destinées aux professionnels et aux scientifiques, comme celles de l'UHMS (Undersea and Hyperbaric Medical Society) Publication référence n° 69 du 3 janvier 1987 et intitulée "Hydrogen as a diving gas" éditée par Ralph W. BRAUER, et de la compilation de textes sélectionnés par cette "Undersea Medical Society" en 1983, regroupant et intitulée "Key documents of the biomedical aspects of deep sea diving" de 1608 à 1982, et quelques autres, ont permis de déterminer certains critères de limite d'utilisation de mélange de gaz contenant au moins à la fois de l'hydrogène et de l'oxygène, celui-ci étant nécessaire à la respiration des plongeurs : il a été en particulier relevé un risque de narcose au-delà de 2,5 MPa de pression partielle d'hydrogène.

Ainsi, il a été envisagé assez récemment de rajouter de l'hydrogène dans le mélange binaire de base, bien connu et utilisé industriellement depuis de nombreuses années, et qui, appelé héliox, est un mélange d'hélium et d'oxygène : on obtient ainsi un mélange ternaire, évoqué en introduction dans le cadre de la présentation d'une des applications principales de l'invention, appelé hydréliox qui, lors des essais réalisés dans des zones de profondeur accessibles avec des mélanges héliox, a montré qu'il améliore de manière très significative l'efficacité et la capacité de travail des plongeurs et, par voie de conséquence, leur sécurité et la fiabilité des interventions sous-marines humaines. L'hydréliox permet également aux plongeurs d'intervenir efficacement au-delà des limites de la plongée à l'héliox situées, au plan industriel, vers 350/450 mètres. Ainsi sous hydréliox, la profondeur record de moins 701 mètres a été atteinte en 1992 au Centre d'Essais Hyperbares du déposant sous le contrôle de l'équipe du Docteur X. FRUCTUS, certes en simulateur hyperbare.

A partir de ces différentes données expérimentales souvent effectuées à la limite des possibilités du matériel et des capacités humaines des personnes se prêtant à ces expériences, avec donc quelques prises de risques mais contrôlées obligatoirement en permanence par des médecins et des scientifiques connaissant bien le problème, les objectifs et le problème posé et que l'on veut résoudre dans la présente invention, sont de déterminer d'une manière industrielle, répétitive, fiable, en toute sécurité et par des professionnels mais non forcément scientifiques, à la fois les critères

d'utilisation des mélanges hydréliox, les compositions optimum de ceux-ci pour effectuer un travail en toute sécurité et avec une efficacité la meilleure, les procédés de plongée utilisant ces mélanges, les moyens de contrôler et de maîtriser la composition de ceux-ci, en particulier par rapport au taux d'hydrogène et d'oxygène, et les installations permettant de telles plongées.

De tels objectifs sont effectivement atteints par la présente invention, en particulier par un procédé de mise en pression, d'alimentation pour effectuer une plongée d'intervention sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène, et de décompression d'une personne effectuant ladite plongée, selon lequel :

- on pressurise ladite personne jusqu'à une pression P_1 absolue d'au moins 0,45 MPa avec un premier type de mélanges respiratoires ne contenant pas de l'hydrogène;
- on alimente au moins à partir de cette pression P_1 ladite personne avec un deuxième type de mélanges respiratoires à la pression P en fonction de la profondeur de plongée p à laquelle on fait descendre ladite personne, lequel deuxième mélange respiratoire est de type hydréliox contenant de l'hydrogène à une pression partielle minimum de 0,33 MPa, de l'oxygène à moins de 4% en volume, de l'hélium à plus de 0,1 MPa de pression partielle et d'autres gaz tels que l'azote à moins de 0,09 MPa de pression partielle totale ;
- on évite de fournir ce deuxième type de mélanges respiratoires hydrogénés suivant une composition qui situerait la plongée dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions ou de narcose ;
- on maintient l'alimentation du mélange hydréliox ainsi obtenu à la pression P_2 de la profondeur de plongée p_2 de l'intervention souhaitée et on autorise ladite personne à effectuer l'intervention voulue à cette profondeur p_2 ;

Dans le cas où, pour effectuer ladite plongée, on utilise une enceinte remplie de gaz respiratoire maintenu à tout instant à la pression P voulue jusqu'à la profondeur p_2 , soit dans le cas de la plongée mixte tel que défini ci-après pour la reprise de fuites d'hydrogène éventuelles qui se produiraient dans l'enceinte, soit dans le cas de la plongée à saturation à l'hydrogène lors de la phase de décompression pour modifier le taux d'hydrogène dans ladite enceinte, on fait circuler en boucle fermée ledit mélange de gaz contenu dans celle-ci à travers au moins un circuit de traitement dans lequel on le déshydrogène avant de le renvoyer dans l'enceinte; pour cela, on force ledit mélange respiratoire dans ledit circuit de traitement grâce à un circulateur et on fait traverser ainsi le mélange gazeux dans un réacteur à oxydation catalytique avant de renvoyer le mélange de gaz ainsi déshydrogéné dans ladite enceinte.

Si on veut éliminer de grandes quantités d'hydrogène, c'est-à-dire dans le cas essentiellement de la plongée en saturation avec un gaz hydréliox, après avoir fait traverser ledit mélange gazeux dans le réacteur à oxydation catalytique, on condense l'eau, résultant de l'oxydation avec l'hydrogène, dans un condenseur et on récupère celle-ci dans une capacité distincte du circuit de traitement grâce à un séparateur, ce qui permet de renvoyer le mélange de gaz non seulement déshydrogéné mais également déshumidifié dans ladite enceinte.

Dans un mode préférentiel de réalisation, en cas d'alimentation en gaz respiratoire en boucle fermée, soit à partir d'une enceinte soit directement avec le plongeur, pour compenser la consommation d'oxygène métabolique de celui-ci, on rajoute l'oxygène nécessaire dans le mélange respiratoire circulant dans ladite boucle fermée vers le plongeur depuis une réserve extérieure haute pression et à travers un circuit oxygénateur, tel que : par une première vanne de sécurité on remplit une capacité tampon d'un volume donné par l'ouverture d'une vanne de charge amont, puis, quand la pression partielle d'oxygène dans ledit mélange respiratoire qui est alors soit celui de ladite enceinte, soit celui directement respiré par le plongeur, descend en dessous d'un seuil donné, on ferme la vanne de charge et on n'ouvre qu'alors la vanne de décharge aval à travers laquelle l'oxygène s'échappe dans ledit mélange à respirer, soit vers l'enceinte, soit directement dans la boucle fermée d'alimentation du plongeur, par au moins une autre vanne de sécurité.

Dans un mode de plongée particulier, on pressurise et on descend ladite personne dans une enceinte que l'on appelle en ce cas tourelle, jusqu'à atteindre la pression et la profondeur p_2 souhaitées, en utilisant des mélanges de gaz respiratoire ne contenant pas d'hydrogène; on maintient un tel mélange non hydrogéné dans ladite enceinte pendant toute la durée de l'intervention puis de la décompression; on alimente ladite personne en mélange respiratoire de type hydréliox à l'aide d'un circuit distinct de ceux alimentant ladite enceinte dès le moment où la personne doit sortir de ladite enceinte pour effectuer son intervention et jusqu'à son retour dans cette enceinte.

Ce procédé de plongée est appelé de plongée mixte, au cours de laquelle le gaz respiratoire permettant la pressurisation et la dépressurisation n'est pas hydrogéné et peut donc être un gaz connu tel que de l'héliox, et on utilise le gaz hydrogéné hydréliox uniquement pour la durée de l'intervention proprement dite : en ce cas, s'il s'agit de plongées mixtes mais qui ne sont pas dites de saturation et qui sont effectuées de toute façon à plus de 35 mètres de profondeur d'intervention, un mélange respiratoire suivant la présente invention est tel qu'il comprend de l'oxygène à un taux inférieur à 4%, de l'hélium à une pression partielle au moins de 0,1 MPa, de l'hydrogène à la pression partielle d'au moins de 0,33 MPa et d'au plus de 1,8 MPa, et d'autres

gaz éventuels tels l'azote avec une pression partielle totale inférieure à 0,09 MPa.

Dans le cadre de plongées mixtes telles que définies ci-dessus, mais au cours desquelles il y a saturation, au moins à l'hélium, le mélange respiratoire hydrélioxy utilisé répond aux mêmes critères de composition que ceux définis ci-dessus mais de plus, le taux d'hydrogène doit être tel que sa pression partielle soit toujours inférieure à 1,8 MPa pour des durées d'exposition inférieures à environ six heures et de préférence inférieures à 1,2 MPa pour des durées supérieures.

Dans un mode préférentiel d'utilisation pour lequel la profondeur d'intervention est au-delà de 50 mètres, ce qui est un usage plus conforme pour de telles utilisations de l'hydrélioxy puisque cette profondeur est la limite internationale autorisée de plongée à l'air, la pression partielle d'hydrogène utilisée est alors d'au moins 0,38 MPa. Cependant, on peut considérer que l'intérêt de l'utilisation de tels gaz hydrélioxy n'intervient que pour des plongées d'intervention au-delà de 70 mètres, ce qui définit alors une pression partielle d'hydrogène utilisée d'au moins 0,5 MPa.

Dans le cas de plongées qui ne seraient pas suivant un mode opératoire de plongée mixte tel que défini ci-dessus, on pressuriserait ledit plongeur depuis la pression absolue P_1 minimum initiale jusqu'à la profondeur de plongée p_2 de l'intervention souhaitée, en alimentant ladite personne avec le deuxième type de mélange respiratoire de type hydrélioxy dont on augmente la pression P en fonction de la profondeur équivalente de plongée p à laquelle on fait descendre cette personne : ce deuxième type de mélange de type hydrélioxy doit à tout moment respecter dans sa composition les taux et pourcentages de gaz définis précédemment et on y rajoute des quantités suffisantes d'hélium et d'hydrogène, soit simultanément, soit alternativement pour ne pas se situer dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions ou de narcose ; après l'intervention voulue à ladite profondeur p_2 , on décomprime le plongeur en lui faisant respirer le même type de mélange de gaz hydrélioxy qui respecte les proportions de composition précédentes et jusqu'au plus la pression P_1 de 0,45 MPa à partir de laquelle on remplace le mélange hydrélioxy par tout autre type de mélange respiratoire non hydrogéné.

On rappelle en effet, car cela est connu, qu'il existe deux types de procédé de plongée, dont l'un est dit plongée d'intervention, et l'autre plongée en saturation et pour lesquels les procédés de la présente invention peuvent s'appliquer suivant les différents critères exposés précédemment et ci-après.

La plongée d'intervention consiste après chaque immersion, à revenir tout de suite après en surface à la pression atmosphérique : elle peut s'effectuer, soit en scaphandre autonome avec une réserve de gaz haute pression portée par le plongeur, en surface demande pour laquelle le plongeur est relié à la surface par un ombilical qui l'alimente en gaz respiratoire à partir d'une

réserve de gaz haute pression, en tourelle humide dite bulle de plongée équipée de réserve de gaz ou en tourelle hyperbare avec caisson de décompression en surface.

La plongée en saturation consiste elle, à confiner les plongeurs dans un ou des caissons hyperbares, situés en général en surface, à la pression hydrostatique équivalente à la profondeur du chantier ou de l'opération sous-marine : chaque jour, les plongeurs effectuent une intervention sous-marine avec transfert sous pression dans une tourelle ascenseur ; la décompression pour revenir à la pression atmosphérique n'intervient alors qu'à la fin du chantier ou de la période autorisée de vie en saturation. La plongée en saturation impose la mise en oeuvre d'équipement lourd, tel que caisson hyperbare, tourelle, système de régénération, etc... La qualification d'état de saturation peut être attribuée aux types de plongées dépassant une certaine durée d'intervention au-delà de laquelle les phases de décompression sont de toute façon identiques, quelle que soit la durée effective de plongée : ainsi, on peut considérer que, pour obtenir une saturation à l'hydrogène, il faut respirer ce gaz à la pression d'opération au moins pendant 6 heures : une durée de respiration de ce gaz en-dessous de cette période ne sera donc pas considéré comme étant de la saturation à ce gaz. Ainsi, on prend comme limite pratique de saturation les critères de courbes de décompression identiques, même si cela ne correspond pas à ce qu'on peut appeler la saturation physiologique des tissus qui est de considérer qu'il y a autant de gaz non consommé et donc non métabolisé, dissous dans l'organisme que dans celui que l'on respire.

Les résultats des différents procédés, installations permettant de réaliser lesdits procédés tels que décrits ci-après et les types de mélanges respiratoires pour les applications déterminées ci-dessus, sont ainsi nouveaux et apportent la réponse aux problèmes et aux objectifs définis précédemment, tout en répondant aux divers inconvénients que peuvent poser des plongées avec des mélanges à l'hydrogène avec les objectifs de sécurité, de fiabilité et d'efficacité du plongeur à la profondeur d'intervention voulue, sachant que l'on peut considérer que la limite pratique pour de telles plongées industrielles, peut être de 340 à 360 mètres, même si les procédés et installations suivant la présente invention permettent des plongées jusqu'à 650 mètres.

La description et les figures ci-après représentent des exemples de réalisation et d'installation mais n'ont aucun caractère limitatif, sauf en ce qui concerne le schéma des mélanges gazeux et de procédé de plongée qui couvrent l'ensemble du domaine couvert par la présente invention : d'autres réalisations techniques d'installations sont bien sûr possibles dans le cadre de la portée et de l'étendue de cette invention, en particulier suivant le type de plongée utilisée.

La figure 1 est un schéma d'ensemble de principe d'un type d'installation de plongée avec caisson et tou-

relle d'intervention permettant d'appliquer le procédé de la présente invention.

La figure 2 est un ensemble de courbes représentant le type de mélanges utilisables suivant la présente invention et explicitant certaines étapes de procédés de celle-ci.

La figure 3 est un schéma d'un déshydrogénéateur suivant l'invention.

La figure 4 est un schéma d'un oxygénéateur suivant l'invention.

La figure 1 représente un schéma d'ensemble de principe d'un type d'installation de plongée connu à ce jour avec un ensemble d'enceintes 1 de saturation de surface, dits caissons de décompression, et une enceinte 5 sous-marine permettant de descendre les plongeurs jusqu'à la profondeur voulue telle qu'une tourelle de plongée 5 ; cette enceinte pourrait être également ce que l'on appelle une bulle de plongée dans laquelle le plongeur peut s'abriter au moins au niveau de sa tête mais qui ne peut pas être isolée du milieu dans lequel elle se situe contrairement à une tourelle de plongée, telle que représentée sur la figure 1.

En effet, une telle tourelle de plongée 5 comporte une porte inférieure 9 qui permet ainsi au plongeur qui est la personne 8 devant effectuer l'intervention une fois mis à la pression P₂, 18, de plongée voulue de sortir de la tourelle 5, ladite tourelle 5 restant pressurisée et remplie du mélange respiratoire ayant permis ladite mise en pression jusqu'à cette profondeur p₂. Le plongeur est alors alimenté par un ombilical 12 :

- soit avec le même mélange respiratoire que celui remplissant ladite tourelle 5, ce qui permet de rejeter dans celle-ci les gaz expirés ;
- soit dans le cas de la plongée mixte définie précédemment, avec un mélange respiratoire différent de celui existant dans ladite tourelle ou bulle de plongée 5, lequel mélange respiratoire étant alors fourni par des réserves embarquées sur ladite enceinte de plongée 5, ou depuis la surface à travers un ombilical 13 reliant ladite enceinte à la surface : dans ce cas, le gaz expiré par le plongeur est soit rejeté dans le milieu ambiant par un circuit dit ouvert, soit récupéré en circuit fermé grâce à une boucle le reliant à la surface par ledit ombilical 13.

Dans le cas des boucles d'alimentation en circuit fermé et de toutes façons pour toute enceinte confinée, le mélange respiratoire est recyclé par un système de traitement qui comprend alors au moins d'une part des équipements de régénération de gaz connus pour éliminer en particulier le gaz carbonique et d'autre part un oxygénéateur du type de celui représenté sur la figure 4, spécifiquement dans le cadre de l'alimentation d'une enceinte, mais qui peut être utilisé dans le cas d'une boucle fermée pour oxygéner un mélange respiratoire indépendamment de l'enceinte.

Ladite tourelle 5 représentée sur la figure 1 peut

comporter ainsi une boucle de respiration extérieure 7 telle que justement un oxygénéateur représenté sur la figure 4 et à l'intérieur de son enceinte en plus d'équipements connus de régénération, un déshydrogénéateur 6 tel que celui décrit sur la figure 3, surtout dans le cadre de la plongée mixte, pour éliminer toute fuite d'hydrogène qui pourrait se dégager à l'intérieur de l'enceinte 5 afin de maintenir le mélange respiratoire de celle-ci non hydrogéné.

Comme indiqué précédemment, la compression ou la décompression du plongeur 8 jusqu'à et depuis la profondeur 18 peut se faire dans ladite tourelle 5 mais de préférence on effectue au moins la décompression dans un caisson de surface 1, en connectant d'une manière étanche une porte latérale 10 de ladite tourelle 5 ramenée en surface après fermeture de la porte inférieure 9 et maintenue à la pression de la profondeur 18, à une autre porte correspondante 11 dudit caisson.

Celui-ci est associé à un système de régénération 2 de type connu auquel peuvent être reliés un oxygénéateur 3 du type de celui décrit dans la figure 4 et un déshydrogénéateur 4, tel que celui décrit dans la figure 3.

La figure 2 d'une part représente les différentes zones de mélanges respiratoires définies par la présente invention et d'autre part permet d'expliciter le procédé de mise en pression, d'alimentation et de décompression suivant la présente invention : ainsi, les zones 19 et 20 représentées sont celles couvrant l'ensemble des mélanges respiratoires hydrélox suivant l'invention avec en particulier la zone 19 jusqu'à 1,2 MPa de pression partielle d'hydrogène, utilisé de préférence pour des durées supérieures à six heures, et la zone 20 pouvant aller jusqu'à 1,8 MPa pour des durées d'exposition inférieures à celles-ci.

On pressurise en effet le plongeur 8 jusqu'à une pression absolue P₁, 14, d'au moins 0,45 MPa avec un premier type de mélanges respiratoires ne contenant pas de l'hydrogène et on alimente au moins à partir de cette pression P₁, 14, ledit plongeur 8 avec un deuxième type de mélanges respiratoires à la pression P fonction de la profondeur de plongée p à laquelle on le fait descendre ; lequel deuxième mélange respiratoire est de type hydrélox contenant de l'hydrogène à une pression partielle minimum de 0,33 Mpa, de l'oxygène à moins de 4% en volume, de l'hélium à plus de 0,1 Mpa de pression partielle et d'autres gaz tels que l'azote à moins de 0,09 Mpa de pression partielle totale. On évite en alimentation finale et/ou pendant la phase de compression lors du rajout successif des gaz composant le mélange, de fournir le deuxième type de mélanges respiratoires hydrogénés suivant une composition qui situerait la plongée dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions 16 ou de narcose 17.

On maintient ensuite le mélange hydrélox final ainsi obtenu à la pression P₂ 18 de la profondeur de plongée p₂ de l'intervention souhaitée et on autorise ladite personne ou ledit plongeur à effectuer l'interven-

tion voulue à cette profondeur p_2 en l'alimentant avec ce mélange.

Dans le cadre d'une plongée mixte, la pression $P_{1,14}$, est confondue avec la pression $P_{2,18}$, à partir de laquelle pour l'intervention proprement dite, on alimente ledit plongeur avec le mélange hydrélio suivant l'invention : dans le cas d'une plongée non mixte, on alimente ledit plongeur en mélange hydrélio à partir d'une pression $P_{1,14}$, inférieure à la pression de plongée 18 et on augmente alors la pression P du mélange respiratoire jusqu'à cette profondeur équivalente d'intervention 18 avec des mélanges hydrélio respectant les taux et pourcentages de gaz de la présente invention.

La courbe représentée 21 en bas de la figure 2 en dessous des zones 19,20, de mélanges hydrélio suivant l'invention est celle des mélanges binaires connus d'oxygène et d'hydrogène. L'axe des abscisses de l'ensemble de ces courbes représente les pressions partielles d'hydrogène en Mégapascal, et l'axe des ordonnées représente à gauche de la figure la masse volumique du mélange respiratoire obtenu en grammes par décimètre cube et à droite l'équivalent en mètres d'eau des mélanges d'air ayant les mêmes masses volumiques que celles représentées sur l'échelle de gauche : on remarque ainsi qu'à 600 mètres de plongée en mélange hydrélio comportant 1,8 MPa de pression partielle d'hydrogène suivant la présente invention, à la limite de la zone 20 définie précédemment, le plongeur respire en fait un gaz ayant une masse volumique équivalente à une plongée à l'air à 70 mètres.

Les courbes 15 sur la Figure 2 représentent pour des mêmes profondeurs données, de 60 mètres en 60 mètres, à titre d'exemple, la variation de la masse volumique de mélange respiratoire suivant l'invention, en fonction de la pression partielle d'hydrogène qu'il contient et figurant en abscisses : ces courbes sont bien sûr décroissantes et linéaires à température constante.

Les figures 3 et 4 suivantes représentent des schémas de dispositifs suivant l'invention permettant d'une part de pouvoir réaliser les procédés tels que définis précédemment et d'autre part de maintenir les mélanges respiratoires suivant l'invention dans les limites de composition indiquées ci-dessus.

En effet, sur la figure 3 est représenté un déshydrogénateur qui permet, soit de modifier à la demande le taux d'hydrogène dans le caisson de saturation 1 en surface lors de la phase de décompression par exemple, soit d'éliminer toute fuite d'hydrogène dans le cas de la plongée mixte à l'intérieur d'une enceinte ou tourelle de plongée 5 : ce déshydrogénateur peut fonctionner seul ou associé à un régénérateur de gaz pour l'élimination du gaz carbonique par exemple. Ladite enceinte 1,5, est reliée audit déshydrogénateur respectivement 4,6 qui comporte au moins un circulateur qui peut être, soit un circulateur à débit variable 28, soit un circulateur de type système VENTURI 27, soit une combinaison des deux types. Le circuit de déshydrogénation comporte également au moins un réacteur 22 à

oxydation catalytique contenant du catalyseur qui peut être à base de platine ou de palladium : le débit de gaz traversant ce réacteur est contrôlé par une vanne automatique 29 pilotée par un régulateur électronique 30, afin de maintenir un débit optimum pour l'efficacité dudit réacteur. Sa température de fonctionnement est également contrôlée par ce dit régulateur électronique 30 et sert de paramètre décisionnel pour la mise en sécurité automatique éventuelle du déshydrogénateur en cas de dépassement de la température limite : on ferme alors les vannes de sécurité 31 isolant l'ensemble du circuit de l'enceinte 1,5, on injecte de l'hélium par une vanne 43 dans ledit réacteur 22 et on purge ledit hélium par la vanne 44.

Les caractéristiques d'un déshydrogénateur peuvent permettre d'oxyder 20 Nm3 d'hydrogène sous une pression de service pouvant atteindre 8 MPa avec une température de réaction de 500°C. Un tel déshydrogénateur peut être ainsi installé dans une tourelle de plongée 5 pour éliminer toute fuite d'hydrogène éventuelle en provenance d'un circuit fermé d'alimentation du plongeur en hydrélio pour une plongée mixte ; mais si on veut éliminer de grandes capacités d'hydrogène comme dans le cas d'une enceinte 1,5 remplie complètement du gaz respiratoire pouvant contenir de l'hydrogène, lors de la phase en particulier de décompression, il faut pouvoir éliminer l'eau produite par ledit réacteur 22 : pour cela, le circuit du déshydrogénateur comprend alors un condensateur 23 à la sortie dudit réacteur 22, relié à un groupe froid 24 ainsi qu'à un séparateur 25 d'eau et de gaz à la sortie dudit condensateur 23 qui permet de séparer l'eau de la phase gazeuse ; cette eau est récupérée dans une capacité 26 et est alors évacuée par contrôle automatique du niveau grâce à une vanne de purge 32. Ledit régulateur électronique 30 assure le contrôle de l'ensemble desdites vannes 29, 31, 32, 43 et 44 ainsi que des circulateurs 27, 28, du réacteur 22, du condensateur 23 et du groupe froid 24, et dudit séparateur 25.

La réoxygénation du mélange respiratoire soit dans une des deux enceintes, de surface 1 ou de plongée 5, ou également dans le cas d'une boucle fermée telle qu'indiquée précédemment pour compenser la consommation métabolique d'oxygène des plongeurs 8, est assurée suivant l'invention par un oxygénateur dont le schéma est représenté sur la figure 4 : ladite boucle fermée ou ladite enceinte 1,5 est alors reliée à un oxygénateur 3 qui comporte au moins une capacité tampon 33 remplie d'oxygène munie d'un côté d'une vanne de charge 42 et de l'autre d'une vanne de décharge 34, ainsi que des vannes de sécurité 35 ; lesquelles vannes de charge et de décharge sont pilotées par un régulateur 37 relié à un capteur 38 de mesure du taux d'oxygène dans l'enceinte 1,5, ou dans la boucle fermée alimentant ledit plongeur 8, et qui ouvre la vanne 34 quand ledit taux tombe en dessous d'un seuil donné et uniquement quand la vanne 42 est fermée ; réciproquement, ladite vanne 42 ne peut être ouverte que quand la

vanne 34 automatique de décharge est fermée.

Le temps d'ouverture de ladite vanne 34 de décharge est fonction de l'écart entre le point de consigne fixé sur le régulateur 37 et la valeur d'oxygène lue par les capteur 38 et analyseur régulateur 37 avec un temps maximum d'ouverture inférieur à la moitié du temps compris entre deux mesures d'oxygène : ainsi, seule une quantité voulue d'oxygène sort 39 de l'oxygénateur via la vanne automatique de sécurité 35, soit vers l'enceinte, soit dans la boucle fermée et sans qu'il y ait donc de risque d'accumulation d'un taux d'oxygène trop élevé au même endroit dans un temps trop court. L'arrivée d'oxygène 36 est assurée par des bouteilles de stockage situées à l'extérieur de ladite enceinte 1,5, par exemple.

De plus, pour des raisons de sécurité et de garantie de fonctionnement du circuit d'alimentation en oxygène ladite capacité tampon 33 peut être doublée avec un circuit parallèle 40, au cas où l'une des vannes automatiques de charge et de décharge 34,42 viendrait à faillir.

Au cas où le taux d'oxygène atteindrait 4% dans la zone d'injection, les vannes de sécurité 35 se ferment automatiquement et une vanne 45 de décharge s'ouvre pour évacuer et détendre, à l'extérieur de l'enceinte ou de la boucle fermée, la zone amont à la vanne de sécurité de décharge 35 ; en cas d'arrêt de fonctionnement et pour des raisons de sécurité, ces vannes ne peuvent être alors réarmées que manuellement de même que le basculement de l'un à l'autre des circuits parallèles 33 et 40.

Revendications

1. Procédé de mise en pression, d'alimentation pour effectuer une plongée d'intervention sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène, et de décompression d'une personne (8) effectuant ladite plongée, caractérisé en ce que :
 - on pressurise ladite personne jusqu'à une pression absolue P_1 (14) d'au moins 0,45 MPa avec un premier type de mélanges respiratoires ne contenant pas de l'hydrogène;
 - on alimente au moins à partir de cette pression P_1 (14) ladite personne (8) avec un deuxième type de mélanges respiratoires à la pression P en fonction de la profondeur de plongée p à laquelle on fait descendre ladite personne, lequel deuxième mélange respiratoire est de type hydrélioxy contenant de l'hydrogène à une pression partielle minimum de 0,33 Mpa, de l'oxygène à moins de 4% en volume, de l'hélium à plus de 0,1 Mpa de pression partielle et d'autres gaz tels que l'azote à moins de 0,09 Mpa de pression partielle totale ;
 - on évite de fournir ce deuxième type de mélanges respiratoires hydrogénés suivant une composition qui situerait la plongée dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions (16) ou de narcose (17) ;
- on maintient l'alimentation du mélange hydrélioxy ainsi obtenu à la pression P_2 (18) de la profondeur de plongée p_2 de l'intervention souhaitée et on autorise ladite personne à effectuer l'intervention voulue à cette profondeur p_2 .
2. Procédé selon la revendication 1, utilisant au moins une enceinte (1,5) remplie d'un mélange de gaz respiratoire maintenu à tout instant à la pression P voulue, jusqu'à la profondeur d'intervention p_2 (18), caractérisé en ce qu'on fait circuler en boucle fermée ledit mélange de gaz contenu dans cette enceinte à travers au moins un circuit de traitement (4, 6) dans lequel on le déshydrogène avant de le renvoyer dans l'enceinte (1, 5).
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on déshydrogène ledit mélange respiratoire à travers le circuit de traitement (4, 6) en forçant la circulation du gaz grâce à un circulateur (27, 28) et on fait traverser ainsi le mélange gazeux dans un réacteur (22) à oxydation catalytique avant de renvoyer le mélange de gaz ainsi déshydrogéné dans ladite enceinte (1, 5).
4. Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'après avoir fait traverser le mélange gazeux dans ledit réacteur (22), on condense l'eau résultant de l'oxydation avec l'hydrogène dans un condenseur (23) et on récupère celle-ci dans une capacité (26) distincte du circuit de traitement (4, 6) grâce à un séparateur (25) avant de renvoyer le mélange de gaz ainsi déshydrogéné (et déshumidifié) dans ladite enceinte (1, 5).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que :
 - on pressurise et on descend ladite personne (8) dans une enceinte (5) jusqu'à atteindre la pression et la profondeur p_2 (18) d'intervention souhaitées en utilisant des mélanges de gaz respiratoire ne contenant pas d'hydrogène;
 - on maintient un tel mélange non hydrogéné dans ladite enceinte (5) pendant toute la durée de l'intervention puis de la décompression;
 - on alimente ladite personne (8) en mélange respiratoire de type hydrélioxy à l'aide d'un circuit (12) distinct de ceux alimentant ladite enceinte (5) dès le moment où la personne doit sortir de ladite enceinte (5) pour effectuer son intervention et jusqu'à son retour dans cette enceinte.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications

1 à 4, caractérisé en ce que, pour pressuriser ladite personne depuis la pression absolue P_1 (14) jusqu'à la pression P_2 d'intervention (18) :

- on augmente la pression P dudit mélange respiratoire hydrélox en fonction de la profondeur équivalente de plongée p en respectant les taux et pourcentages de gaz définis dans la revendication 1 et en rajoutant des quantités suffisantes d'hélium et d'hydrogène, soit simultanément, soit alternativement pour ne pas se situer dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions (16) ou de narcose (17) ;
- après l'intervention voulue à ladite profondeur p_2 , on décomprime cette personne (8) en lui faisant respirer un même type de mélanges de gaz hydrélox qui respecte les proportions de composition précédentes et jusqu'au plus la pression P_1 (14) de 0,45 MPa à partir de laquelle on remplace le mélange hydrélox par tout autre type de mélange respiratoire non hydrogéné.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'on rajoute de l'oxygène dans ledit mélange respiratoire depuis une réserve extérieure (36) à haute pression à travers un circuit oxygénateur (3), tel que, par une première vanne de sécurité (35) on remplit une capacité (33) tampon d'un volume donné par l'ouverture d'une vanne de charge (42) amont, puis, quand la pression partielle d'oxygène dans ledit mélange respiratoire descend en dessous d'un seuil donné, on ferme la vanne de charge (42) et on n'ouvre qu'alors la vanne de décharge aval (34) à travers laquelle l'oxygène s'échappe (39) dans ledit mélange à respirer par au moins une autre vanne de sécurité (35).

8. Installation de mise en pression, d'alimentation pour effectuer une plongée d'intervention sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène, et de décompression d'une personne (8) effectuant ladite plongée, comprenant au moins une enceinte (1,5) remplie d'un mélange de gaz respiratoire pouvant contenir de l'hydrogène, caractérisée en ce que ladite enceinte (1,5) est reliée à un déshydrogénateur (4,6) qui comporte au moins un circulateur (27, 28) dudit mélange de gaz, un réacteur (22) à oxydation catalytique, un condensateur (23) relié à un groupe froid (24), un séparateur (25) d'eau et du gaz, une vanne de régulation (29), diverses vannes de sécurité (31) et un régulateur électronique (30) de contrôle de l'ensemble desdites vannes, du circulateur, du réacteur, du condensateur et du séparateur.

9. Installation de mise en pression, d'alimentation pour effectuer une plongée d'intervention sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène, et de décompression d'une personne (8) effectuant ladite plongée, comprenant au moins une enceinte (1, 5) remplie d'un mélange de gaz respiratoire pouvant contenir de l'hydrogène, caractérisée en ce que ladite enceinte (1, 5) est reliée à un oxygénateur (3) qui comporte au moins une capacité tampon (33) remplie d'oxygène munie d'un côté d'une vanne de charge (42) et de l'autre d'une vanne de décharge (34), ainsi que des vannes de sécurité (35), lesquelles vannes de charge et de décharge étant pilotées par un régulateur (37) relié à un capteur (38) de mesure du taux d'oxygène dans l'enceinte et qui ouvre la vanne (34) quand ledit taux tombe en dessous d'un seuil donné et uniquement quand la vanne (42) est fermée.

10. Mélange respiratoire comportant au moins de l'hélium et de l'oxygène pour des plongées sous-marines dites mixtes et à plus de 35 m de profondeur, caractérisé en ce qu'il comprend de l'oxygène à un taux inférieur à 4%, de l'hélium à une pression partielle d'au moins 0,1 MPa, de l'hydrogène à une pression partielle d'au moins de 0,33 MPa et au plus de 1,8 MPa, et d'autres gaz éventuels à une pression partielle totale inférieure à 0,09 MPa.

11. Mélange respiratoire selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'on utilise un tel mélange à des profondeurs de plongée au-delà de 50 m avec de l'hydrogène à une pression partielle de 0,38 MPa au moins.

Claims

1. Process of pressurization, of supply for effecting a dive for underwater intervention with a breathing mixture with hydrogen, and of decompression of a person (8) making said dive, characterized in that:

- said person is pressurized to an absolute pressure P_1 (14) of at least 0.45 MPa with a first type of breathing mixtures not containing hydrogen;
- said person (8) is supplied at least from this pressure P_1 (14) with a second type of breathing mixtures at pressure P as a function of the depth of dive p to which said person is lowered, which second breathing mixture is of hydrélox type containing hydrogen at a minimum partial pressure of 0.33 MPa, oxygen at less than 4% by volume, helium with a partial pressure of more than 0.1 MPa and other gases such as nitrogen with a total partial pressure of less than 0.09 MPa;
- it is avoided to supply this second type of

hydrogenated breathing mixtures in accordance with a composition which would locate the dive in one of the zones of the high pressure nervous syndrome (16) or of narcosis (17);

- the supply of the hydreliox mixture thus obtained is maintained at the pressure P_2 (18) of the depth of dive p_2 of the desired intervention and said person is authorized to make the desired intervention at this depth p_2 .

2. Process according to Claim 1, using at least one enclosure (1, 5) filled with a mixture of breathing gas maintained at all times at the desired pressure P, down to the depth of intervention p_2 (18), characterized in that said mixture of gas contained in this enclosure is made to circulate in a closed loop through at least one treatment circuit (4, 6) in which it is dehydrogenated before being returned into enclosure (1, 5).

3. Process according to Claim 2, characterized in that said breathing mixture is dehydrogenated through the treatment circuit (4, 6), by forcing the circulation of the gas thanks to a circulator (27, 28) and the gaseous mixture is thus made to pass in a catalytic oxidation reactor (22) before the mixture of gas thus dehydrogenated is returned in said enclosure (1, 5).

4. Process according to Claim 3, characterized in that, after having caused the gaseous mixture to pass in said reactor (22), the water resulting from oxidation with the hydrogen is condensed in a condenser (23) and is recovered in a volume (26) distinct from the treatment circuit (4, 6) thanks to a separator (25) before returning the mixture of gas thus dehydrogenated (and dehumidified) in said enclosure (1, 5).

5. Process according to any one of Claims 2 to 4, characterized in that:

- said person (8) is pressurized and lowered in an enclosure (5) until the desired pressure and depth p_2 (18) of intervention are attained, using mixtures of breathing gas not containing hydrogen;
- such a non-hydrogenated mixture is maintained in said enclosure (5) for the whole duration of the intervention then of decompression;
- said person (8) is supplied with breathing mixture of hydreliox type with the aid of a circuit (12) distinct from those supplying said enclosure (5) from the moment when the person must leave said enclosure (5) to make his intervention, up to his return in this enclosure.

6. Process according to any one of Claims 1 to 4, characterized in that, in order to pressurize said person from absolute pressure P_1 (14) up to pres-

sure P_2 for intervention (18):

- the pressure P of said hydreliox breathing mixture is increased as a function of the equivalent depth of dive p, respecting the rates and percentages of gas defined in Claim 1 and adding sufficient quantities of helium and hydrogen, either simultaneously or alternately in order not to be situated in one of the zones of the high pressure nervous syndrome (16) or of narcosis (17);
- after the desired intervention at said depth p_2 , this person (8) is decompressed by causing him to breathe the same type of mixtures of gases (hydreliox) which respects the previous proportions of composition and up to at the most pressure P_1 (14) of 0.45 MPa from which the hydreliox mixture is replaced by any other type of non-hydrogenated breathing mixture.

7. Process according to any one of Claims 1 to 6, characterized in that oxygen is added in said breathing mixture from an outside high-pressure reserve (36) through an oxygenator circuit (3), such that, by a first safety valve (35), a buffer volume (33) is filled with a given volume by opening an upstream charging valve (42) then, when the partial pressure of oxygen in said breathing mixture descends below a given threshold, the charging valve (42) is closed and only then is the downstream discharge valve (34) opened through which the oxygen escapes (39) in said mixture to be breathed via at least one other safety valve (35).

8. Installation for pressurizing, supplying with a view to effecting a dive for underwater intervention with a breathing mixture including hydrogen, and for decompressing a person (8) making said dive, comprising at least one enclosure (1, 5) filled with a mixture of breathing gas which may contain hydrogen, characterized in that said enclosure (1, 5) is connected to a dehydrogenator (4, 6) which comprises at least one circulator (27, 28) for said mixture of gas, a catalytic oxidation reactor (22), a condenser (23) connected to a cold unit (24), a water and gas separator (25), a regulation valve (29), various safety valves (31) and an electronic regulator (30) for monitoring all of said valves, circulator, reactor, condenser and separator.

9. Installation for pressurizing, supplying with a view to effecting a dive for underwater intervention with a breathing mixture including hydrogen, and for decompressing a person (8) making said dive, comprising at least one enclosure (1, 5) filled with a mixture of breathing gas which may contain hydrogen, characterized in that said enclosure (1, 5) is connected to an oxygenator (3) which comprises at

least one buffer volume (33) filled with oxygen provided on one side with a charging valve (42) and on the other with a discharge valve (34), as well as safety valves (35), said charging and discharge valves being piloted by a regulator (37) connected to a sensor (38) for measuring the proportion of oxygen in the enclosure and which opens valve (34) when said proportion falls below a given threshold and solely when the valve (42) is closed.

10. Breathing mixture comprising at least helium and oxygen for so-called mixed underwater dives and at more than 35 m depth, characterized in that it comprises oxygen at a rate lower than 4%, helium with a partial pressure of at least 0.1 MPa, hydrogen with a partial pressure of at least 0.33 MPa and at the most 1.8 MPa, and other possible gases with a total partial pressure less than 0.09 MPa.

11. Breathing mixture according to Claim 10, characterized in that such a mixture is used at diving depths beyond 50 m with hydrogen with a partial pressure of at least 0.38 MPa.

Patentansprüche

1. Verfahren, um eine Person, die mit einem wasserstoffhaltigen Atemluftgemisch einen Tauchgang zur Ausführung eines Unterwassereingriffs durchführt, unter Druck zu setzen, zu versorgen und zu dekomprimieren, damit sie diesen Tauchgang durchführen kann, dadurch gekennzeichnet, daß

- für die Person bis zu einem absoluten Druck P_1 (14) von mindestens 0,45 MPa mit einem ersten Typ von Atemluftgemischen, die keinen Wasserstoff enthalten, normale Druckverhältnisse aufrechterhalten werden;
- die Person (8) mindestens ab diesem Druck P_1 (14) mit einem zweiten Typ von Atemluftgemischen bei dem Druck P in Abhängigkeit von der Tauchtiefe p , auf die die Person absteigt, versorgt wird, wobei das zweite Atemluftgemisch von Hydrellox-Typ ist, das Wasserstoff mit einem Partialdruck von mindestens 0,33 MPa, Sauerstoff von weniger als 4 Vol.-%, Helium von mehr als 0,1 MPa Partialdruck und weitere Gase, wie beispielsweise Stickstoff, von weniger als 0,09 MPa des gesamten Partialdrucks enthält;
- die Bereitstellung dieses zweiten Typs von wasserstoffhaltigen Atemluftgemischen in einer Zusammensetzung vermieden wird, die den Tauchgang in einen der Bereiche des durch hohe Drücke ausgelösten Nervensyndroms (16) oder der Narkose (17) bringen würde;

- die Versorgung mit dem Hydrellox-Gemisch, das bei dem Druck P_2 (18) der Tauchtiefe p_2 des gewünschten Eingriffs hergestellt wurde, aufrechterhalten wird, und die Person den gewünschten Eingriff bei dieser Tiefe p_2 durchführen kann.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei mindestens eine Kammer (1, 5) verwendet wird, die mit einem Gemisch von Atemluftgasen gefüllt ist und bis zur Tiefe des Eingriffs p_2 (18) in jedem Moment auf dem gewünschten Druck P gehalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß das in der Kammer enthaltene Gasgemisch in einem geschlossenen Kreis über mindestens einen Behandlungskreislauf (4, 6) umlaufen gelassen wird, in welchem der Wasserstoff entzogen wird, bevor das Gasgemisch in die Kammer (1, 5) zurückgeleitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Atemluftgemisch über den Behandlungskreislauf (4, 6) der Wasserstoff entzogen wird, indem der Umlauf des Gases über eine Zirkuliertvorrichtung (27, 28) bewirkt wird und das Gasgemisch in einen Reaktor (22) zur katalytischen Oxidation geleitet wird, bevor das Gasgemisch, dem so der Wasserstoff entzogen wurde, in die Kammer (1, 5) zurückgeleitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das aus der Oxidation des Wasserstoffs resultierende Wasser in einer Kondensationsvorrichtung (23) kondensiert wird, nachdem das Gasgemisch in den Reaktor (22) geleitet wurde, und das Wasser über einen Abscheider (25) in einem vom Behandlungskreislauf (4, 6) getrennten Raum (26) gesammelt wird, bevor das Gasgemisch, dem so der Wasserstoff (und die Feuchtigkeit) entzogen wurde, in die Kammer (1, 5) zurückgeleitet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß:

- die Person (8) in einer Kammer (5) bis zum Erreichen des gewünschten Drucks und der gewünschten Tiefe p_2 (18) des Eingriffs unter normale Druckverhältnisse gesetzt wird und absteigen gelassen wird, wobei Gemische von Atemluftgasen verwendet werden, die keinen Wasserstoff enthalten;
- dieses nicht wasserstoffhaltige Gemisch in der Kammer (5) während der gesamten Dauer des Eingriffs und der anschließenden Dekompression beibehalten wird;
- die Person (8) mit einem Atemluftgemisch vom Hydrellox-Typ über einen Kreislauf (12), der von den Kreisläufen, die die Kammer (5) ver-

sorgen, verschieden ist, von dem Moment an, bei dem die Person die Kammer (5) zur Durchführung des Eingriffs verlassen muß, bis zu ihrer Rückkehr in die Kammer versorgt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß:

- der Druck P des Hydrellox-Atemluftgemisches in Abhängigkeit von der Tauchtiefe p erhöht wird, wobei die in Anspruch 1 definierten Anteile und Prozentzahlen der Gase beachtet werden und ausreichende Mengen Helium und Wasserstoff entweder gleichzeitig oder abwechselnd so zugefügt werden, daß man sich nicht in einem der Bereiche des durch hohe Drücke verursachten Nervensyndroms (16) oder der Narkose (17) befindet,
- nach dem gewünschten Eingriff bei der Tauchtiefe p_2 die Person (8) dekomprimiert wird, indem sie den gleichen Typ von Hydrellox-Gasgemischen atmen gelassen wird, der die vorherigen Anteile der Zusammensetzung einhält, jedoch höchstens bis zum Druck P_1 (14) von 0,45 MPa, ab dem das Hydrellox-Gemisch durch beliebige andere Typen nicht wasserstoffhaltiger Atemluftgemische ersetzt wird, um für die Person vom absoluten Druck P_1 (14) bis zum Druck P_2 des Eingriffs (18) normale Druckverhältnisse aufrecht zu erhalten.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Sauerstoff dem Atemluftgemisch aus einem externen Hochdruck-Vorratsbehälter (36) über einen Sauerstoffzufuhrkreislauf (3) in einer Weise zugeführt wird, daß über ein erstes Sicherheitsventil (35) ein Pufferraum (33) eines gegebenen Volumens durch Öffnen eines Einlaßventils (42) stromaufwärts gefüllt wird, dann, wenn der Sauerstoffpartialdruck in dem Atemluftgemisch unter einen gegebenen Schwellenwert fällt, das Einlaßventil (42) geschlossen wird und erst jetzt das Abblaßventil (34) stromab geöffnet wird, über das der Sauerstoff (39) über mindestens ein weiteres Sicherheitsventil (35) in das zu atmende Gemisch strömt.

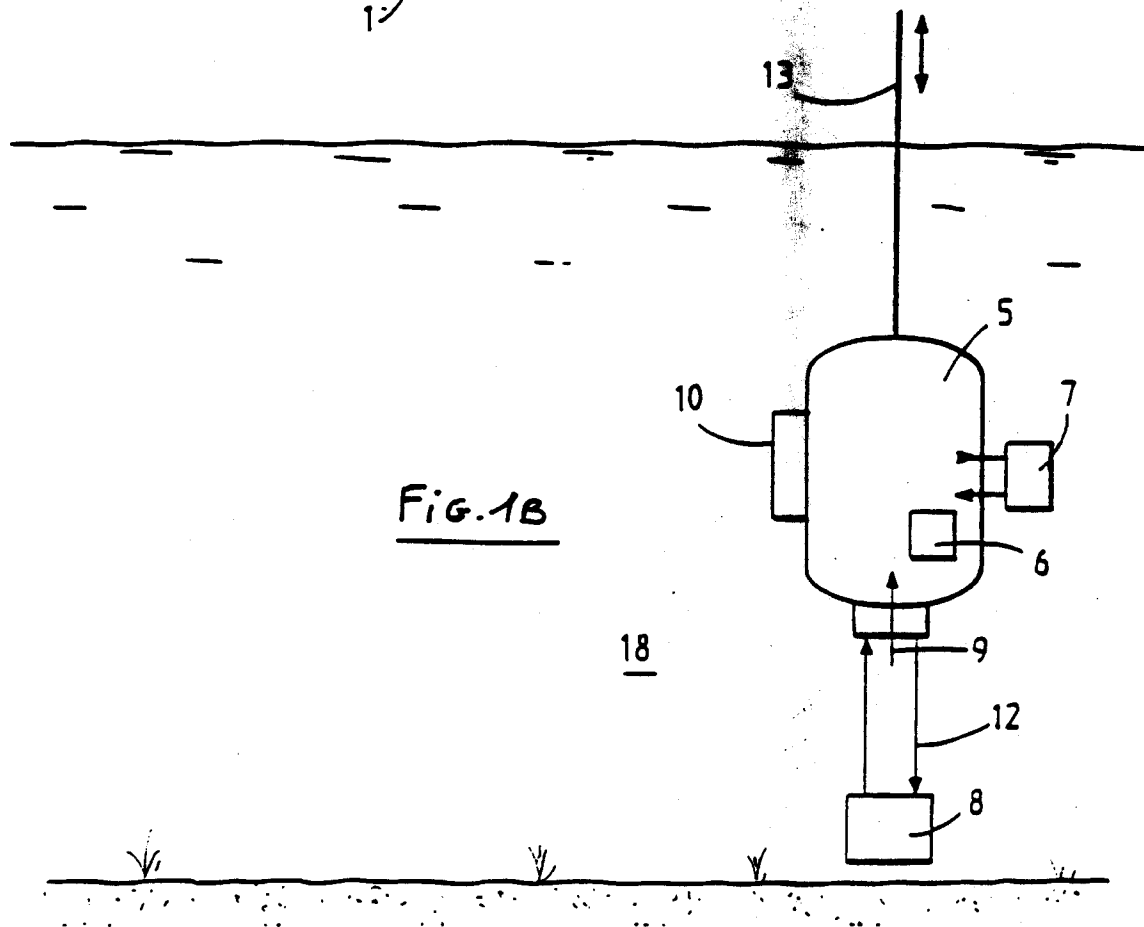
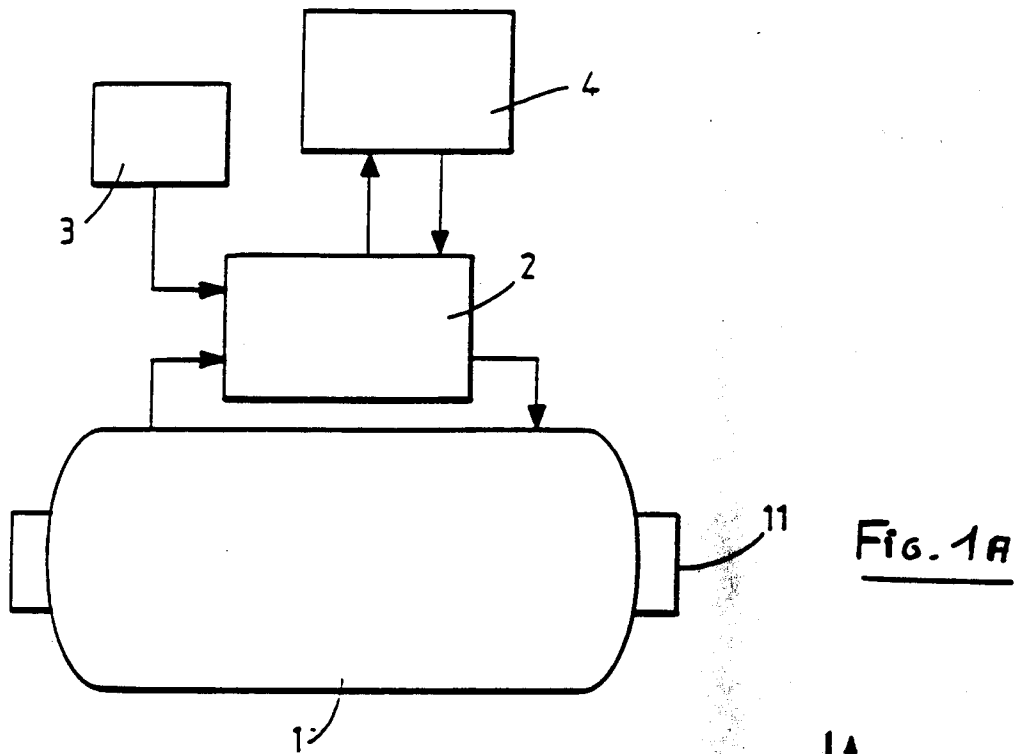
8. Vorrichtung, um eine Person (8), die mit einem wasserstoffhaltigen Atemluftgemisch einen Tauchgang zur Ausführung eines Unterwassereingriffs durchführt, unter Druck zu setzen, zur Durchführung dieses Tauchgangs zu versorgen und zu dekomprimieren, die mindestens eine Kammer (1, 5) aufweist, die mit einem Atemluftgasgemisch gefüllt ist, das Wasserstoff enthalten kann, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammer (1, 5) mit einer Vorrichtung zum Wasserstoffentzug (4, 6) verbunden ist, welche mindestens eine Zirkuliertorrichtung

(27, 28) für das Gasgemisch, einen Reaktionsraum (22) für die katalytische Oxidation, eine Kondensationsvorrichtung (23), die mit einer Kälteeinheit (24) verbunden ist, einen Abscheider (25), um das Wasser und das Gas zu trennen, ein Regelventil (29), verschiedene Sicherheitsventile (31) und einen elektronischen Regler (30), der die gesamten Ventile, die Zirkuliertorrichtung, den Reaktor, die Kondensationsvorrichtung und den Abscheider steuert, aufweist.

9. Vorrichtung, um eine Person (8), die mit einem wasserstoffhaltigen Atemluftgemisch einen Tauchgang zur Ausführung eines Unterwassereingriffs durchführt, unter Druck zu setzen, zur Durchführung eines Tauchgangs zu versorgen, und zu dekomprimieren, die mindestens eine Kammer (1, 5) aufweist, die mit einem Atemluftgemisch gefüllt ist, das Wasserstoff enthalten kann, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammer (1, 5) mit einer Vorrichtung zur Sauerstoffzufuhr (3) verbunden ist, die mindestens ein Puffervolumen (33) aufweist, das mit Sauerstoff gefüllt ist, an einer Seite mit einem Einlaßventil (42) und an der anderen Seite mit einem Auslaßventil (34) versehen ist und Sicherheitsventile (35) aufweist, wobei das Einlaßventil und das Auslaßventil über einen Regler (37) gesteuert werden, der mit einem Meßfühler (38) zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts in der Kammer verbunden ist und der das Ventil (34) öffnet, wenn der Sauerstoffgehalt unter einen gegebenen Schwellenwert fällt, jedoch nur, wenn das Ventil (42) geschlossen ist.

10. Atemluftgemisch, das zumindest Helium und Sauerstoff enthält, für sogenannte gemischte Tauchgänge von mehr als 35 m Tiefe, dadurch gekennzeichnet, daß es Sauerstoff mit einem Gehalt unter 4 %, Helium mit einem Partialdruck von mindestens 0,1 MPa, Wasserstoff mit einem Partialdruck von mindestens 0,33 MPa und höchstens 1,8 MPa und weitere gegebenenfalls vorliegende Gase mit einem Gesamtpartialdruck von unter 0,09 MPa enthält.

11. Atemluftgemisch nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Gemisch bei Tauchtiefen über 50 m mit Wasserstoff bei einem Partialdruck von mindestens 0,38 MPa verwendet wird.



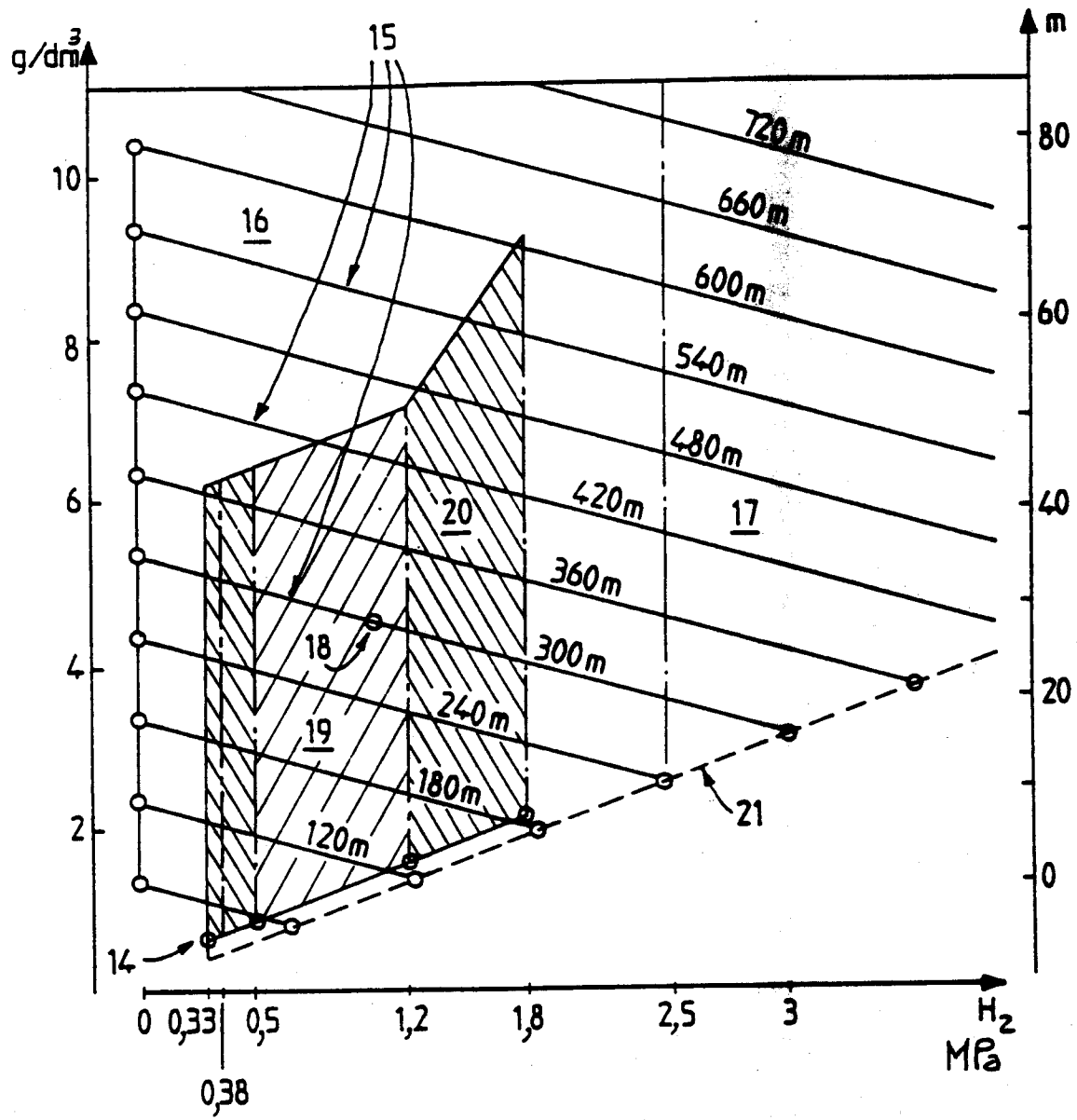
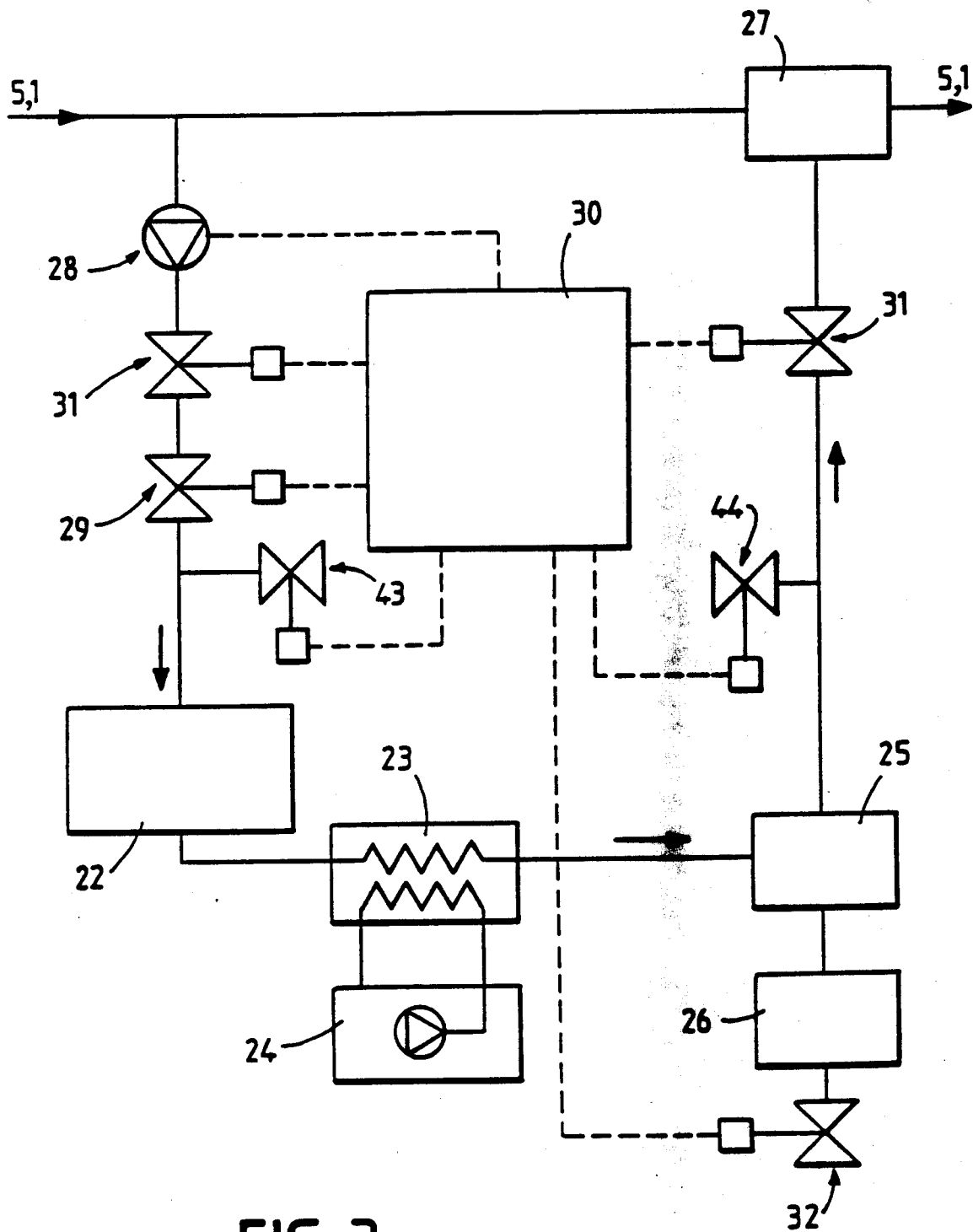


FIG. 2

**FIG. 3**

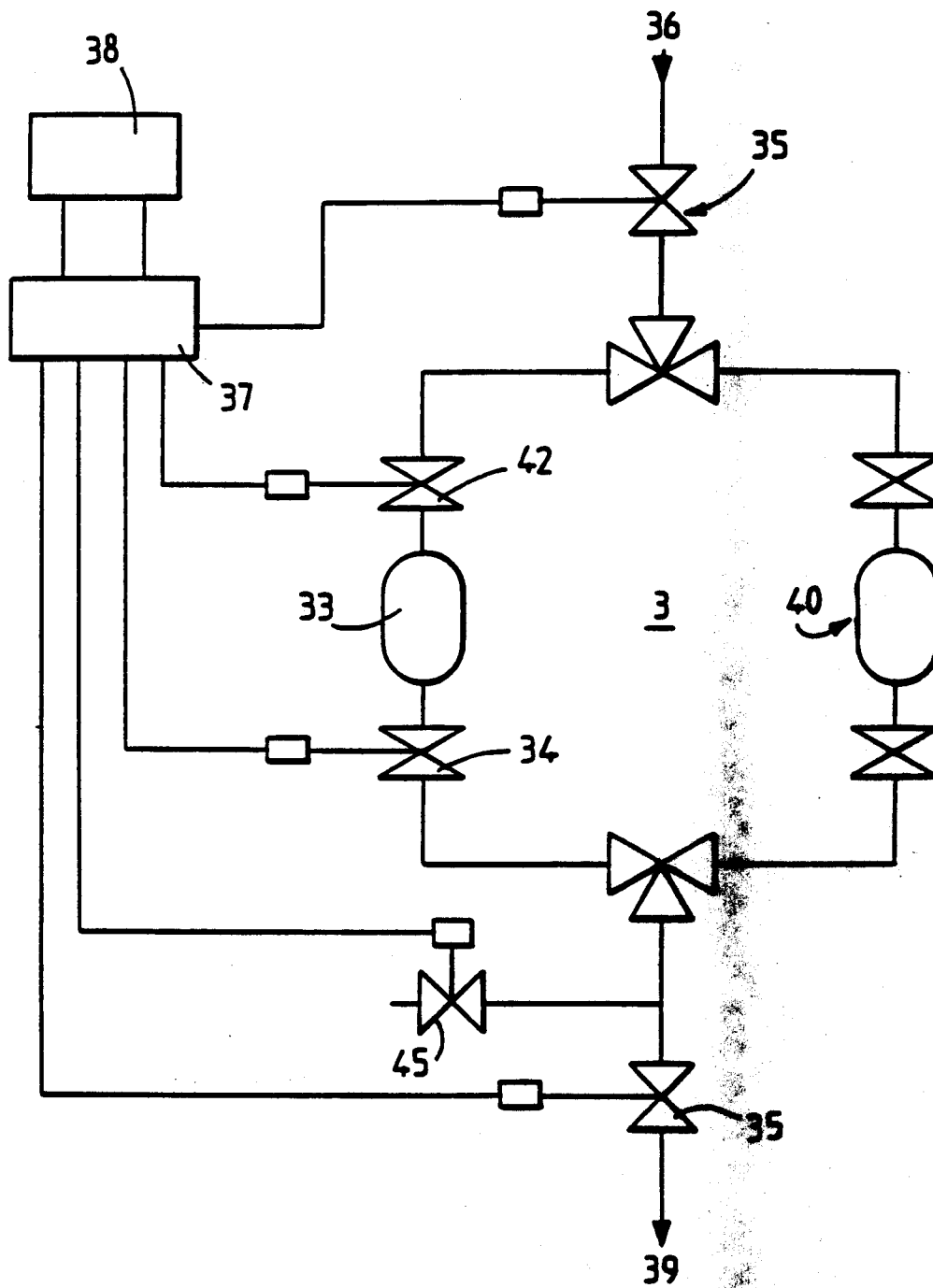


FIG. 4