

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :  
(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 493 724**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 20834**

(54) Procédé et installation pour la récupération de solvants.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). B 01 D 53/02.

(22) Date de dépôt ..... 6 novembre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 7 novembre 1980, n<sup>o</sup>s P 30 42 081.6 et P 30 42 082.7.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n<sup>o</sup> 19 du 14-5-1982.

(71) Déposant : Société dite : LOHMANN GMBH & CO. KG, résidant en RFA.

(72) Invention de : Bernd Blaudzun.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Brot,  
83, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

- 1 -

L'invention concerne un procédé et une installation pour la récupération de solvants adsorbés sur un adsorbant et provenant d'air d'échappement qui contient des vapeurs de solvant, l'adsorbant étant traité par un milieu de désorption duquel on condense les vapeurs de solvant.

Des procédés et installations de ce genre sont connus (voir par exemple Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie, 4ème édition, 1972, volume 2, page 613).

Le procédé le plus connu pour la récupération de solvants utilise du charbon activé en grains, en couche fixe dans des adsorbeurs verticaux ou horizontaux. On régénère le charbon en utilisant comme milieu de désorption de la vapeur d'eau, qui s'écoule à travers l'adsorbeur à l'envers du sens de chargement. Après le traitement par la vapeur chaude, on sèche l'adsorbeur à l'air et on le refroidit. Pour le refroidissement, on peut aussi utiliser l'air d'échappement contenant des vapeurs de solvant, c'est-à-dire que l'on peut coupler le processus de séchage et de refroidissement avec le chargement.

Toutefois, la désorption de l'adsorbant au moyen de vapeur a certains inconvénients.

D'une part, on ne peut plus récupérer l'énergie nécessaire pour engendrer la vapeur. Un supplément d'énergie sous forme d'air chaud est nécessaire au séchage de l'adsorbant et certains adsorbants comme le gel de silice ou les tamis moléculaires sont très difficiles à sécher. Lorsqu'on utilise du charbon activé comme adsorbant, il ne faut pas que l'air de séchage soit trop chaud, afin d'éviter un auto-allumage du charbon activé ou des restes de solvant qui y sont encore adsorbés. D'autre part, lorsqu'on utilise de l'air relativement froid, le temps de séchage nécessaire est allongé.

Un autre inconvénient réside dans le fait que l'on doit séparer les solvants récupérés de la vapeur utilisée

comme milieu de désorption, ce qui est relativement difficile, si les solvants sont hydrosolubles et si leurs points d'ébullition sont voisins de celui de l'eau. En pareil cas, une installation de rectification coûteuse 5 est nécessaire pour la séparation.

En outre, certains solvants peuvent réagir sur la vapeur d'eau ou sur l'air de séchage chaud, éventuellement en raison de l'action catalytique de l'adsorbant, et, par exemple, dans le cas des chlorohydrocarbures, il se 10 libère de l'acide chlorhydrique, qui provoque des corrosions dans l'installation.

Le brevet DE 600 086 concerne un procédé de récupération de gaz ou de vapeurs adsorbés par des adsorbants et de régénération des adsorbants au moyen 15 de gaz inertes recyclés avec séparation des corps libérés et réchauffement des gaz de régénération, procédé dans lequel, immédiatement après avoir chassé les corps adsorbés, on refroidit les adsorbants au moyen du même gaz, encore recyclé.

20 La récupération de solvants n'est pas directement abordée. Les vapeurs libérées de l'adsorbant sont condensées dans un refroidisseur et séparées sous forme liquide dans un condenseur qui fait suite.

On ne dit rien de plus précis sur la nature du 25 refroidisseur, de sorte qu'il faut penser qu'il s'agit d'un refroidisseur usuel à liquide. Toutefois, dans bien des cas, un tel refroidissement ne suffit pas, c'est-à-dire que le courant de gaz inert, après le refroidisseur, a encore une teneur résiduelle relativement élevée en 30 vapeurs de solvant. Cette teneur résiduelle peut être si grande que l'adsorbant ne puisse pas être désorbé dans une mesure suffisante pour qu'il soit possible de faire fonctionner économiquement l'installation après une nouvelle adsorption. Autrement dit : la capacité 35 d'adsorption de l'adsorbant est déjà partiellement

consommée lorsqu'on commute à nouveau l'installation à l'adsorption.

Dans le brevet DE 600 086 déjà cité, on indique bien que l'on peut aussi travailler avec plusieurs adsorbeurs,

5 en ce sens que, pendant que l'on chasse les corps adsorbés et que l'on refroidit dans un adsorbeur, on effectue simultanément le chargement dans le ou les autres adsorbeurs ; toutefois, on n'indique pas comment s'effectue le processus de commutation.

10 L'invention a pour but de fournir un procédé et une installation de l'espèce définie plus haut, à l'aide desquels on puisse désorber de façon simple et dans une mesure aussi poussée que possible les vapeurs de solvant adsorbées avec une dépense d'énergie relativement réduite 15 et les séparer du milieu de désorption, c'est-à-dire du courant de gaz inerte, sans qu'il y ait de charge résiduelle notable.

Indépendamment de cela, un autre but de l'invention est de fournir un appareil et un procédé à l'aide desquels 20 il soit assuré, avec utilisation de deux charges d'adsorbant, qu'à la phase de chargement, la capacité de la charge d'adsorbant dont il s'agit ne soit pas dépassée et qu'à la phase de désorption, l'air d'échappement en contact avec l'adsorbant, d'une part, n'arrive pas dans le circuit 25 de gaz inerte et, d'autre part, soit débarrassé des vapeurs de solvant qu'il contient.

Ainsi, l'invention a pour objet, d'une part, un procédé de récupération de solvants adsorbés sur un adsorbant et provenant d'air d'échappement qui contient des vapeurs 30 de solvant, consistant à faire passer un courant chaud de gaz inerte à travers l'adsorbant en tant que milieu de désorption, à séparer par condensation les vapeurs de solvant adsorbées par le courant de gaz inerte en refroidissant celui-ci, à séparer le condensat de solvant 35 et à réutiliser comme milieu de désorption le courant de

gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant et réchauffé, ce procédé étant caractérisé en ce que, pour séparer par condensation les vapeurs de solvant, on comprime le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant, 5 éventuellement après un prérefroidissement, et on le refroidit avec fourniture d'énergie dans une turbine à détente.

L'invention a aussi pour objet une installation pour la mise en oeuvre du procédé, comportant au moins 10 un récipient à adsorbant muni de tuyaux d'amenée et d'évacuation permettant de faire passer au travers, alternativement, un courant froid d'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant et un courant de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant, au moins un refroidisseur 15 relié au tuyau d'évacuation du courant de gaz inerte qui s'est chargé de vapeurs de solvant dans le récipient à adsorbant, au moins un séparateur de solvant branché à la suite du ou des refroidisseurs et au moins un dispositif branché à la suite du dernier séparateur de solvant, 20 relié au tuyau d'amenée au récipient à adsorbant et servant à réchauffer le courant de gaz inerte refroidi pauvre en vapeurs de solvant, cette installation étant caractérisée en ce que le refroidisseur parcouru par le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant 25 constitue une turbine à détente branchée à la suite d'au moins un compresseur.

Selon une variante de l'invention, dans laquelle l'utilisation d'une turbine à détente pour refroidir le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant n'est 30 pas obligatoire, mais seulement facultative, on fait passer alternativement un courant chaud de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant à travers deux charges d'adsorbant chargées de solvant. Cette variante du procédé est caractérisée en ce que, au début de la phase de 35 désorption, on mesure la concentration d'oxygène du

courant de gaz inerte contenant comme impureté de l'air d'échappement, en ce qu'avant que la concentration d'oxygène ne devienne inférieure au maximum permis, on conduit ce courant à l'autre charge d'adsorbant, appauvrie en solvant, 5 et en ce que, seulement lorsque la concentration d'oxygène est devenue inférieure au maximum permis, on branche à nouveau la charge d'adsorbant dans le circuit de gaz inerte.

L'installation servant à la mise en oeuvre de cette 10 variante comporte deux récipients à adsorbant dont, alternativement, l'un, dont l'adsorbant est chargé de solvant, est branché dans le circuit de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant et l'autre, dont l'adsorbant est appauvri en solvant, est débranché du circuit de gaz 15 inerte et branché dans un courant froid d'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant ; cette installation est caractérisée en ce que l'un des récipients à adsorbant est muni d'un tuyau d'évacuation conduisant à l'autre récipient à adsorbant et par lequel on amène à l'autre 20 récipient à adsorbant, au début de la phase de désorption, une partie du courant de gaz inerte recyclé contenant comme impureté de l'air d'échappement et contenant des vapeurs de solvant.

La récupération de solvants selon l'invention peut 25 s'appliquer dans différentes branches d'industrie, par exemple dans l'imprimerie et l'industrie du papier, dans l'industrie de la peinture et de l'emballage, dans l'industrie des fibres synthétiques, dans l'industrie des explosifs, dans l'industrie des feuilles minces, 30 dans l'industrie du cuir artificiel ainsi que dans l'industrie du caoutchouc et de l'amiante.

Des solvants que l'on peut récupérer grâce au procédé selon l'invention sont par exemple ceux à base d'hydrocarbures liquides, d'halogénohydrocarbures, d'alcools, 35 d'éthers, de cétones, d'esters etc... Outre ces solvants

- 6 -

au sens propre, on peut aussi, grâce au procédé selon l'invention, éliminer de l'air ou d'autres gaz des substances qui doivent être considérées en premier lieu comme nocives ou qui produisent des odeurs gênantes. Il est vrai que 5 beaucoup de ces corps, par exemple certains mercaptans, ne peuvent pas servir de solvants, mais ils peuvent être utilisés d'une autre façon, par exemple comme matières premières ou intermédiaires pour des synthèses chimiques.

Le procédé selon l'invention peut être pratiqué 10 avec les adsorbants les plus divers. En premier lieu, on utilise comme adsorbant le charbon activé. Mais, en outre, on peut aussi utiliser d'autres adsorbants tels que le gel de silice et les tamis moléculaires qui ne peuvent pas du tout être régénérés, ou seulement difficilement, 15 selon le procédé connu de désorption à la vapeur d'eau. Etant donné que, selon l'invention, le gaz inerte est recyclé et que, lors du refroidissement, on condense non seulement les vapeurs de solvant, mais encore la vapeur d'eau entraînée avec l'air d'échappement, on 20 dispose toujours d'un courant sec de gaz inerte pour la désorption et pour la régénération de l'adsorbant, de sorte que la capacité d'adsorption de celui-ci n'est pas amoindrie par une accumulation de vapeur d'eau. Même des substances qui ont une action corrosive en présence 25 d'eau, comme le chlorure d'hydrogène, sont beaucoup moins actives lorsqu'elles sont contenues dans un courant sec de gaz inerte et qu'on les condense à chaque passage du gaz inerte. Comme gaz inerte, on utilise de préférence l'azote ou le dioxyde de carbone. Toutefois, 30 on peut aussi diminuer la teneur en oxygène de l'air, en y mélangeant un gaz inerte, dans une mesure telle que la limite d'inflammation des vapeurs de solvant ne soit plus atteinte. Dans certains cas, il est possible aussi d'utiliser comme gaz inerte des gaz de combustion 35 à faible teneur en oxygène. La teneur en oxygène permise

du gaz inerte dépend entre autres de la concentration et de la nature de la vapeur de solvant. Ainsi, par exemple, le risque d'inflammation est plus grand avec des hydrocarbures à bas point d'ébullition et des éthers

5 qu'avec des halogénohydrocarbures. Toutefois, les propriétés d'inflammation de différentes vapeurs de solvant sont connues et on peut trouver dans la littérature les concentrations permises de vapeur de solvant et les teneurs en oxygène permises ou bien les déterminer par

10 des expériences simples.

Le procédé selon l'invention est caractérisé par une consommation d'énergie relativement faible, ce qui est dû au fait qu'il n'est pas nécessaire de fournir au gaz inerte de la chaleur d'évaporation, contrairement

15 à ce qui se passe avec la vapeur d'eau, souvent utilisée antérieurement comme milieu de désorption.

Dans la variante où l'on n'utilise pas de turbine à détente, on peut faire fonctionner pratiquement le circuit de gaz inerte à la pression normale, c'est-à-dire

20 qu'il suffit que le circuit de gaz inerte comporte simplement un ventilateur pour surmonter les résistances à l'écoulement des différentes parties de l'installation. Toutefois, on peut obtenir une nouvelle amélioration du bilan énergétique si l'on utilise une turbine à

25 détente. Lors de la condensation des vapeurs de solvant par expansion d'un courant de gaz inerte comprimé, on atteint en outre des températures plus basses, de sorte que la charge résiduelle de vapeurs de solvant du courant de gaz inerte est diminuée au point que l'adsorbant peut

30 être désorbé dans une très large mesure. En vertu du plus grand gradient de température entre l'entrée et la sortie de la turbine à détente, on peut aussi utiliser des échangeurs thermiques moins encombrants.

La turbine à détente est de préférence branchée à

35 la suite d'au moins un compresseur dans lequel le courant

de gaz inerte est précomprimé. Afin que la température du courant de gaz inerte ne devienne pas trop élevée à l'entrée de la turbine de détente, avant celle-ci sont de préférence interposés des refroidisseurs. Le travail 5 fourni par la turbine à détente est de préférence utilisé directement par la compression du courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant, la turbine à détente étant accouplée mécaniquement à un compresseur. L'accouplement mécanique est de préférence assuré directement, c'est-à-dire 10 sans transmission spéciale.

De préférence, le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant est comprimé en au moins deux stades, c'est-à-dire avec utilisation de deux compresseurs, et refroidi à au moins un stade intermédiaire, à l'aide d'un 15 refroidisseur intermédiaire. On fait fonctionner le premier stade de compression ou les suivants au moyen d'énergie fournie de l'extérieur, tandis que l'on fait fonctionner le deuxième ou le dernier étage de compression en accouplement mécanique avec la turbine à détente. Sur 20 le plan de l'appareillage, on réalise cette mesure en accouplant l'un des compresseurs ou les autres compresseurs à une machine de travail extérieure, par exemple un moteur électrique, tandis que le deuxième ou le dernier compresseur, c'est-à-dire le compresseur à haute pression, est directement 25 accouplé mécaniquement à la turbine de détente. L'accouplement de la turbine de détente au dernier compresseur est donc rigide (c'est-à-dire qu'aucune transmission n'est nécessaire), tandis que le réglage nécessaire de la pression dans le circuit de gaz inerte s'effectue à l'aide 30 de la machine de travail extérieure, qui est habituellement accouplée au premier compresseur par l'intermédiaire d'une transmission.

Le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant sort du récipient à adsorption considéré à une température 35 relativement élevée et, de préférence, on le refroidit

- avant son entrée dans le premier compresseur. Cela peut se faire de façon simple par échange indirect de chaleur avec l'air d'échappement pauvre en vapeurs de solvant et qui est relativement froid, lorsqu'il sort de l'autre
- 5 récipient à adsorbant. A cet effet, dans le courant chaud de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant, on branche un échangeur thermique indirect, qui est parcouru par l'air d'échappement froid pauvre en vapeurs de solvant.
- 10 Après avoir parcouru la turbine à détente, le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant est refroidi dans une mesure telle que l'on peut condenser le solvant et le séparer dans un séparateur de solvant. Le courant de gaz inerte refroidi, pauvre en vapeurs de solvant,
- 15 peut alors servir à refroidir indirectement le courant de gaz inerte comprimé chargé de vapeurs de solvant, ce que l'on réalise, sur le plan de l'appareillage, en interposant dans le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant, entre le deuxième compresseur et la turbine
- 20 à détente, un échangeur thermique qui est parcouru par le courant froid de gaz inerte, pauvre en vapeurs de solvant. De cette manière, d'une part, on obtient le refroidissement nécessaire du courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant, après la turbine de détente,
- 25 d'autre part, le courant de gaz inerte, pauvre en vapeurs de solvant, est à nouveau chauffé. On peut effectuer un nouveau chauffage du courant de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant à l'aide d'un deuxième échangeur thermique indirect qui est parcouru par le courant chaud de
- 30 gaz inerte chargé de vapeurs de solvant, sortant du premier compresseur. Enfin, le courant de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant peut, avant son entrée au récipient à adsorbant, être porté, à l'aide d'un registre de chauffage, à la température nécessaire à la désorption du solvant
- 35 adsorbé par l'adsorbant.

- 10 -

On fait passer alternativement le courant chaud de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant à travers au moins deux charges d'adsorbant chargées de solvant, on retire chaque fois du circuit de gaz inerte la charge d'adsorbant appauvrie en solvant par suite de désorption et on la charge à nouveau de solvant provenant de l'air d'échappement froid chargé de vapeurs de solvant. A cet effet sont prévus au moins deux récipients à adsorbant dont, alternativement, l'un, dont l'adsorbant est chargé de solvant, est branché dans le circuit de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant et l'autre, dont l'adsorbant est appauvri en solvant, est débranché du circuit de gaz inerte et branché à un courant froid d'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant.

Grâce à l'invention, on peut commander de façon simple le processus de chargement et de désorption, c'est-à-dire que le procédé fonctionne de façon pratiquement continue, sans interruption du travail.

Pour éviter qu'à la phase de chargement, la capacité de chaque charge d'adsorbant ne soit dépassée, on mesure de préférence à cette phase la concentration de vapeur de solvant dans l'air d'échappement qui a passé par la charge d'adsorbant, après quoi on amorce la phase de désorption une fois qu'une concentration prescrite est atteinte. De cette manière, on empêche l'irruption de vapeurs de solvant, de sorte que c'est toujours de l'air d'échappement épuré qui passe dans l'atmosphère. On peut mesurer la concentration de vapeurs de solvant à l'aide de détecteurs de vapeur de solvant; un détecteur de ce genre peut être, dans le cas le plus simple, un piège à refroidissement, dans lequel l'irruption de la vapeur de solvant se fait sentir par une formation de condensat.

En outre, on peut constater par spectroscopie l'irruption des vapeurs de solvant. Les détecteurs de vapeurs de solvant peuvent être munis d'organes de

commande de distributeurs de commutation ou de dispositifs de manoeuvre, qui, après la commutation des distributeurs à la désorption, assurent un chauffage du courant de gaz inerte.

- 5       Etant donné que, lorsqu'on commute de l'adsorption (charge) à la désorption, il faut éviter que l'air d'échappement en contact avec l'adsorbant n'arrive dans le circuit de gaz inerte, on mesure, au début de la phase de désorption, la concentration d'oxygène du courant de
- 10      gaz inerte contenant de l'air d'échappement comme impureté et on branche seulement à nouveau la charge d'adsorbant dans le circuit de gaz inerte, une fois que la concentration d'oxygène est devenue inférieure au maximum permis.

- 15      Etant donné que le courant de gaz inerte, contenant comme impureté de l'air d'échappement et dont la concentration d'oxygène est encore supérieure au maximum permis, contient encore des vapeurs de solvant, on ne le conduit pas, de préférence, dans l'atmosphère, mais dans l'autre charge d'adsorbant appauvrie en solvant.
- 20      A cet effet, l'un des récipients à adsorbant est muni d'un tuyau d'évacuation conduisant à l'autre récipient à adsorbant et par lequel, au début de la phase de désorption, une partie du courant de gaz inerte recyclé contenant de l'air d'échappement comme impureté et contenant des vapeurs de solvant est amené à l'autre récipient à adsorbant. Dans celui-ci, les vapeurs de solvant s'adsorbent et le mélange gazeux est évacué dans l'atmosphère.

- 25      Pour mesurer la concentration d'oxygène dans l'air d'échappement ou dans le gaz inerte contenant de l'air d'échappement comme impureté, dans les tuyaux d'évacuation des récipients à adsorbant sont prévus des détecteurs d'oxygène, qui peuvent être munis d'organes permettant de commander des distributeurs de commutation ou de dispositifs de manoeuvre, à l'aide desquels on assure

le chauffage ou le refroidissement des charges d'adsorbant et donc de l'air d'échappement ou du courant de gaz inerte.

Par suite du déplacement de l'air d'échappement 5 entourant l'adsorbant (balayage par gaz inerte ou mise sous atmosphère inerte du récipient à adsorbant), il se produit des pertes de gaz inerte, que l'on compense, de préférence, en introduisant du gaz inerte sec dans le circuit de gaz inerte. A cet effet, une source de gaz 10 inerte, par exemple un récipient à pression contenant de l'azote, peut être branché dans le tuyau à gaz inerte. La source de gaz inerte est aussi nécessaire, lorsqu'il s'agit de mettre l'appareil sous atmosphère inerte lors du chargement ou lorsqu'il se produit d'autres pertes 15 par fuite pendant le fonctionnement. Avantageusement, la source de gaz inerte peut être commandée par un détecteur d'oxygène interposé dans un tuyau d'évacuation d'un récipient à adsorbant. A cet effet, la source de gaz inerte peut être munie d'un distributeur. Celui-ci est actionné 20 lorsque la concentration d'oxygène dans le circuit de gaz inerte s'élève au-dessus du niveau permis. Celui-ci dépend de la nature et de la concentration de la vapeur de solvant.

Le chauffage du courant de gaz inerte s'effectue, 25 de préférence, seulement lorsque le récipient à adsorbant dont il s'agit a été mis sous atmosphère inerte, c'est-à-dire qu'au début de la phase de désorption, on introduit le courant de gaz inerte dans la charge d'adsorbant considéré, appauvrie en solvant, à une température inférieure à celle qui est nécessaire à la désorption. Avantageusement, la température de désorption nécessaire est établie automatiquement une fois que la concentration d'oxygène est devenue inférieure au maximum permis et le détecteur d'oxygène disposé dans le tuyau d'évacuation 30 respectif commande les organes servant à actionner les 35

dispositifs de manoeuvre pour le chauffage du courant de gaz inerte.

- Si l'air d'échappement contient un mélange de vapeurs de solvant, ce qui est le cas lorsqu'on utilise des
- 5 mélanges de solvant, on peut effectuer une désorption fractionnée en élevant graduellement la température de désorption. On récupère ainsi les fractions de solvant pures et on peut éliminer des constituants indésirables qui seraient gênants lors de la réutilisation des solvants.
- 10 Il s'agit, par exemple, d'eau contenue dans le courant d'air d'échappement sous forme d'humidité atmosphérique, ou encore de produits de décomposition des solvants comme le chlorure d'hydrogène. Lorsqu'on utilise le charbon activé comme milieu de désorption, ces impuretés se
- 15 désorbent à de plus basses températures que les solvants et on peut les condenser et les éliminer avant les solvants.

De préférence, l'élévation graduelle de la température de désorption s'effectue automatiquement et, avantageusement, 20 on effectue une commande à l'aide des détecteurs de vapeur de solvant. Si les détecteurs fonctionnent selon le principe du spectroscope, les signaux provenant de différents domaines spectraux caractéristiques de chaque vapeur de solvant peuvent servir à commander la température. En 25 outre, on peut utiliser des détecteurs fonctionnant selon le principe de la conductibilité thermique différente des différentes vapeurs de solvant.

Quand la désorption d'une charge d'adsorbant est terminée, il faut à nouveau la charger de solvant. De 30 préférence, pour constater le moment correct de la commutation, on mesure à la phase de désorption la concentration de vapeur de solvant dans le courant de gaz inerte qui a passé par la charge respective d'adsorbant et on amorce la phase de chargement une fois qu'une concentration 35 prescrite est atteinte. La mesure de la concentration de

vapeurs de solvant s'effectue à nouveau, de préférence, au moyen de détecteurs de vapeurs de solvant, qui fonctionnent soit selon des principes spectroscopiques, soit selon le principe de la conduction de chaleur du courant de gaz inerte utilisé comme gaz porteur. Si les détecteurs de vapeurs de solvant ne détectent plus de vapeurs de solvant, un signal de commande actionne des dispositifs de manœuvre servant à abaisser automatiquement la température de la charge d'adsorbant. Par exemple, on débranche un registre de chauffage placé dans le courant de gaz inerte.

La charge d'adsorbant peut alors être encore branchée un certain temps dans le courant froid de gaz inerte, car la désorption de l'une des charges d'adsorbant est généralement terminée en un temps plus court que le chargement de l'autre charge d'adsorbant. Ainsi, lors de la commutation, la charge d'adsorbant désorbée est complètement refroidie, de sorte que l'on peut la charger à nouveau de façon optimale, si elle se trouve dans le courant d'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant.

L'invention sera expliquée ci-après plus en détail, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

La figure 1 est une vue d'ensemble de l'installation, dans l'état de fonctionnement où le premier récipient à adsorbant est en position d'adsorption et le deuxième en position de désorption ;

La figure 2 est une vue partielle de l'installation, dans l'état de fonctionnement où l'on met le premier récipient à adsorbant sous atmosphère inerte et où le deuxième est en position d'adsorption ;

La figure 3 est une vue partielle de l'installation, dans l'état de fonctionnement où le premier récipient à adsorbant est en position de désorption et le deuxième en position d'adsorption ;

La figure 4 est une vue partielle de l'installation, dans l'état de fonctionnement où le premier récipient à adsorbant est en position d'adsorption et où l'on met

le deuxième sous atmosphère inerte ;

La figure 5 est une vue partielle d'une autre installation, illustrant un peu plus précisément les différents dispositifs de commande.

5 On se référera d'abord aux figures 1 à 4, qui se rapportent à une installation de peinture.

Comme le montre la figure 1, on amène les objets à peindre dans la zone 10 où s'effectue la peinture, zone qui est munie d'un tuyau d'échappement 12. L'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant et de particules solides de peinture passe, sous l'action du ventilateur d'échappement 16, à travers le séparateur de solides 14 muni d'un filtre. Une fois peints, les objets arrivent dans la zone de séchage 18 et l'air d'échappement, ici 10 chargé de vapeurs de solvant, est aspiré par le tuyau 15 d'échappement 20, sous l'action du ventilateur d'échappement 16.

L'air chargé de vapeurs de solvant afflue par le tuyau 22 au distributeur 24 et, selon la position de 20 celui-ci, il se rend soit par le tuyau d'amenée 26a au récipient à adsorbant 28a (comme représenté par le dessin, position C-D du distributeur), soit par le tuyau d'amenée 26b au récipient à adsorbant 28b (position C-B du distributeur).

25 L'adsorbant adsorbe les vapeurs de solvant contenues dans l'air d'échappement et l'air d'échappement pauvre en vapeurs de solvant afflue, dans la position de fonctionnement de la figure 1, par le tuyau d'évacuation 30a, le distributeur 32a (position C-B) et les distributeurs 34 30 (position D-A) et 35 (position A-B), au tuyau d'évacuation 36 et, de là, dans l'atmosphère, soit directement par la valve de dérivation 38, soit par l'échangeur thermique 40 (dont le mode de fonctionnement sera expliqué ci-après).

Dans les tuyaux d'évacuation 30a, 30b peuvent être 35 installés des détecteurs de vapeurs de solvant qui, en

- 16 -

cas d'irruption des vapeurs de solvant, peuvent servir à commander automatiquement les distributeurs correspondants. En outre, dans les tuyaux d'évacuation 30a, 30b peuvent être prévus des détecteurs d'oxygène, qui servent également à commander les distributeurs et dont le mode de fonctionnement sera expliqué ci-après.

Dans l'état de fonctionnement représenté par la figure 1, la charge d'adsorbant du récipient 28b est en cours de désorption à l'aide d'un courant de gaz inerte recyclé. Le courant de gaz inerte 42, pauvre en vapeurs de solvant et fortement refroidi, est tout d'abord chauffé par les deux échangeurs thermiques 44 et 46, dont le fonctionnement sera expliqué plus précisément ci-après, et, ensuite, il parcourt le registre de chauffage 48, dans lequel il est chauffé à la température de désorption nécessaire. Après le registre de chauffage, le courant de gaz inerte passe par les distributeurs 50 (position D-C) et 24 (position A-B) et arrive par le tuyau d'amenée 26b au récipient à adsorbant 28b, dont la charge d'adsorbant est chargée de solvant. Là, il se charge de vapeur de solvant et afflue, par le tuyau 30b et les distributeurs 32b (position B-C), 34 (position B-C) et 50 (position A-B) au tuyau 52.

Un détecteur de vapeur de solvant (non représenté) disposé dans le tuyau 30b indique la fin de la désorption et commande les distributeurs correspondants. Entre les tuyaux 42 et 52 se trouve une valve d'arrêt 54, qui est fermée dans l'état de fonctionnement représenté et qui s'ouvre lorsqu'il n'y a pas de récipient à adsorbant dans le circuit de gaz inerte (par exemple, lorsque l'installation de peinture est hors d'action ou lorsqu'une réparation est nécessaire dans la région des récipients à adsorbant), de sorte que le reste du système reste sous atmosphère inerte (petit circuit de gaz inerte).

Le gaz inerte chaud chargé de vapeurs de solvant

parcourt l'échangeur thermique 40 et se refroidit par échange de chaleur indirect avec l'air d'échappement froid venant du tuyau 36.

- Après l'échangeur thermique 40, une partie des
- 5 vapeurs de solvant peut déjà se condenser, puisque le gaz inerte chargé de vapeurs de solvant a presque pris la température de l'air d'échappement froid. Cette fraction de condensat peut être séparée dans le séparateur de solvant 56 (indiqué en tireté).
- 10 Le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant est alors comprimé dans le premier compresseur 58. Le compresseur 58 est accouplé (éventuellement par l'intermédiaire d'une transmission non représentée) à une machine de travail extérieure, par exemple un moteur électrique
- 15 60. L'absorption de puissance du compresseur 58 est réglable, par exemple par la vitesse de rotation du moteur 60 ou par l'intermédiaire de la transmission, de sorte que l'on peut régler la pression et donc aussi la température du courant de gaz inerte chargé de vapeurs
- 20 de solvant, en fonction du solvant utilisé et de la concentration finale désirée de vapeurs de solvant.

Le courant de gaz inerte chauffé à l'aide du compresseur 58 passe par l'échangeur thermique 46 et cède sa chaleur au courant froid de gaz inerte 42, pauvre en

25 vapeurs de solvant. L'échangeur thermique 46 peut être ponté par la valve de dérivation 62, qui offre une autre possibilité de régler la température du courant de gaz inerte.

Du fait du refroidissement du courant de gaz inerte

30 dans l'échangeur thermique 46, une partie supplémentaire des vapeurs de solvant peut se condenser et se séparer sous forme de condensat dans le séparateur de solvant 64 (indiqué en tireté).

Le courant de gaz inerte comprimé contenant encore

35 le gros des vapeurs de solvant passe alors par le

refroidisseur intermédiaire 66, à la suite duquel peut éventuellement être branché à nouveau un séparateur de solvant 68 (indiqué en tireté). Le courant de gaz inerte comprimé, contenant encore le gros des vapeurs de solvant, 5 est alors comprimé encore plus fortement dans un deuxième compresseur 70 et à nouveau chauffé. Dans l'échangeur thermique 44, il cède sa chaleur au courant froid de gaz inerte 42, pauvre en vapeurs de solvant. Après l'échangeur thermique 44 peut à nouveau être prévu un séparateur de 10 solvant 72, dans lequel une nouvelle partie des vapeurs de solvant se sépare.

Le compresseur 70 est directement accouplé mécaniquement à la turbine à détente 74 (par l'arbre 76) et tire l'énergie nécessaire à son fonctionnement du travail fourni dans 15 la turbine à détente 74 par le gaz inerte comprimé. Celui-ci se refroidit fortement, de sorte que l'on peut pratiquement condenser et séparer dans le séparateur de solvant 78 la totalité des vapeurs de solvant contenues dans le gaz inerte. La turbine à détente 74 est représentée sous la 20 forme d'une turbine à détente à un seul étage. On peut aussi utiliser une turbine à détente à plusieurs étages et brancher des séparateurs de solvant entre les différents étages de détente. On peut, de cette manière, réaliser une condensation fractionnée des vapeurs de solvant et 25 obtenir des fractions de solvant relativement pures. Toutefois, on obtient déjà un certain fractionnement en utilisant les séparateurs de solvant 56, 64, 68 et 72. Il est particulièrement important, ici, que, lorsqu'on utilise des solvants à bas point d'ébullition, la vapeur 30 d'eau contenue dans le courant de gaz inerte se condense déjà largement dans les premiers étages, ce qui évite le passage d'eau comme impureté dans les solvants organiques, ainsi qu'un givrage des tuyaux et un dommage aux aubages de la turbine de détente 74 par des cristaux 35 de glace.

Une fois que la désorption de la charge d'adsorbant du récipient 28b est terminée, on commute les récipients à adsorbant 28a et 28b en actionnant les distributeurs correspondants. Cette commutation peut s'effectuer

- 5 automatiquement, soit par le fait que le détecteur de vapeur de solvant prévu dans le tuyau 30a enregistre l'irruption de vapeur de solvant, soit par le fait que le détecteur de vapeur de solvant du tuyau d'évacuation 30b enregistre l'absence de vapeur de solvant et commande
- 10 les distributeurs correspondants. En général, la désorption s'effectue plus rapidement que l'adsorption et il peut être avantageux, après la diminution de la concentration de vapeurs de solvant dans le tuyau d'évacuation 30b, de maintenir encore un certain temps le circuit de gaz
- 15 inerte, mais de ne plus chauffer le courant de gaz inerte passant par le tuyau 42, afin d'amener à la température optimale d'adsorption la charge d'adsorbant du récipient 28b. A cet effet, on débranche le registre de chauffage 48. En outre, on peut augmenter l'amenée d'agent de
- 20 refroidissement dans le refroidisseur 66 et arrêter la partie de l'installation qui comprend le compresseur 70, l'échangeur thermique 44 et la turbine de détente 74, en ouvrant la valve de dérivation 80, tout en faisant fonctionner le compresseur 58 à une moindre puissance.
- 25 La commutation du récipient à adsorbant 28a à la désorption et du récipient 28b à l'adsorption s'effectue de la façon suivante, représentée par les figures 2 et 3. On met le distributeur 24 dans la position C-B, de sorte que le courant d'air d'échappement 22 chargé de
- 30 vapeurs de solvant afflue par le tuyau d'amenée 26b au récipient 28b. On met le distributeur 32b dans la position B-A, de sorte que le courant d'air d'échappement, débarrassé de vapeurs de solvant dans le récipient à adsorbant 28b et contenant encore tout d'abord du gaz inerte, peut être
- 35 conduit dans l'atmosphère par le tuyau 36.

- 20 -

Lors de la commutation du distributeur 24, la voie A-D s'ouvre en même temps, de sorte que le courant de gaz inerte 42, pauvre en vapeurs de solvant et qui n'a pas encore été réchauffé, peut affluer, par le distributeur 5 50 (D-C) et le tuyau d'amenée 26a, au récipient à adsorbant 28a. Toutefois, celui-ci contient encore de l'air d'échappement contenant de l'oxygène et présent comme impureté dans le courant de gaz inerte, de sorte qu'à 10 la phase initiale de la désorption, le mélange gazeux 10 ne peut pas être ramené au circuit de gaz inerte. Par suite, on ramène ce mélange, par le distributeur 34 (position D-A) et le distributeur 35 (position B-C) ainsi que par le tuyau 37, au tuyau d'échappement 22 d'où il 15 est amené au tuyau 36 en même temps que de l'air d'échappement frais, en passant par le récipient à adsorbant 28b. De cette manière, les vapeurs de solvant contenues dans le mélange venant du tuyau 37 sont éliminées. Une fois que le récipient à adsorbant 28a est suffisamment mis sous atmosphère inerte (ce que l'on peut constater à l'aide 20 du détecteur d'oxygène du tuyau d'évacuation 30a), on commute les distributeurs 50, 34 et 35 comme indiqué sur la figure 3. Le parcours du courant d'air d'échappement 22 n'est pas modifié. Toutefois, le courant de gaz inerte passe maintenant par le distributeur 50 (D-A), le 25 distributeur 34 (C-D) et le distributeur 32a (B-C) et retourne en sens inverse, par le tuyau d'évacuation 30a, au récipient à adsorbant 28a et, par le tuyau d'amenée 26a, le distributeur 24 (D-A) et le distributeur 50 (C-B), au tuyau 52 et donc au circuit de gaz inerte. 30 A ce stade, on branche à nouveau le registre de chauffage 48 et, aussi (en fermant la valve de dérivation 80), la partie d'installation comprenant le compresseur 70, l'échangeur thermique 44 et la turbine de détente 74 et, simultanément, la puissance fournie au compresseur 58 35 est accrue.

Une fois que le solvant adsorbé par la charge d'adsorbant du récipient 28a a été désorbé (ce que l'on peut constater au moyen d'un détecteur de vapeur de solvant disposé dans le tuyau 26a), on débranche le registre de 5 chauffage 48, on ouvre la valve de dérivation 80 et on fait fonctionner le compresseur 58 à une puissance réduite. Puis on manoeuvre le distributeur 24 de telle sorte que l'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant peut passer par la position C-D et le tuyau 26a et traverser 10 le récipient 28a, refroidi entre temps (figure 4). Le distributeur 32a se trouve dans la position C-A, de sorte que le courant d'air d'échappement pauvre en vapeurs de solvant peut arriver dans l'atmosphère par le tuyau 36. Le courant de gaz inerte passe tout d'abord par le 15 distributeur 50 (position D-C), puis par le distributeur 24 (position A-B) et par le tuyau 26b, pour arriver au récipient 28b, où il ne se produit pratiquement encore aucune désorption, puisque le courant de gaz inerte est encore froid. Du récipient 28b, le gaz inerte contenant 20 encore tout d'abord de l'air d'échappement comme impureté passe par le distributeur 32b (B-C), le distributeur 34 (B-A) et le distributeur 35 (B-C), et par le tuyau 37 pour arriver au tuyau 22, puis, en même temps que le gaz inerte frais, par le distributeur 24 (C-D), le tuyau 25 d'aménée 26a et le récipient à adsorbant 28a.

Quand le détecteur d'oxygène du tuyau 30b ne détecte plus d'oxygène, le distributeur 34 est commuté à la position B-C (figure 1), ce qui fait que le récipient à adsorbant 28b se trouve à nouveau dans le circuit de 30 gaz inerte. En même temps, le distributeur 35 est mis dans la position B-A et le distributeur 32a dans la position C-B, de sorte que l'air d'échappement, débarrassé de vapeurs de solvant, peut arriver du récipient 28a à l'atmosphère par le tuyau 36.

35       Après le branchement du registre de chauffage 48

- 22 -

et la fermeture de la valve de dérivation 80 commence à nouveau le chargement de la charge d'adsorbant du récipient 28a et la désorption de la charge du récipient 28b, comme on l'a décrit plus haut à propos de la figure 1.

5 Pour compenser les pertes de gaz inerte qui se produisent en service, en particulier lorsqu'on met sous atmosphère inerte les récipients à adsorbant 28a et 28b, en un point quelconque du tuyau à gaz inerte 42, respectivement 52 (dans le mode d'exécution de la figure 10 1, avant l'échangeur thermique 40), est branchée une source de gaz inerte 82 (par exemple un récipient à pression contenant de l'azote). L'alimentation en gaz inerte peut être réglée par l'intermédiaire du détecteur d'oxygène 84, qui commande la valve 86.

15 La source de gaz inerte 82 sert aussi à mettre sous atmosphère inerte le circuit de gaz inerte avant la mise en service de l'installation. A cet effet, on ouvre la valve 86 et on ferme la valve d'arrêt 54, de sorte que, tout d'abord, du gaz inerte encore impur est 20 évacué dans l'atmosphère, à l'aide du compresseur 58 fonctionnant à petite puissance, par les tuyaux 52 et 42, ainsi que les parties d'installation qu'ils comprennent, par exemple par les distributeurs 50 (D-A), 34 (C-B) et 30b (C-A).

25 L'installation représentée par la figure 5 peut fonctionner avec ou sans la turbine à détente 74 de la figure 1.

30 Lors de la mise en service de l'installation, on met tout d'abord en marche le "petit circuit de gaz inerte", en ouvrant la valve de commande 112 placée dans le tuyau à gaz inerte 110. Le tuyau à gaz inerte 110 conduit à une source de gaz inerte (non représentée), par exemple à un récipient à pression contenant de l'azote. La valve de commande 112 peut s'ouvrir 35 automatiquement, lorsque, pendant le fonctionnement de

l'installation, il se produit des pertes de gaz inerte, ce dont on parlera plus précisément ci-après.

Après la valve de commande 112, le courant de gaz inerte passe par la partie de condensation indiquée

- 5 schématiquement par 114 et dont les éléments principaux sont formés d'un refroidisseur et d'un séparateur de solvant branché à la suite. Le refroidisseur constitue avantageusement une combinaison d'un ou plusieurs compresseurs et d'une turbine à détente, et des refroidisseurs ou échangeurs thermiques peuvent être prévus entre le compresseur et la turbine ou entre les différents compresseurs.

Les solvants condensés pendant le fonctionnement de l'installation dans la partie de condensation 114 sont 15 retirés par le tuyau d'évacuation de solvants 116 et, lorsqu'on opère une désorption fractionnée, les différentes fractions de solvant sont conduites à différents collecteurs (non représentés).

A la partie de condensation 114 fait suite un 20 registre de chauffage 118, à l'aide duquel on chauffe le gaz inerte à la température de désorption nécessaire.

Lors de la mise sous atmosphère inerte du "petit circuit de gaz inerte", cependant, le registre de chauffage 118 et la partie de condensation 114 sont débranchés. Le 25 gaz inerte contenant encore tout d'abord de l'air comme impureté afflue au distributeur 126 en passant par le tuyau 120, le distributeur 122 (position A-C) et le tuyau de dérivation 124. Le distributeur 126 est tout d'abord ouvert de tous côtés (A-B-C), car il faut tout d'abord 30 mettre aussi sous atmosphère inerte le tuyau de retour de gaz inerte 128. Ainsi, un courant partiel de gaz inerte passe aussi tout d'abord en sens inverse par le tuyau 128 et le distributeur 126. Il s'y réunit au courant principal de gaz inerte venant du tuyau 124 et 35 s'échappe avec ce courant du distributeur 126, en B,

vers l'atmosphère, par un parcours quelconque. Le "petit circuit de gaz inerte" peut naturellement aussi être constitué de façon inverse, c'est-à-dire que, dans le distributeur 126, les positions A et C sont ouvertes, 5 tandis que le distributeur 122 est ouvert dans les trois positions et que le gaz inerte, contenant encore tout d'abord de l'air comme impureté, est évacué vers l'atmosphère par la position B, après avoir été éventuellement utilisé pour mettre sous atmosphère inerte un 10 récipient à adsorbant.

Une fois l'air chassé, on ferme le distributeur 112 et on amène chacun des distributeurs 122 et 126 à la position A-C. Le "petit circuit de gaz inerte" indiqué par les flèches dans les tuyaux 120, 124 et 128 se 15 constitue, lorsqu'on fait fonctionner à petite puissance, comme "pompe à gaz inerte", un compresseur contenu dans la partie de condensation 114.

En même temps que se constitue le circuit de gaz inerte, l'un des deux récipients à adsorbant se charge 20 de solvant. L'air d'échappement, chargé de vapeurs de solvant et qui peut venir par exemple d'une installation de peinture, entre dans le système par le tuyau 130 et il est amené au récipient adsorbant 138a, à l'aide du ventilateur à air d'échappement 132, par le distributeur 25 134 (position A-C) et le tuyau 136a. L'adsorbant adsorbe les vapeurs de solvant contenues dans l'air d'échappement froid et l'air d'échappement pauvre en vapeurs de solvant s'échappe dans l'atmosphère par le tuyau d'évacuation 140a et le distributeur 142 (position A-B) et en passant 30 par le tuyau d'évacuation 144. Dans le tuyau 144 se trouve un détecteur de vapeur de solvant 146 qui, en cas d'irruption des vapeurs, commande les distributeurs 134, 142 et 148. Les parcours de régulation correspondants sont indiqués schématiquement par des tiretés.

35 Tout d'abord, on met le distributeur 134 dans la

position A-B, ce qui fait que l'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant est dévié vers le récipient à adsorbant 138b par le tuyau d'amenée 136b. En même temps, on commute le distributeur 142 à la position C-B, ce qui 5 fait que le courant d'air d'échappement appauvri en vapeurs de solvant peut s'échapper dans l'atmosphère par le tuyau d'évacuation 144.

En même temps que commence la phase de chargement dans le récipient à adsorbant 138b commence aussi la 10 mise sous atmosphère inerte du récipient à adsorbant 138a. A cet effet, on ouvre la valve de commande 112 et le gaz inerte afflue par le tuyau 120 au distributeur 122, qui est ouvert dans la position A-B. La position C est partiellement ouverte, de sorte qu'une partie du 15 gaz inerte reflue au tuyau de retour de gaz inerte en passant par le tuyau de dérivation 124 et le distributeur 126 (position C-A).

Le gros du gaz inerte arrive, par le tuyau 150 et le distributeur 148 (position A-B), au récipient à 20 adsorbant 138a où il chasse l'air d'échappement. En mélange avec l'air d'échappement chassé, le gaz inerte afflue alors par le tuyau 152a au distributeur 154a (position C-B), puis, par le tuyau 156a, au tuyau à air d'échappement 130. Pour empêcher l'air d'échappement 25 de refluer du tuyau 130 au tuyau 156a, un étrangleur 158a est disposé dans celui-ci.

Dans le tuyau d'évacuation 152a est disposé un détecteur d'oxygène 160a qui, lorsque la concentration d'oxygène dans le tuyau 152a devient inférieure au 30 maximum permis, transmet un signal de commande aux distributeurs 112, 154a et 162. Le distributeur 112 se ferme et le courant de gaz inerte est amené, en passant par les distributeurs 154a (position C-A), 162 (position B-A) et 154b (B-A), ainsi que par le distributeur 126 35 (B-A), au tuyau de retour de gaz inerte 128. Ainsi, le

"grand circuit de gaz inerte" est constitué.

Pour la désorption de l'adsorbant contenu dans le récipient 138a, on branche le registre de chauffage 118. Celui-ci peut également être commandé par le détecteur 5 d'oxygène 160a.

Par le courant chaud de gaz inerte, l'adsorbant du récipient 138a est désorbé et le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant arrive, par les distributeurs 154a (C-A), 162 (B-A), 154b (B-A) et 126 (B-A), ainsi 10 que par le tuyau 128, à la partie de condensation dont on fait maintenant fonctionner le compresseur à pleine puissance. Du fait de la compression et de la détente qui suit, les vapeurs de solvant se condensent et le condensat de solvant est retiré en 116. Le courant de 15 gaz inerte maintenant débarrassé de vapeurs de solvant est ramené au récipient à adsorbant 138a.

Une fois que la désorption de la charge d'adsorbant dans le récipient 138a est terminée, ce que l'on peut constater par exemple à l'aide d'un détecteur de vapeur 20 de solvant 164 disposé dans le tuyau 128, on commute les récipients 138a et 138b en actionnant les distributeurs correspondants. Cette commutation peut se faire automatiquement, à l'aide du détecteur 164. Toutefois, étant donné qu'en général la désorption s'effectue plus 25 rapidement que l'adsorption, il peut être avantageux de maintenir encore un certain temps le circuit de gaz inerte, une fois que la concentration de vapeurs de solvant dans le tuyau de retour de gaz inerte 128 a diminué. Tout d'abord, à l'aide du détecteur 164, on débranche le 30 registre 118, par exemple du fait que le détecteur ferme, par l'intermédiaire d'organes de manœuvre correspondants, un tuyau à vapeur surchauffée menant au registre de chauffage 118. En outre, on peut augmenter l'aménée d'agent de refroidissement dans la partie de condensation 35 114 et faire fonctionner le compresseur à une moindre

puissance.

Une fois que le récipient à adsorbant 138<sub>a</sub> s'est refroidi à peu près à la température ambiante, la commutation s'effectue. Elle peut également être assurée automatiquement 5 par des capteurs de température (non représentés). A cet effet, on met le distributeur 134 dans la position A-C et l'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant afflue, par le tuyau 136<sub>a</sub>, au récipient à adsorbant 138<sub>a</sub> refroidi. Le courant d'air d'échappement débarrassé en 10 cet endroit de vapeurs de solvant et qui contient encore tout d'abord du gaz inerte est conduit dans l'atmosphère par le tuyau 140<sub>a</sub> et le distributeur 142 (position A-B), ainsi que par le tuyau 144.

Lors de la commutation des distributeurs 134 et 142, 15 le distributeur 148 est en même temps mis dans la position A-C et le courant de gaz inerte encore froid est conduit au récipient 138<sub>b</sub> pour le mettre sous atmosphère inerte. Il s'en échappe par le tuyau 152<sub>b</sub> et les distributeurs 154<sub>b</sub> (position C-B) et 162 (position A-C) pour arriver 20 au tuyau 156<sub>b</sub> et, par l'étrangleur 158<sub>b</sub>, au tuyau d'échappement 130.

Le courant de gaz inerte contenant comme impuretés de l'air d'échappement et des vapeurs de solvant se réunit dans ce tuyau à l'air d'échappement chargé de vapeurs de 25 solvant et est amené, avec celui-ci, à passer par le récipient à adsorbant 138<sub>a</sub>.

Pour compenser les pertes de gaz inertes qui se produisent alors, on ouvre la valve 112 jusqu'à ce que le récipient à adsorbant 138<sub>b</sub> soit suffisamment sous 30 atmosphère inerte, ce que l'on constate à l'aide du détecteur d'oxygène 160<sub>b</sub>. Celui-ci, par l'intermédiaire d'organes de commande correspondants, ferme la valve 112 et met le distributeur 154<sub>b</sub> dans la position C-A et le distributeur 126 dans la position B-A, de sorte que le 35 "grand circuit de gaz inerte" passant par le récipient 138<sub>b</sub>

est constitué. Cela fait, à l'aide du détecteur d'oxygène 60b, on branche le registre de chauffage 118 et on met en action la partie de condensation 114, de sorte que la désorption de la charge d'adsorbant contenue dans le 5 récipient 138b peut s'effectuer, le chargement de la charge d'adsorbant du récipient 138a s'effectuant en même temps.

Une fois que la désorption de la charge du récipient 138b est terminée, on refroidit le récipient en débranchant 10 le registre de chauffage 118 (par le détecteur de vapeur de solvant 164) et par une commutation appropriée des distributeurs 134, 142 et 148, de la façon décrite plus haut, on commute à l'adsorption, tandis que l'on met tout d'abord sous atmosphère inerte le récipient 138a 15 par une commutation appropriée des distributeurs 148 et 154a et qu'ensuite, on commute à la désorption en commutant les distributeurs 162 et 154b.

On peut répéter cette commutation aussi souvent que l'on veut. En raison des mécanismes de commande décrits, 20 le processus peut se dérouler de façon largement automatique et on peut déterminer exactement le moment optimal des commutations, de sorte que l'on peut aussi limiter les pertes de gaz inerte conditionnées par le fonctionnement.

En outre, grâce à la commande de processus selon 25 l'invention, on évite que des vapeurs de solvant et d'autres substances nuisibles condensables ne puissent arriver dans l'atmosphère.

REVENDICATIONS

- 1.- Procédé de récupération de solvants adsorbés sur un adsorbant et provenant d'air d'échappement qui contient des vapeurs de solvant, consistant à faire
- 5      passer un courant chaud de gaz inerte à travers l'adsorbant en tant que milieu de désorption, à séparer par condensation les vapeurs de solvant absorbées par le courant de gaz inerte en refroidissant celui-ci, à séparer le condensat de solvant et à réutiliser comme milieu de désorption
- 10     le courant de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant et réchauffé, ce procédé étant caractérisé en ce que, pour séparer par condensation les vapeurs de solvant, on comprime le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant, éventuellement après un prérefroidissement, et
- 15     on le refroidit avec fourniture d'énergie dans une turbine à détente.
- 2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise directement le travail fourni par la turbine à détente pour comprimer le courant de gaz
- 20     inerte chargé de vapeurs de solvant.
- 3.- Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'on comprime en au moins deux stades le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant et qu'on le refroidit en au moins un stade
- 25     intermédiaire.
- 4.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on fait fonctionner le premier étage de compression ou les suivants au moyen de travail fourni de l'extérieur et que l'on fait fonctionner le
- 30     deuxième ou le dernier étage de compression en accouplement mécanique avec la turbine à détente.
- 5.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on refroidit le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant en échange indirect
- 35     de chaleur avec l'air d'échappement pauvre en vapeurs de

solvant.

6.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on utilise le courant de gaz inerte refroidi pauvre en vapeurs de solvant pour le 5 refroidissement indirect du courant de gaz inerte comprimé chargé de vapeurs de solvant.

7.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'on fait passer alternativement le courant chaud de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant 10 à travers au moins deux charges d'adsorbant chargées de solvant, en ce que l'on retire du circuit de gaz inerte la charge d'adsorbant chaque fois appauvrie en solvant par désorption et en ce qu'on la charge à nouveau de solvant venant de l'air d'échappement froid chargé 15 de vapeurs de solvant.

8.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'à la phase initiale de la désorption de l'une des charges d'adsorbant, on retire du circuit une partie du courant de gaz inerte chaud contenant de 20 l'air d'échappement comme impureté et on l'amène à l'une ou à l'autre charge d'adsorbant appauvrie en solvant.

9.- Procédé de récupération de solvants adsorbés sur un adsorbant et provenant d'air d'échappement qui contient des vapeurs de solvant, dans lequel, après avoir 25 chassé l'air d'échappement entourant l'adsorbant, on fait passer alternativement comme milieu de désorption un courant chaud de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant à travers deux charges d'adsorbant chargées de solvant, on condense par refroidissement les vapeurs de solvant 30 absorbées par le courant de gaz inerte, on sépare le condensat de solvant et on utilise à nouveau pour la désorption, après un nouveau chauffage, le courant de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant, et on retire du circuit de gaz inerte la charge d'adsorbant chaque 35 fois appauvrie en solvant par désorption et on la charge

à nouveau de solvant provenant de l'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant, ce procédé étant caractérisé en ce que, au début de la phase de désorption, on mesure la concentration d'oxygène du courant de gaz inerte

- 5 contenant comme impureté de l'air d'échappement, en ce qu'avant que la concentration d'oxygène ne devienne inférieure au maximum permis, on conduit ce courant à l'autre charge d'adsorbant, appauvrie en solvant, et en ce que, seulement lorsque la concentration d'oxygène est
- 10 devenue inférieure au maximum permis, on branche à nouveau la charge d'adsorbant dans le circuit de gaz inerte.

10.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'au début de la phase de désorption, on introduit le courant de gaz inerte dans la charge respective d'adsorbant appauvrie en solvant à une température inférieure à celle qui est nécessaire à la désorption.

11.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que l'on règle automatiquement la température de désorption nécessaire, une fois que la concentration d'oxygène est devenue inférieure au maximum permis.

12.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que, dans le cas de mélanges de solvant, 25 on effectue une désorption fractionnée en élevant graduellement la température de désorption.

13.- Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'on effectue automatiquement l'élévation graduelle de la température de désorption.

30 14.- Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'à la phase de désorption, on mesure la concentration de vapeurs de solvant dans le courant de gaz inerte qui a passé par la charge respective d'adsorbant et en ce que l'on amorce la phase de chargement une fois qu'une concentration prescrite est

atteinte.

15.- Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'on abaisse automatiquement la température de la charge d'adsorbant lors de l'amorçage de la phase de 5 chargement.

16.- Installation pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 15, comportant au moins un récipient à adsorbant muni de tuyaux d'amenée et d'évacuation permettant de faire passer au travers, 10 alternativement, un courant froid d'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant et un courant de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant, au moins un refroidisseur relié au tuyau d'évacuation du courant de gaz inerte qui 15 s'est chargé de vapeurs de solvant dans le récipient à adsorbant, au moins un séparateur de solvant branché à la suite du ou des refroidisseurs et au moins un dispositif branché à la suite du dernier séparateur de solvant, relié au tuyau d'amenée au récipient à adsorbant et servant à réchauffer le courant de gaz inerte refroidi 20 pauvre en vapeurs de solvant, cette installation étant caractérisée en ce que le refroidisseur parcouru par le courant de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant constitue une turbine à détente (74) branchée à la suite 25 d'au moins un compresseur (70).

17.- Installation selon la revendication 16, caractérisée en ce qu'avant la turbine à détente (74) sont branchés des refroidisseurs (66, 44).

18.- Installation selon l'une des revendications 16 et 17, caractérisée en ce que la turbine à détente 30 (74) est accouplée mécaniquement à un compresseur (70).

19.- Installation selon l'une des revendications 16 à 18, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins deux compresseurs (58, 70), entre lesquels est disposé chaque fois un refroidisseur intermédiaire (66).

20.- Installation selon l'une des revendications 35

16 à 19, caractérisée en ce que l'un des compresseurs (58) ou les suivants sont accouplés à une machine de travail extérieure (60) et en ce que le deuxième ou le dernier compresseur (70) est directement accouplé mécaniquement à la turbine à détente (74).

5 21.- Installation selon l'une des revendications 16 à 20, caractérisée en ce que, dans le courant chaud de gaz inerte chargé de vapeurs de solvant est branché un échangeur thermique indirect (40), qui est parcouru 10 par l'air d'échappement froid pauvre en vapeurs de solvant.

22.- Installation selon l'une des revendications 16 à 21, caractérisée en ce qu'entre le compresseur (70) et la turbine de détente (74) est branché, comme dispositif de réchauffement, dans le courant de gaz inerte chargé 15 de vapeurs de solvant, un échangeur thermique (44) parcouru par le courant froid de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant.

23.- Installation selon l'une des revendications 16 à 22, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins 20 deux récipients à adsorbant (28a, 28b) dont, alternativement, l'un (28b ou 28a), dont l'adsorbant est chargé de solvant, est branché dans le circuit de gaz inerte pauvre en vapeurs de solvant et l'autre (28a ou 28b), dont l'adsorbant est appauvri en vapeurs de solvant, est débranché du circuit 25 de gaz inerte et branché dans un courant froid d'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant.

24.- Installation selon l'une des revendications 16 à 23, caractérisée en ce que l'un des récipients à adsorbant (28b) est muni d'un tuyau d'évacuation (37), 30 conduisant à l'autre récipient à adsorbant (28a) et par lequel, au début de la désorption, on conduit à l'autre récipient à adsorbant (28a) une partie du courant de gaz inerte contenant de l'air d'échappement comme impureté et contenant des vapeurs de solvant.

35 25.- Installation pour la mise en œuvre du procédé

selon l'une des revendications 1 à 15, comportant deux récipients à adsorbant, dont, alternativement, l'un, dont l'adsorbant est chargé de solvant, est branché dans le circuit de gaz inerte pauvre en vapeur de solvant et 5 l'autre, dont l'adsorbant est appauvri en solvant, est débranché du circuit de gaz inerte et branché dans un courant froid d'air d'échappement chargé de vapeurs de solvant, un refroidisseur relié au tuyau d'évacuation de l'un des récipients à adsorbant et suivi d'un séparateur 10 de solvant pour éliminer les vapeurs de solvant contenues dans le courant de gaz inerte après l'un des récipients à adsorbant, et un dispositif branché à la suite du séparateur de solvant, relié au tuyau d'amenée à l'un des récipients à adsorbant et servant à réchauffer le 15 courant de gaz inerte refroidi, pauvre en solvant, cette installation étant caractérisée en ce que l'un des récipients à adsorbant (138a) est muni d'un tuyau d'évacuation (152a, 156a, 130, 136b), conduisant à l'autre récipient à adsorbant (138b) et par lequel, au début de la phase de 20 désorption, une partie du courant de gaz inerte contenant de l'air d'échappement comme impureté et contenant des vapeurs de solvant est conduite à l'autre récipient à adsorbant.

26.- Installation selon la revendication 25, caractérisée en ce que, dans les tuyaux d'évacuation (152a, 152b : 25 144 ; 128) des récipients à adsorbant, parcourus par l'air d'échappement et par le gaz inerte, sont prévus des détecteurs d'oxygène et des détecteurs de vapeurs de solvant (160a, 160b, 146, 164), qui sont reliés à des 30 organes servant à commander des distributeurs de commutation (112, 134, 142, 148, 154a, 154b, 162) ou des dispositifs de manœuvre pour chauffer ou refroidir le courant de gaz inerte.

27.- Installation selon l'une des revendications 35 25 et 26, caractérisée en ce que, pour compenser les

pertes de gaz inerte en service, une source de gaz inerte (110) est branchée dans le tuyau à gaz inerte.

28.- Installation selon l'une des revendications 25 à 27, caractérisée en ce que la source de gaz inerte (110) peut être commandée par un détecteur d'oxygène (160a, 160b) branché dans un tuyau d'évacuation (152a, 152b) du récipient à adsorbant (138a, 138b).





