



(51)5 В 01 D 53/26

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО СССР
(ГОСПАТЕНТ СССР)

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

- (21) 4787787/26
(22) 01.02.90
(46) 07.05.93. Бюл. № 17
(71) Белорусский политехнический институт
(72) А.В. Лукьянский, С.А. Федюшин,
В.С. Курчаков и Д.И. Шкловчик
(56) Руководство по эксплуатации.
Блок осушки воздуха автоматический.
Производственное объединение "Курган-
архимаш", 1980.
(54) СПОСОБ РЕГЕНЕРАЦИИ СИЛИКАГЕЛЯ
(57) Изобретение относится к про-

2

цессам осушки сжатого воздуха с использованием твердых адсорбентов. Сущность изобретения заключается в проведении регенерации силикагеля в процессе осушки сжатого воздуха путем продувки силикагеля сухим воздухом под давлением 3 кг/см² при температуре не ниже 190°С, в котором продувку осуществляют в присутствии мелкодисперсного силикагеля с диаметром зерна не более 0,14-0,16 мм и концентрацией не выше 1,3 кг/м³.
2 ил.

Изобретение относится к способам регенерации сыпучих фильтрующих материалов, в частности силикагеля, от паров воды и может быть использовано на компрессорных станциях, вырабатывающих сжатый воздух для технологических нужд в различных областях промышленности.

Целью изобретения является повышение скорости нагрева силикагеля, в процессе регенерации и экономия электроэнергии на процесс нагрева воздуха.

Цель достигается тем, что регенерацию силикагеля осуществляют сжатым до давления 3 кг/см² влажным воздухом, нагретым до температуры не ниже 190°С, в котором присутствует мелкодисперсный силикагель с диаметром зерна не более 0,14-0,16 мм и концентрацией не выше 1,3 кг/м³.

На фиг.1 представлена технологическая схема для осуществления способа.

Схема включает компрессор 1, состоящий из трех разделенных холодильниками 2 и 3 ступеней компрессора (низкого, среднего и высокого давления), холодильник 4 после ступени высокого давления и теплообменник 5, соединенные трубопроводами 6 и 7 через задвижку 8 с технологическим трубопроводом 9, потребляющим сжатый воздух, содержащий остаточную влагу после теплообменника 5 и холодильника 4. Для получения осушенного воздуха с точкой росы минус 40°С в схеме предусмотрены два блока 10 и 11 осушки воздуха от остаточной влаги, который предназначен для централизованного питания пневматических приборов, регуляторов и для других технологических целей. Блоки 10 и 11 осушки соединены через трубу 12 и задвижки 13 и 14 с технологическим трубопроводом 9, а через задвижки 15 и 16 с трубопроводом 17 осушенного воздуха. Схема имеет фильтры 18

и 19 очистки воздуха от пыли. Электронагреватели 20 и 21 включены в схему подогрева воздуха, идущего в блоки 10 и 11 осушки на регенерацию силикагеля. Блок 10 и 11 осушки через задвижки 22 и 23 соединены трубопроводами 24 и 25 с эжектором 26 и трубопроводом 6 сжатого воздуха. Эжектор 26 через трубу 27 и задвижку 28 соединен с технологическим трубопроводом 29 выбросного воздуха.

Способ осуществляется следующим образом.

Работа компрессора в режиме осушки сжатого воздуха.

Воздух из атмосферы поступает в ступень I компрессора 1, в ней сжимается, охлаждается в холодильнике 2, затем воздух поступает в ступень II компрессора 1, сжимается, охлаждается в холодильнике 3, дальше воздух поступает в ступень III компрессора 1, в холодильник 4 ступени высокого давления и теплообменник 5. Сжатый воздух после теплообменника 5 разделяется на два технологических потока. Первый поток с остаточной влажностью атмосферного воздуха поступает на производство через задвижку 8 в технологический трубопровод 9. Второй поток сжатого воздуха поступает в трубопровод 12 через задвижки 13 и 14, затем в блоки 10 и 11 осушки попеременно (один блок работает на осушку воздуха от остаточной влажности, другой блок работает в процессе регенерации) и дальше через задвижки 15 и 16 осушенный воздух направляется в технологический трубопровод 17 осушенного воздуха.

Работа компрессора в режиме регенерации силикагеля.

Влажный воздух из трубопровода 6 по трубе 30 через задвижку 31 поступает в эжектор 26, в который подсасывается по трубе 27 через задвижку 28 после фильтра 18 из трубопровода 29 (выбросной линии) теплый воздух. Выбросной воздух в своем объеме содержит мелкодисперсный силикагель с диаметром частиц зерна не более 0,14-0,16 мм и концентрацией не выше 1,3 г/м³. Размер зерна силикагеля регулируется металлической сеткой с просветом клеток 0,12 мм, установленной в фильтре 18. После эжектора 26 по трубопроводам 24 и 25

влажный воздух поступает попеременно в электронагреватели 20 и 21 и затем в блоки 10 и 11 осушки на регенерацию силикагеля. Из блоков осушки влажный воздух через задвижки 32 и 33 поступает в сбросную линию 29 и через фильтр 19 направляется в атмосферу.

П р и м е р. На всас ступени I поступает атмосферный воздух с $P = 1 \text{ кг/см}^2$, температурой 20°C и относительной влажностью 66%. Содержание влаги в воздухе $d_1 = 17,3 \cdot 0,66 = 11,3 \text{ г/м}^3$. После сжатия воздуха в ступени I до давления 3 кг/см^2 воздух подогревается и поступает в холодильник 2, где температура воздуха понижается до 25°C . Этому состоянию воздуха соответствует содержание влаги в 1 м^3 до 23 г/м^3 . Объем воздуха при давлении 3 кг/см^2

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{(273 + 25)}{(273 + 20)} = 0,34 \text{ м}^3.$$

В объеме $0,34 \text{ м}^3$ при температуре 25°C максимально может содержаться водяного пара

$$d_2^{\text{макс}} = 23 \cdot 0,34 = 7,8 \text{ г.}$$

Так как $d_2^{\text{макс}} < d_1$, то конденсация водяного пара равна $d_1 - d_2 = 11,3 - 7,8 = 3,5 \text{ г/м}^3$.

При сжатии воздуха до 5 кг/см^2 во второй ступени компрессора воздух нагревается, затем охлаждается в холодильнике 3 до температуры 26°C . Этому состоянию воздуха соответствует содержание влаги в 1 м^3 до 25 г/м^3 .

Объем воздуха при давлении 5 кг/см^2

$$V_2 = \frac{1}{5} \cdot \frac{(273 + 25)}{(273 + 20)} = 0,203 \text{ м}^3.$$

В объеме $0,203 \text{ м}^3$ при температуре 26°C максимально может содержаться водяного пара

$$d_3^{\text{макс}} = 25 \cdot 0,203 = 5,075 \text{ г.}$$

Так как $d_3^{\text{макс}} < d_2$, то конденсация водяного пара равна $d_2 - d_3 = 7,8 - 5,07 = 2,73 \text{ г/м}^3$.

В цилиндр высокого давления поступает после холодильника воздух с содержанием влаги $5,07 \text{ г/м}^3$. При температуре 26°C после холодильника 3

объем воздуха после сжатия в ступени III равен

$$V_3 = \frac{1}{8} \frac{(26 + 273)}{(20 + 273)} = \frac{1 \cdot 299}{8 \cdot 293} = 0,12 \text{ м}^3.$$

Температура воздуха после ступени III равна 136°C (по опытным данным). При температуре воздуха 136°C в нем может содержаться водяного пара $d_4^{\text{макс}} = 1785 \cdot 0,12 = 214 \text{ г/м}^3$.

Так как $d_4^{\text{макс}} > d_3^{\text{макс}}$, то конденсации водяного пара в патрубке после ступени III не будет и воздух, поступающий по трубопроводу 30 к эжектору 26, с давлением 8 кг/см^2 имеет влаго-содержание

$$d = 5,07 \cdot \frac{8}{1} \frac{(26 + 273)}{(136 + 273)} = 29,05 \text{ г/м}^3.$$

Влажность воздуха, поступающего после блоков сушки по трубопроводу 27 в эжектор 26, при температуре 100°C и давлении $1,5 \text{ кг/см}^2$ равна при 20%-ном содержании пара в воздухе

$$d = 0,2 \cdot 0,862 = 0,172 \text{ кг/м}^3 = 172 \text{ г/м}^3.$$

Средняя температура воздуха после эжектора 26 составляет

$$t_{\text{ср}} = \frac{136 + 100}{2} = 118^\circ\text{C}.$$

Средняя влажность воздуха, поступающего в эжектор при 50%-ном под-сосе воздуха по линии 27,

$$d = \frac{172}{8} = 86 \text{ г/м}^3.$$

Общая средняя влажность воздуха до эжектора равна при коэффициенте инжекции 1,76

$$d = \frac{29,05 + 86 \cdot 0}{1,76} = 65,3 \text{ г/м}^3.$$

Воздух после эжектора подогревается в воздухоподогревателе до 190°C . Процесс нагрева воздуха в электронагревателе происходит не ниже температуры 190°C и рассчитывается по I-d-диаграмме (см. фиг. 2). Кроме того, подсосываемый влажный воздух содержит в своем объеме мелкодисперс-

ный силикагель с диаметром зерна не более $0,14-0,16 \text{ мм}$ и концентрацией не выше $1,3 \text{ кг/м}^3$. По I-d-диаграмме уточненная конечная влажность воздуха после блока осушки составляет 110 г/м^3 (точка b). При температуре воздуха перед эжектором 118°C , влажность воздуха равна $d=87 \text{ г/м}^3$ (точка c).

Количество воздуха, поступающего по линии трубопровода 30 в эжектор 26,

$$L_{\text{ст}} = L_{\text{общ}} \frac{65 - 87}{65 - 110} = L_{\text{общ}} \frac{20}{45} = 0,48 \cdot L_{\text{общ}}.$$

Количество воздуха, поступающего после блока осушки по трубопроводу 27 в эжектор 26,

$$L_{\text{адг}} = L_{\text{общ}} \frac{87 - 110}{65 - 110} = L_{\text{общ}} \frac{23}{45} = 0,52 \cdot L_{\text{общ}}.$$

Количество влаги, осевшей в адсорбере в час при производительности компрессора $250 \text{ м}^3/\text{мин}$, $4,13 \text{ г/м}^3$ - влагосодержание воздуха после холодильника 4,

$$W = 4,13 \cdot 250 \cdot 60 = 61950 \text{ г/ч} = 61,95 \text{ кг/ч}.$$

Расход воздуха на осушку при регенерации силикагеля осушенным воздухом составляет $250 \text{ м}^3/\text{мин}$.

$$D_1 = 29,96 \cdot 61,95 = 1856 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход влажного воздуха на 1 кг влаги составляет

$$M' = \frac{1000}{110 - 65} = \frac{1000}{45} = 22,22 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Расход воздуха при регенерации силикагеля влажным воздухом

$$D_2 = 22,22 \cdot 61,95 = 1376 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Количество влажного воздуха, поступающего из ступени III компрессора по трубопроводу 30 к эжектору 26.

$$L_{\text{ст}} = 0,48 \cdot 1376 = 660 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Количество влажного воздуха после блока осушки

$$L_{\text{адг}} = 0,52 \cdot 1376 = 715 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход мощности на адиабатическое сжатие воздуха, идущего на регенера-

цию силикагеля в блоке осушки сухим воздухом

$$N_{ag}^c = \frac{1856}{102 \cdot 3600} \cdot \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 10000 \times$$

$$\times \left[\left(\frac{80000}{10000} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = 140 \text{ кВт.}$$

Расход мощности на адиабатическое сжатие воздуха, идущего на регенерацию силикагеля в блоке влажным воздухом

$$N_{ag}^в = \frac{660}{102 \cdot 3600} \cdot \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 10000 \times$$

$$\times \left[\left(\frac{30000}{10000} \right)^{0,285} - 1 \right] = 20,82 \text{ кВт.}$$

Экономия мощности при сравнении способов

$$\Delta N = 140 - 20,82 = 119,18 \text{ кВт.}$$

Расход энергии на подогрев сухого воздуха от температуры 20°C до 190°C в электронагревателе

$$Q_1 = D \cdot C \cdot (190-20) = 94656 \text{ ккал/ч.}$$

Расход электроэнергии

$$\mathcal{E}_1 = \frac{Q_1}{860} = \frac{94656}{860} = 110 \text{ кВт.}$$

Расход энергии на подогрев влажного воздуха от 118 до 190°C в электронагревателе

$$Q_2 = D_2 \cdot C \cdot (190-118) = 29721 \text{ ккал/ч.}$$

Расход электроэнергии

$$\mathcal{E}_2 = \frac{Q_2}{860} = \frac{29721}{860} = 34,56 \text{ кВт.}$$

Экономия электроэнергии от применения способа регенерации силикагеля

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 110 - 34,56 =$$

$$= 75,44 \text{ кВт.}$$

Суммарная экономия электроэнергии от применения сушки силикагеля по способу

$$\Sigma N = \Delta N + \Delta \mathcal{E} = 119,18 + 75,44 =$$

$$= 194,62 \text{ кВт.}$$

Годовой экономический эффект от применения способа регенерации силикагеля влажным воздухом, причем на один компрессор работает четыре блока осушки непрерывно, т.е. два блока осушки работают на осушку воздуха силикагелем, а два блока находятся в регенерации и наоборот, время работы в году составляет $\hat{t}_{чг} = 6500$,

$$\Delta \mathcal{E} = \Sigma N \cdot \hat{t} \cdot e \cdot n = 194,62 \cdot 6500 \times$$

$$\times 0,12 \cdot 2 = 303606 \text{ руб/г.,}$$

где \hat{t} - время работы блоков в год, ч,
 e - стоимость электроэнергии, кВт·ч, 0,12 руб;
 n - количество блоков осушки.

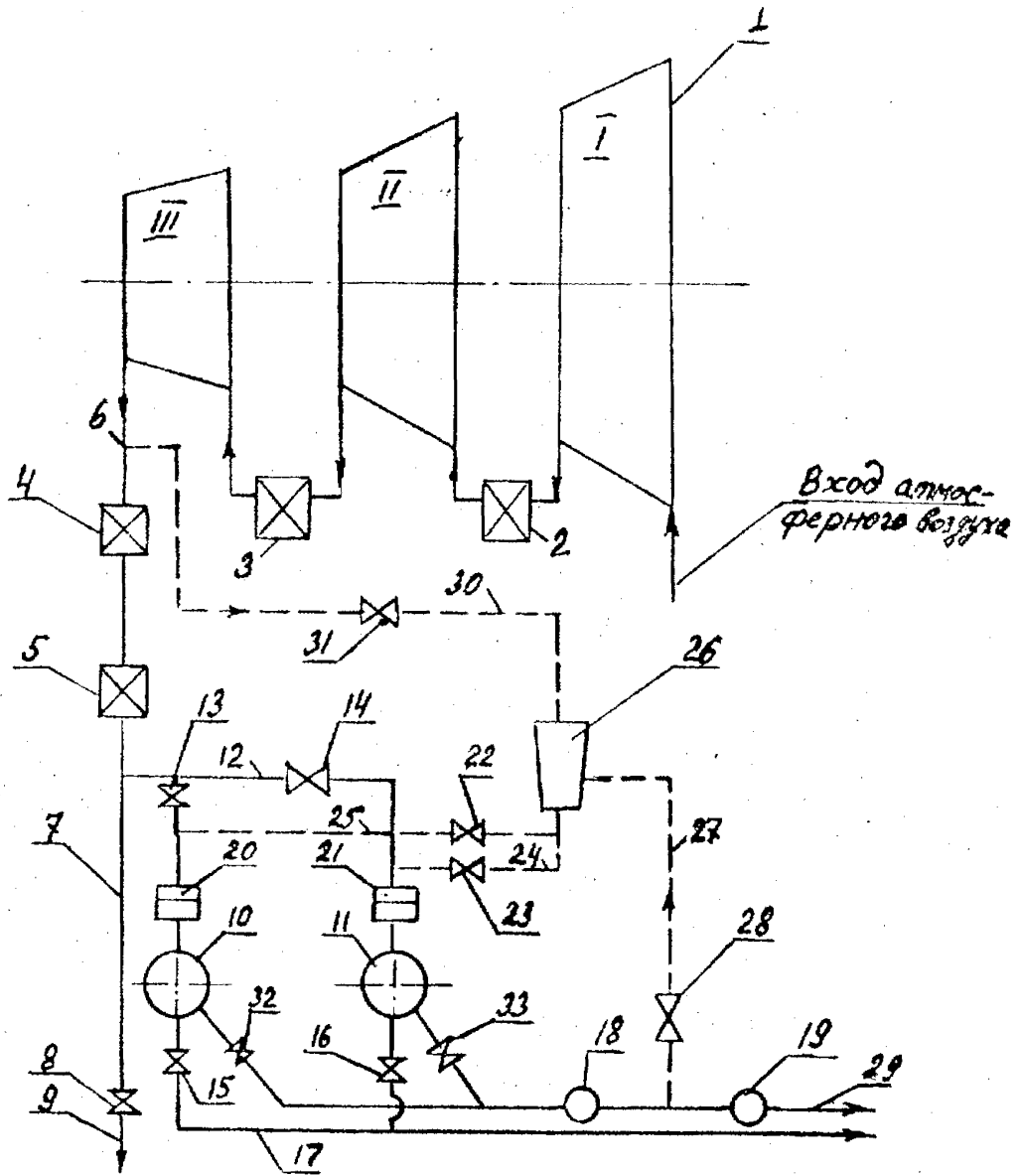
Газовзвесь, состоящая из силикагеля с диаметром зерна не более 0,14-0,16 мм и концентрацией не выше 1,3 кг/м³, повышает теплообмен между газовзвесью и регенерируемым силикагелем по формуле

$$N_{un}/N_u = 1 + 0,3\mu^2,$$

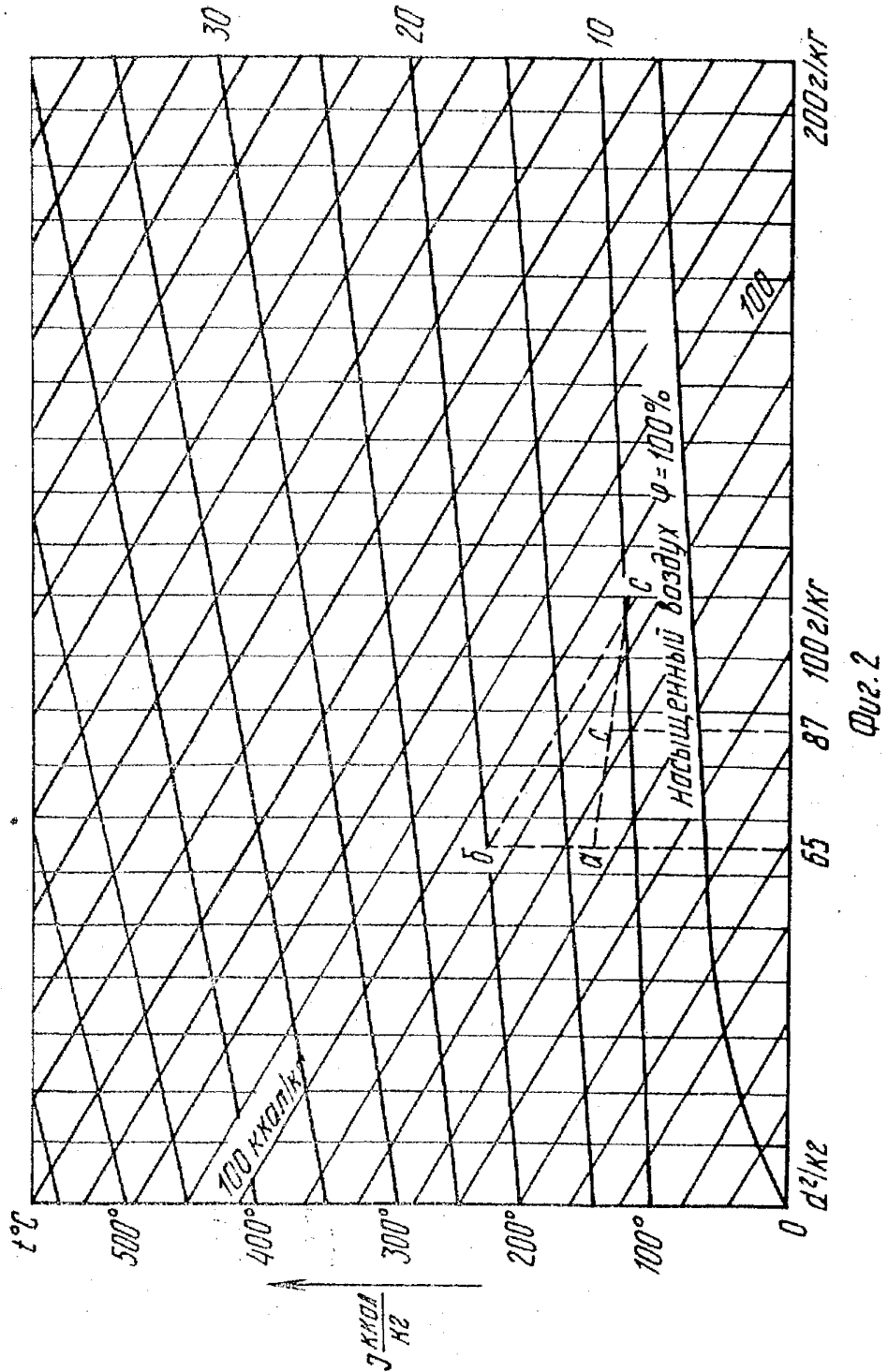
где N_{un} - поток газовзвеси;
 N_u - чистый поток;
 μ - концентрация мелкодисперсного силикагеля в кг/м³.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ регенерации силикагеля путем осушки сжатого воздуха, включающий продувку силикагеля воздухом под давлением 3 кг/см² и температуре не ниже 190°C, отличающийся тем, что, с целью снижения энергозатрат, продувку осуществляют влажным воздухом в присутствии мелкодисперсного силикагеля с диаметром зерна не более 0,14-0,16 мм и концентрацией не выше 1,3 кг/м³.



Фиг. 1



Редактор Составитель А. Лукьянский Корректор Л. Пилипенко
 Техред М. Моргентал

Заказ 1799 Тираж Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101