

Rozenfel'd, L.M., Dr. d. techn. Wiss., Prof., M.S. Karnauch, Kand.
d. techn. Wiss. - Institut teplofiziki Sibirskogo otdelenija AN SSSR -

Der Einfluß der nichtkondensierenden Gase auf die
Arbeitsweise einer Bromlithium-Absorptionsmaschine

Die Arbeitsvorgänge einer Bromlithium-Absorptionsmaschine vollziehen sich unter Hochvakuum (der Restdruck beträgt im Absorber $4 \div 6$, im Kondensator $30 \div 50$ mm Quecksilbersäule), weshalb sie auch von einer geringen Menge nichtkondensierenden Gases wesentlich beeinflußt werden.

Bei Betrieb der Maschine ist es möglich, daß in die Apparate Luft eindringt. Aus diesem Grunde ist die quantitative Untersuchung des Einflusses von Gas auf die Arbeitsvorgänge von praktischem Interesse.

Im Jahre 1965 wurde am Prüfstand des Synthesefaser-Werks in Černigov [1] der Einfluß von Stickstoff auf die Arbeit des Absorbers anhand einer Prüfung des Funktionsmusters einer Bromlithium-Maschine untersucht.

Aus einem Meßgefäß 1 (Abb. 1) wurde mit Hilfe einer Vakuumpumpe 2 die Luft entfernt. Darauf wurde das Meßgefäß durch ein Ventil 3 bis zum Atmosphärendruck mit Stickstoff gefüllt. Das Vakuum im Gefäß wurde durch ein Quecksilberdifferentialmanometer 4 bestimmt.

Während des stationären Betriebs der Maschine schaltete man die Dampf-Luft-Gemisch-Entnahmesysteme aus dem Anlagenteil Absorber-Verdampfer 5 und aus dem Anlagenteil Generator-Kondensator 6 heraus. Zu diesem Zweck wurden die Ventile 7 und 9 umgeschaltet und die Vakuumpumpen 8 und 10 ausgeschaltet; darauf arbeitete die Maschine eine gewisse Zeit bei stationärer Betriebsweise, was ein Beweis für eine gute hermetische Abdichtung des Systems war.

Aus dem Meßgefäß 1 wurde durch ein Ventil 11 in den Anlagenteil Absorber-Verdampfer 5 mehrere Male hintereinander eine bestimmte Dosis Stickstoff eingegeben, deren Menge nach den Werten des Differentialmanometers 4 bestimmt wurde, worauf erneut stationäre Betriebsweise eintrat. Das Ergebnis war eine Abhängigkeit der Maschinenleistung von der Stickstoffmenge im Absorber. Bei Beendigung des Versuchs wurden

die Dampf-Luft-Gemisch-Entnahmesysteme erneut eingeschaltet, worauf die anfängliche Betriebsweise der Maschine einsetzte.

Beim Eintritt des Stickstoffes war eine Temperaturerhöhung des gekühlten Wassers und ein Sinken der Kälteleistung zu beobachten. Auf Abbildung 2 und auf der Tabelle ist die Abhängigkeit der Kälteleistung der Maschine vom Stickstoffgehalt im Anlagenteil Absorber-Verdampfer dargestellt.

Die gewichtsmäßige Stickstoffkonzentration wurde nach der Formel

bestimmt, wobei g_a und g_{a_0} das Gewicht von Stickstoff und Wasserdampf - in g - im Anlagenteil Absorber-Verdampfer waren. (1)

Der Versuch zeigt, daß der Eintritt von 30 g nichtkondensierenden Gases in den Anlagenteil Absorber-Verdampfer einer Maschine mit der nominalen Leistung von 2,5 Mill. kcal/h genügt, um die Leistung um eine Mill. kcal/h zu senken.

Die Effektivität der Arbeit der Maschine wird also in entscheidendem Maße durch den Grad der hermetischen Abgeschlossenheit und durch die Arbeitsfähigkeit des Dampf-Luft-Gemisch-Entfernungssystems bestimmt.

Zur Entlüftung wird das Dampf-Luft-Gemisch aus der Anlage abgesaugt. Da ja das spezifische Volumen der Wasserdämpfe bei niedrigen Drucken groß ist, ist es notwendig, sie durch Kondensation oder Absorption vor den Vakuumpumpen abzuscheiden. Die Anwendung der Absorption ermöglicht es, bei vorgegebener Kühlwassertemperatur Dämpfe mit niedrigerem Druck abzusaugen als beim Kondensationsprozess.

Bei einer Kühlwassertemperatur von 24 °C beträgt der im Gleichgewicht befindliche Partialdruck der Wasserdämpfe über der Bromlithiumlösung in Wasser 5 - 7 mm Quecksilbersäule. Für die Dampfkondensation ist bei diesem Druck Kühlwasser mit der Temperatur von 2 - 6 °C notwendig.

Zur Abscheidung der Wasserdämpfe durch Kondensation ist eine Spezialkältemaschine erforderlich. Sie kann in Form eines zusätzlichen Kompressoraggregates mit einer vorgegebenen Größe der abzusaugenden Dämpfe entsprechenden Stundenleistung bestehen.

Weitaus zweckmäßiger ist die Anwendung der Dampfabsorption mit

Hilfe einer in der Anlage zirkulierenden Bromlithiumlösung. Eine solche Anlage ist relativ einfach und besteht darin, daß man in die Bromlithium-Absorptionsmaschine einen zusätzlichen Absorber (Nebenabsorber) einschaltet, in den die Lösung aus dem Hauptabsorber strömt. Das Funktionsmuster einer Bromlithiummaschine (s. Abb. 1) ist mit einem System zur Entziehung des Dampf-Luft-Gemisches ausgerüstet, zu dem die zusätzlichen Absorber (Nebenabsorber) 12 und 13 und die Rotationsvakuumpumpen 8 und 10 gehören [2].

Um das Dampf-Luft-Gemisch aus dem Anlagenteil Absorber-Verdampfer 5 zu entfernen, leitet man es aus dem kälteren Teil des Absorbers durch ein Ventil 7, das zur Mengenregelung des eingegebenen Gemisches dient, in den Nebenabsorber 12.

In den Nebenabsorber gelangt arme (entgaste) Lösung durch ein Ventil 14 aus dem Hauptabsorber. Die Kühlung des Nebenabsorbers erfolgt durch kaltes, im Verdampfer der Maschine gewonnenes Wasser oder (bei stärkerer Lösungskonzentration) durch warmes, durch Vermischung des kalten Wassers aus dem Verdampfer mit Flußwasser erzeugtes Wasser. Da ja die Lösungstemperatur im Nebenabsorber, verglichen mit der im Hauptabsorber, niedriger ist, wird in ihm zusätzlich Wasserdampf absorbiert. Das Gemisch wird mit Luft angereichert, durch die Vakuumpumpe 8 abgesaugt und in die Atmosphäre gestoßen. Die arme (entgaste) Lösung fließt durch einen hydraulischen Abschluß 16 aus dem Nebenabsorber in den Hauptabsorber.

Analog vollzieht sich die Entfernung des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Anlagenteil Generator-Kondensator 6. In diesem Falle werden die Ventile 9 und 15, der Nebenabsorber 13, der hydraulische Verschuß 17 und die Vakuumpumpe 10 beansprucht.

Der für die Entfernung des Dampf-Luft-Gemisches erforderliche Aufwand an Kälte und elektrischer Energie ist gering und spielt für die Wärmebilanz der Maschine keine Rolle.

Prüfungen des hier erörterten Systems bewiesen seine hohe Betriebssicherheit und seine Fähigkeit, den normalen Dauerbetrieb einer Maschine zu garantieren.

Abbildung 1

Schematische Darstellung einer Bromlithium-Absorptionsmaschine.

Abbildung 2

Abhängigkeit der Kälteleistung der Maschine vom Stickstoffgehalt im Anlagenteil Absorber-Verdampfer.

Tabelle - Stickstoffgehalt

1. Spalte: Gewicht in g
2. Spalte: Gehalt in %
3. Spalte: Kälteleistung in Mill. kcal/h

Literatur

1. Rozenfel'd, L.M. u.a.: Charakteristiki krupnogo bromistolitievogo cholodil'nogo agregata. "Cholodil'naja tehnika", 1966, Nr 3.
2. Rozenfel'd, L.M., M.S. Karnauch: Zajavka na avtorskoe svidetel'stvo Nr 941256/24-6.

13. VI. Hesse

ВЛИЯНИЕ НЕКОНДЕНСИРУЮЩИХСЯ ГАЗОВ НА РАБОТУ АБСОРБИЦИОННОЙ БРОМИСТОЛИТИЕВОЙ МАШИНЫ

Проф., доктор техн. наук Л. М. РОЗЕНФЕЛЬД, канд. техн. наук М. С. КАРНАУХ — Институт теплофизики Сибирского отделения АН СССР

Рабочие процессы абсорбционной бромистолитиевой машины протекают под глубоким вакуумом (остаточное давление в абсорбере $4 \div 6$, в конденсаторе $30 \div 50$ мм рт.ст.), в связи с чем даже незначительное количество неконденсирующегося газа оказывает на них существенное влияние.

При эксплуатации машины возможно попадание воздуха внутрь аппаратов. Поэтому количественное исследование влияния газа на рабочие процессы представляет практический интерес.

В 1965 г. на стенде Черниговского завода синтетического волокна [1] при испытании головного образца бромистолитиевой машины было исследовано влияние азота на работу абсорбера.

Из мерного бака 1 (рис. 1) с помощью вакуум-насоса 2 удаляли воздух. Затем через вентиль 3 мерный бак заполняли азотом до атмосферного давления. Вакуум в баке определяли ртутным дифференциальным манометром 4.

Во время работы машины при установившемся режиме отключали системы удаления паровоздушной смеси из блока абсорбер—испаритель 5 и блока генератор—конденсатор 6. Для этого переключали вентили 7 и 9 и отключали вакуум-насосы 8 и 10, после этого машина работала некоторое время в установившемся режиме, что свидетельствовало о хорошей герметичности системы.

Из мерного бака 1 через вентиль 11 в блок абсорбер—испаритель 5 подавалась последовательно несколько раз определенная порция азота, количество которого определяли по показаниям дифференциального манометра 4, и снова достигался установившийся режим. В результате была получена зависимость производительности машины от количества азота в абсорбере. По окончании опыта снова включались системы удаления паровоздушной смеси и достигался исходный режим работы машины.

При поступлении азота наблюдалось повышение температуры охлажденной воды и понижение холодопроизводительности. На рис. 2 и в таблице дана зависимость холодопроизводи-

тельности машины от содержания азота в блоке абсорбер—испаритель.

Весовую концентрацию азота определяли по формуле

$$\xi_a = \frac{g_a}{g_a + g_{в.п}} \cdot 100\%$$

где g_a и $g_{в.п}$ — вес азота и водяного пара в блоке абсорбер—испаритель, г.

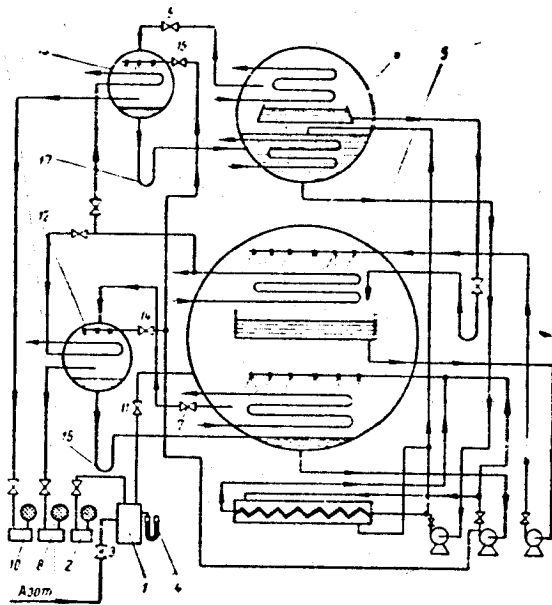


Рис. 1. Схема абсорбционной бромистолитиевой машины.

Опыт показывает, что поступление неконденсирующегося газа в количестве 30 г в блок абсорбер—испаритель машины с номинальной производительностью 2,5 млн. ккал/ч достаточно, чтобы снизить производительность на 1 млн. ккал/ч.

Таким образом, эффективность работы машины в значительной мере определяется степенью ее герметичности и работоспособностью системы удаления паровоздушной смеси.

Для удаления воздуха из системы отсасывают паровоздушную смесь. Поскольку удель-

ный объем водяных паров при низких давлениях велик, возникает необходимость в их отделении перед вакуумными насосами путем конденсации или абсорбции. Применение абсорбции дает возможность при наличии заданной температуры охлаждающей воды отсасывать пары более низкого давления, чем в процессе конденсации.

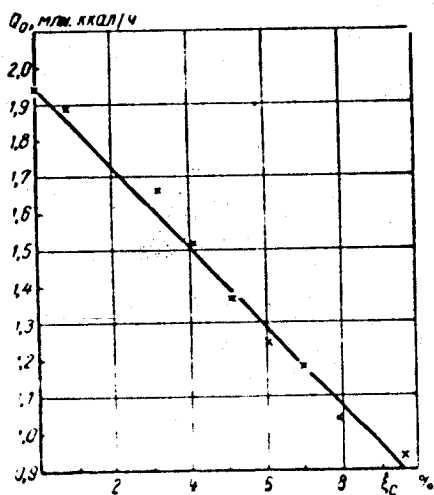


Рис. 2. Зависимость холодопроизводительности машины от содержания азота в блоке абсорбер—испаритель.

Так, при температуре охлаждающей воды 24°C равновесное парциальное давление водяных паров над раствором бромистого лития в воде составляет 5÷7 мм рт.ст. Для конденсации паров при этом давлении необходима охлаждающая вода с температурой 2÷6°C.

Для отделения водяных паров путем конденсации необходима специальная холодильная машина. Она может быть выполнена в виде дополнительного компрессорного агрегата с часовой производительностью, соответствующей заданной величине отсасываемых паров.

Гораздо целесообразнее применение абсорбции паров с помощью циркулирующего в системе раствора бромистого лития. Такая система сравнительно проста и осуществляется путем включения в абсорбционную бромистолитиевую машину дополнительного абсорбера с подачей в него раствора из основного абсорбера. Головной образец бромистолитиевой машины (см. рис. 1) снабжен системой для удаления паровоздушной смеси, включающей дополнительные абсорберы 12 и 13 и ротационные вакуум-насосы 8 и 10 [2].

| Содержание азота | | Холодопроизводительность Q_0 , млн. ккал/ч |
|------------------|---------------|--|
| ζ_2 , % | ζ_2 , % | |
| 0 | 0 | 1,94 |
| 1,95 | 0,8 | 1,89 |
| 8,45 | 3,2 | 1,66 |
| 11,05 | 4,08 | 1,51 |
| 14,3 | 5,1 | 1,37 |
| 17,55 | 6,05 | 1,26 |
| 20,8 | 7,0 | 1,18 |
| 24,0 | 7,9 | 1,04 |
| 30,0 | 9,5 | 0,94 |

Чтобы удалить паровоздушную смесь из блока абсорбер—испаритель 5, ее направляют из наиболее холодной части абсорбера в дополнительный абсорбер 12 через вентиль 7, который служит для регулирования количества подаваемой смеси.

В дополнительный абсорбер через вентиль 14 поступает слабый раствор из основного абсорбера. Дополнительный абсорбер охлаждается холодной водой, получаемой в испарителе машины, либо (при высокой концентрации раствора) более теплой водой, получаемой путем смешивания холодной воды из испарителя с речной водой. Поскольку температура раствора в дополнительном абсорбере по сравнению с основным ниже, в нем дополнительно абсорбируется водяной пар. Смесь обогащается воздухом, отсасывается вакуум-насосом 8 и выбрасывается в атмосферу. Слабый раствор сливается через гидрозатвор 16 из дополнительного абсорбера в основной.

Аналогично происходит удаление паровоздушной смеси из блока генератор—конденсатор 6. В этом случае используется дополнительный абсорбер 13, вентили 9 и 15, гидрозатвор 17 и вакуум-насос 10.

Расходы холода и электрической энергии, затрачиваемые на удаление паровоздушной смеси, малы и не играют роли в тепловом балансе машины.

Рассмотренная система прошла испытания, которые показали ее высокую надежность и способность обеспечивать нормальную работу машины в течение длительного времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенфельд Л. М. и др. Характеристики крупного бромистолитиевого холодильного агрегата. «Холодильная техника», 1966, № 3.
2. Розенфельд Л. М., Карнаух М. С. Заявка на авторское свидетельство № 941256/24—6.