

В. Л. Бондаренко

Получение газовых смесей

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по университетскому политехническому
образованию в качестве учебного пособия для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки
«Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»
(16.03.03 и 16.04.03)*



Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н. Э. Баумана

2 0 1 5

В. Л. Бондаренко

Получение газовых смесей

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по университетскому политехническому
образованию в качестве учебного пособия для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки
«Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»
(16.03.03 и 16.04.03)*



Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н. Э. Баумана

2 0 1 5

УДК 533.27(075.8)

ББК 31.392

Б81

Издание доступно в электронном виде на портале *ebooks.bmstu.ru*
по адресу: <http://ebooks.bmstu.ru/catalog/57/book926.html>

Факультет «Энергомашиностроение»
Кафедра «Холодильная, криогенная техника,
системы кондиционирования и жизнеобеспечения»

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *Е.И. Борзенко*,
канд. техн. наук *В.В. Школа*

Бондаренко, В. Л.

Б81

Получение газовых смесей : учебное пособие / В. Л. Бондаренко. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. — 34, [6] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-4012-2

Приведены основные сведения о газовых смесях. Указаны перспективные области использования многокомпонентных веществ. Даны примеры решения задач, связанных с получением продуктов с заданной концентрацией компонентов. Рассмотрены основные методы приготовления комбинированных веществ, в том числе на основе редких газов.

Для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, изучающих криогенную технику.

УДК 533.27(075.8)

ББК 31.392

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015

© Оформление. Издательство МГТУ
им. Н.Э. Баумана, 2015

ISBN 978-5-7038-4012-2

ПРЕДИСЛОВИЕ

В современных технологиях применяют разнообразные газовые смеси, в состав которых входят гелий, неон и тяжелые редкие газы. Эти компоненты обладают рядом уникальных свойств, их введение в состав защитных, лазерных и дыхательных газов позволяет получить ощутимый положительный эффект [1, 2].

Растущие объемы потребления газовых смесей и многообразие их составов обусловили появление различных типов смесительных устройств. Однако не все они пригодны для получения газовых сред, в состав которых входят относительно дорогие компоненты (Ne, Kr, Xe и их стабильные изотопы).

В учебном пособии рассмотрены основные методы приготовления комбинированных веществ с заданной концентрацией компонентов, в том числе редких газов.

Издание включает три раздела: «Общие сведения», «Газовые смеси» и «Способы образования газовых смесей». В первом разделе описан состав атмосферного воздуха и некоторые физические свойства его компонентов. Рассмотрены области применения газовых смесей на основе инертных газов. Второй раздел посвящен смесям на основе инертных газов. Описан процесс смешения, процесс изменения концентрации газовой смеси в установке. В третьем разделе изложены способы образования различных газовых смесей. Описаны методы смешения в замкнутом объеме. Даны контрольные вопросы.

Учебное пособие предназначено для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, изучающих криогенную технику.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Чистые вещества в природе практически не встречаются. Понятие «чистый продукт» употребляется в повседневной жизни для того, чтобы подчеркнуть относительно малое содержание примесей. Например, понятие «чистый воздух» акцентирует внимание на том, что в продукте, состоящем из десятка компонентов (табл. 1.1), содержится мало вредных примесей (СО, пыли и др.), «чистый спирт» – не что иное, как раствор этилового спирта и 4 % воды, «чистая вода» – смесь обычной воды (H₂O) и тяжелой воды (D₂O).

Таблица 1.1

Состав воздуха и некоторые физические свойства его компонентов [1–4]

Вещество	Химическая формула	Атомная (молекулярная) масса μ , кг/кмоль	Плотность ρ при 0,1 МПа и 293 К, кг/м ³	Нормальная температура кипения		Объемная доля в воздухе y , %
				К	°С	
Гелий	He	4,00	0,1663	4,2	–269,0	0,000524
Водород	H ₂	2,02	0,0837	20,4	–252,8	0,00005
Неон	Ne	20,18	0,829	27,1	–246,1	0,0018
Азот	N ₂	28,01	1,165	77,4	–195,8	78,09
Аргон	Ar	39,95	1,662	87,3	–185,9	0,93
Кислород	O ₂	32,00	1,331	90,2	–183,0	20,95
Криптон	Kr	83,80	3,493	119,8	–153,4	0,000114
Ксенон	Xe	131,30	5,497	165,0	–108,2	0,000008
Диоксид углерода	CO ₂	44,01	1,815	194,6*	–78,6*	0,036
Водяной пар	H ₂ O	18,04	0,017**	373,2	+100,0	0,1...5

* Сублимация (фазовый переход твердое тело – пар).

** Плотность водяного пара приведена при $p = 0,0023$ МПа.

Важнейшим назначением искусственно приготовленных смесей является создание защитной среды (рис. 1.1), что позволило внедрить в пищевые отрасли герметичные упаковки с модифицированными газовыми составами. В отличие от вакуумного хранения инертные среды дают возможность сберечь натуральные качества продукта и сохранить его форму.

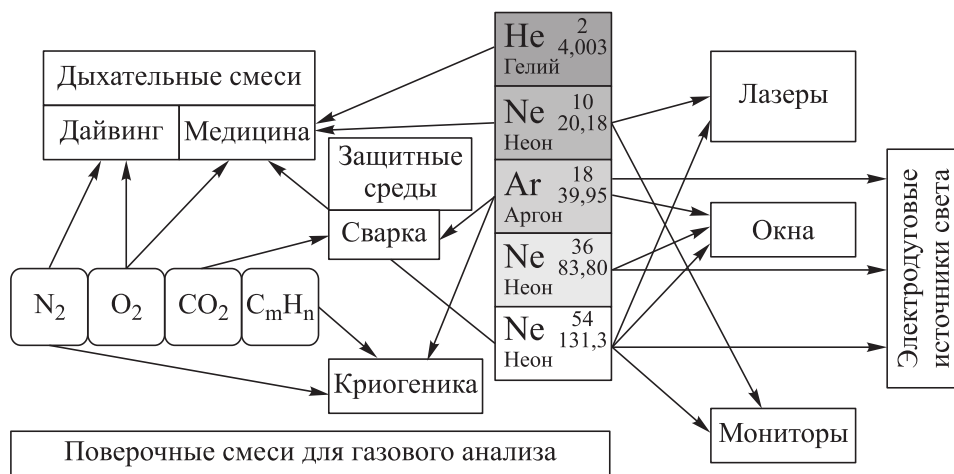


Рис. 1.1. Некоторые области применения газовых смесей на основе инертных газов

В осветительных приборах используют смеси на основе тяжелых инертных газов (Ar, Kr и Xe). Они исключают взаимодействие раскаленных нитей с кислородом и снижают тепловые потери. Это дает возможность повысить мощность специальных ламп накаливания и продлить срок их службы.

Современные технологии электродуговой сварки базируются на применении многокомпонентных смесей на основе аргона, диоксида углерода, гелия и других промышленных газов. Защитные газы гарантируют качество сварного соединения и повышают производительность сварочных работ. Себестоимость сварных соединений уменьшают за счет сокращения потерь электродного металла на разбрызгивание и снижения трудоемкости обработки области сварного шва. Защитные газовые смеси востребованы также при пайке, плавлении и горячей обработке металлов в электронике и прецизионном машиностроении.

Перспективная область применения газовых смесей — эксимерные лазеры. Для эксимерных газов используют следующие смеси:

- аргон – гелий – неон (буфер) (Ar – He – Ne);
- фтор (5 %) – гелий (F – He);
- фтор – аргон – гелий (F – Ar – He);
- фтор – аргон – гелий – неон (F – Ar – He – Ne);
- фтор – аргон – неон (F – Ar – He);
- фтор – криптон неон (F – Kr – Ne).

Экимерные лазеры являются мощнейшими источниками ультрафиолетового излучения. Их применяют во многих современных технологиях. Активное тело таких лазеров – многокомпонентная газовая среда на основе галогенов, а также He, Ne, Ar, Kr и Xe. Используют следующие лазерные смеси:

- диоксид углерода – азот ($\text{CO}_2 - \text{N}_2$);
- диоксид углерода – азот – гелий ($\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{He}$);
- гелий (<40 %) – азот – диоксид углерода ($\text{He} - \text{N}_2 - \text{CO}_2$);
- гелий – оксид углерода – диоксид углерода – ксенон – кислород ($\text{He} + \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{Xe} + \text{O}_2$).

Ксенон в сочетании с другими инертными газами применяют также для наполнения ячеек плоских мониторов. Такая панель содержит миллионы капсул, из которых каждые три (зеленый, красный, синий) образуют одну точку на экране. Управляемый холодный разряд вызывает ионизацию и свечение газа, называемое холодной плазмой (что отразилось в названии телевизионных экранов).

Кислород в сочетании с инертными газами используют в медицинской практике (при диагностике, анестезии). Например, кислородно-гелиевая смесь (гелиокс) необходима при лечении дыхательной недостаточности. Ксенон в составе смесей с кислородом применяют для диагностики кровотока в мышцах, состояния легких, для лечения неврозов и посттравматических синдромов, а также в компьютерной томографии. Уникальные свойства стабильных изотопов гелия-3, неона-21 и ксенона-129 обусловили их использование в качестве инструмента визуализации в системах ядерного магнитного резонанса для диагностики легочной микроструктуры.

Гипербарические дыхательные смеси формируют преимущественно на основе гелия и кислорода. Такие среды необходимы для обеспечения глубоководных погружений в автономном снаряжении и кессонных аппаратах. При этом по мере возрастания давления объемная доля кислорода в газе снижается до нескольких процентов (рис. 1.2).

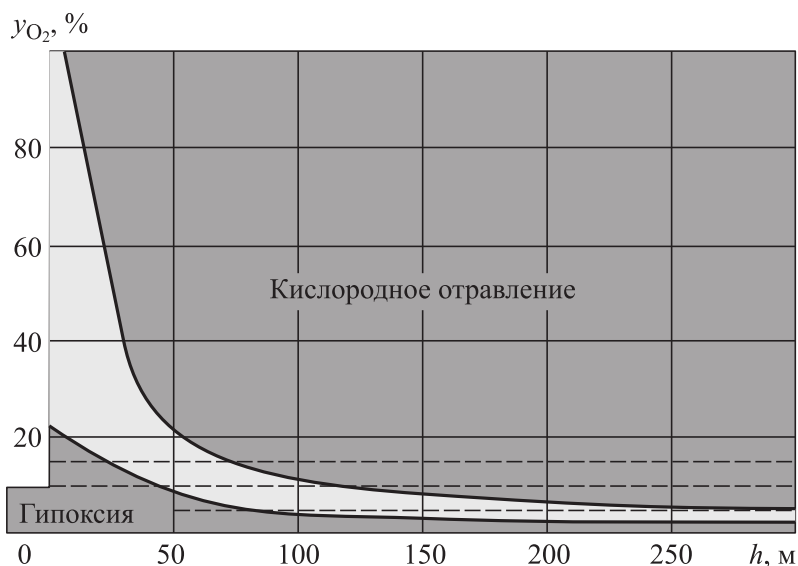


Рис. 1.2. Безопасный состав дыхательной смеси He – O₂ в зависимости от глубины погружения

Эталонные (поверочные) газовые смеси предназначены для метрологического обеспечения газоаналитических средств, которые используют во многих технологических процессах. Достоверная информация о компонентном составе потоков и стационарных газовых объемах – залог эффективности и безопасности производств.

Приведенные примеры охватывают далеко не всю сферу применения комбинированных газовых продуктов, которые также востребованы в строительной отрасли, холодильной технике, энергетике и др.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. Общие сведения	4
2. Газовые смеси	8
2.1. Основные определения	8
2.2. Процесс смешения	9
2.3. Получение газовых смесей	12
2.4. Изменение концентрации газовой смеси в установке	16
3. Способы образования газовых смесей	23
3.1. Дозаторы непрерывного действия	23
3.2. Методы смешения в замкнутом объеме.....	28
3.2.1. Гравиметрический метод	28
3.2.2. Манометрический метод	28
3.3. Получение и хранение смесей в жидком виде	32
Контрольные вопросы	35
Литература	36