

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДО-КИСЛОРОДНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Анатолий Поляков

Луганский национальный аграрный университет

Ул. Артема, 44, Харьков, Украина. E-mail: lnau_mechfac@ukr.net

Anatoly Polyakov

Lugansk National Agrarian University

Str. Artem, 44, Kharkov, Ukraine. E-mail: lnau_mechfac@ukr.net

Аннотация. Получаемая при электролизе воды горючая водородо-кислородная газовая смесь, используемая для газовой сварки, характерна повышенным влагосодержанием, что вызывает проблемы при получении качественных сварных соединений. В данной статье обоснована необходимость и способ осушения водородно - кислородной газовой смеси, полученной при электролизе воды в газосварочной установке. Произведен анализ способов осушения газов и обоснован выбор оптимального способа, приемлемого для малогабаритных не стационарных водородо-кислородных газосварочных установок. Для оценки эффективности предполагаемого способа осушения газовой смеси выполнены расчеты с использованием уравнения состояния идеального газа. В результате получены данные по изменению температуры водородно-кислородной смеси при ее адиабатическом расширении от начального до конечного состояния при определенных значениях параметров давления и температуры.

Результаты расчетов подтверждены данными испытаний водородо-кислородной газосварочной установки, которые подтвердили правомерность применения выбранного способа осушения газовой смеси.

Ключевые слова: газовая смесь, осушение, влагосодержание.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Энергия является основным ресурсом, обеспечивающим существование современного общества. Мировые потребности в энергии сейчас удовлетворяются в основном за счет нефти, природного газа и угля, запасы которых имеют ограничения. Проблемы истощения природных ресурсов и ухудшения экологической обстановки - общеизвестны. В настоящее время повсеместно разрабатываются рекомендации по уменьшению потребления углеводородного сырья как по экологическим причинам, так и из-за исчерпания запасов. Экологическая составляющая становится жестким ограничителем объемов сжигания органического топлива. Поэтому наряду с эффективным энергосбережением требуется изыскание способов получения энергии из новых источников, а также улучшение экологических характеристик действующих и вновь разрабатываемых энергетических установок и оборудования.

В настоящее время для газопламенной обработки металлов (сварка, резка, пайка) широкое распространение получили газосварочные установки, источником газового пламени в которых является ацетилен. Дефицит карбида кальция, необходимого для получения ацетилена, а также значительные расходы на транспортировку баллонов с кислородом к месту выполнения газосварочных работ, определили необходимость проведения работ по созданию аппаратуры и технологий для обработки материалов пламенем газов заменителей ацетилена.

Одним из наиболее перспективных путей решения указанной задачи является использование водородо-кислородной смеси (гремучего газа), получаемой при разложении воды в электролизерах под воздействием электрического тока.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Разработке и исследованию конструкций, особенностей процессов, происходящих при электролизе воды в генераторах с различными электролитами уделяется достаточное внимание. В Украине исследования, проведенные специалистами Института электросварки им. Е. О. Патона, Киевского политехнического института и ряда других организаций [3, 6, 7, 14, 17, 21] и за рубежом [1, 16, 18, 19], показали, что в газовой сварке вместо горючего газа ацетилена можно использовать водород. При этом производительность и качество сварки углеродистых сталей и многих других сплавов могут быть такими же, как при работе с ацетиленом. Однако, недостаточное внимание авторами [5, 6, 20] уделялось изучению вопросов подготовки к эффективному горению генерируемой в электролизере газовой смеси, то-есть снижению ее влагоемкости и максимальной защиты газового пламени от подсоса кислорода из воздуха на выходе из мундштука горелки. В связи с изложенным и был рассмотрен вопрос осушения водородо-кислородной газовой смеси.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Цель работы – обоснование необходимости подготовки газовой водородо-кислородной смеси к работе в газосварочной установке для поднятия температуры горения и обеспечения высокого качества сварочных работ.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Для реализации поставленной цели были выполнены ряд расчетов, результаты которых проверены при испытаниях сварочной установки.

Экспериментальная часть исследований проводилась на водородно-кислородной газосварочной установке Газотрон 2000, разработанной в Харьковском национальном техническом университете сельского хозяйства им. П.Василенко и работающей по принципу электролитического разложения воды на водород и кислород.

Исходя из теоретических предпосылок, для получения 1 м³ гремучего газа при электролизе расходуется 0,537 кг воды. Однако, как показывают экспериментальные исследования, при работе электролизных генераторов (электролизеров) расход воды оказывается существенно выше. При эксплуатации таких устройств необходимо стремиться к минимизации ее расхода по двум причинам.

Во-первых, для нормальной работы сварщика требуется, чтобы установка могла работать без дозаправки водой, как минимум 4 часа, то-есть половину рабочей смены, а объем электролита в электролизере сопоставим с расходом воды за рабочую смену. Следовательно, увеличение расхода воды потребует увеличения емкостей для ее содержания, а это повлечет за собой увеличение габаритов, массы и металлоемкости сварочной установки, что крайне нежелательно.

Во-вторых, определенная часть воды из электролита при рабочей температуре электролиза ($t_{ом} = 80-90^{\circ}\text{C}$) уносится вместе с выделившимися водородом и кислородом. Из этого следует, что увеличение расхода воды выше 0,537 кг на производство 1 м³ гремучего газа связано с насыщением горючей смеси парами воды, которые способствуют снижению температуры пламени и существенно влияют на ухудшение физико-механических свойств сварного соединения.

В связи с этим, при использовании в газосварочных установках водородно-кислородных электролизеров, необходимо предусмотреть нахождение рациональных способов отделения влаги от получаемой в электролизере горючей газовой смеси и реализации их при обработке конструкции сварочных установок.

Количество воды уносимой с 1 м³ гремучего газа составит:

$$g_n = \frac{P}{P - p}, \quad (1)$$

где: g_n – количество паров воды, содержащихся в 1 м³ гремучего газа, кг; p – парциальное давление паров воды над электролитом, кПа; P – общее давление паро – газовой смеси, кПа; 0,805 – плотность паров воды, приведенная к нормальным условиям.

Таблица 1. Парциальное давление водяного пара над растворами КОН, кПа

Table 1. The partial pressure of water vapor over КОН, kPa

Концентрация КОН, %	Температура, °С					
	0	20	40	60	80	100
0	0,61	2,33	7,35	19,9	47,2	101,1
5	0,58	2,20	7,17	18,7	46,2	98,2
10	0,55	2,10	6,75	17,5	43,6	93,2
15	0,52	1,95	6,30	17,0	40,2	87,0
20	0,47	1,75	5,80	15,5	37,3	79,5
25	0,42	1,55	5,17	13,5	32,5	70,7
30	0,35	1,40	4,25	12,0	28,0	61,2

Таблица 2. Парциальное давление водяного пара над растворами NaOH, кПа

Table 2. The partial pressure of water vapor over the solution of NaOH, kPa

Концентрация NaOH, %	Температура, °С					
	0	20	40	60	80	100
0	0,609	2,33	7,36	19,86	47,23	101,08
10	0,598	2,13	6,92	18,62	42,56	81,13
20	0,505	1,86	5,58	17,29	35,91	73,15
30	0,273	1,06	3,46	10,50	25,27	59,85
40	0,106	0,47	1,86	5,85	14,63	38,57
50	-	-	0,48	1,99	5,32	17,29

Удаление влаги из газовой смеси может быть проведено физическим или химическим методами.

Химический метод состоит в том, что осушение газовой смеси происходит при помощи твердого едкого натра, едкого кали, хлористого кальция, концентрированной серной кислоты или карбида кальция. Однако, использование в осушителях агрессивных химических веществ практически не реально, в связи с определенными требованиями по охране труда.

Физические методы осушения предусматривают:

- поглощение влаги из газовой смеси в адсорберах, заполненных силикагелем или алюмогелем (активированной окисью алюминия),

- конденсацию влаги при охлаждении газовой смеси вследствие уменьшения количества водяного пара, содержащегося в смеси при полном насыщении (относительной влажности 100%).

Адсорберы поглощают влагу из газа, однако требуют периодического обслуживания – регенерации. Учитывая относительно большой объем воды, уносимой из электролизера с гремучим газом, размеры осушителя могут быть соизмеримы с размерами электролизера, а регенерация адсорбента требует дополнительных затрат труда, рабочего времени и создает определенные неудобства при эксплуатации сварочной установки.

Наиболее перспективным является осушитель газовой смеси, принцип работы которого основан на истечении водородно-кислородной смеси из сопла

(жиклера) под действием перепада давлений в электролизере и осушителе. Газовая смесь, перемещаясь из полости с большим давлением в полость с меньшим - расширяется, а значит охлаждается, и влага, находящаяся в газовой смеси, конденсируется в осушителе. Использование осушителей такого типа приводит к некоторому повышению давления в электролизере, что позволяет не только осушать газовую смесь в осушителе, но и уменьшить суммарное количество воды уносимой из электролизера.

Для оценки эффективности такого осушителя выполним некоторые расчеты. Определим, как изменится температура кислородно-водородной смеси при его адиабатическом расширении от его начального состояния определяемого параметрами $P_1=0,2 \cdot 10^6$ мПа и температурой $T_1 = 333^\circ\text{K}$ ($T_1=60^\circ\text{C}$) до конечного состояния с давлением $P_2 = 0,11 \cdot 10^6$ мПа.

Кислородно-водородная смесь состоит из объемных долей кислорода $\gamma_{O_2}=1/3$ и водорода $\gamma_{H_2} = 2/3$. Газовая постоянная смеси $R_{см}$ исходя из уравнения Клапейрона-Менделеева равна:

$$R_{см} = \frac{8314}{\mu_{см}} = \varphi \frac{8314}{\gamma_{O_2} \mu_{O_2} + \gamma_{H_2} \mu_{H_2}}, \quad (2)$$

где: μ_{O_2} , μ_{H_2} – молекулярные массы соответственно кислорода и водорода.

Показатель адиабаты для кислородно-водородной смеси равен:

$$K_{см} = \frac{C_{P,см}}{C_{V,см}} = \frac{\gamma_{H_2} \frac{\mu_{C_{P_{H_2}}} + \gamma_{O_2} \frac{\mu_{C_{P_{O_2}}}}{\mu_{O_2}}}{\gamma_{H_2} \frac{\mu_{C_{V_{H_2}}} + \gamma_{O_2} \frac{\mu_{C_{V_{O_2}}}}{\mu_{O_2}}}}. \quad (3)$$

Исходя из уравнения Клапейрона находим удельный объем газа:

$$V_1 = \frac{R_{см} T_1}{P_1}. \quad (4)$$

Определим удельный объем газа после расширения, исходя из соотношения параметров газа при адиабатическом расширении:

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{K}}. \quad (5)$$

Конечная температура газа:

$$T_2 = \frac{P_2 \cdot V_2}{R_{см}}. \quad (6)$$

Из электролита концентрацией 25% КОН, количество воды, уносимой с 1 м^3 газовой смеси из электролизера с осушителем, уменьшится, а температура смеси газов понизится от $T = 333^\circ\text{K}$ к $T = 280,86^\circ\text{K}$:

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{P}{P-p} = \frac{P_{oc}-p}{P-p}, \quad (7)$$

где: g_1 – количество воды, уносимой из электролизера без осушителя с 1 м^3 газовой смеси, $\text{г}/\text{м}^3$; g_2 – количество воды, уносимой из электролизера с осушителем с 1 м^3 газовой смеси, $\text{г}/\text{м}^3$; p – парциальное давление водяного пара над 25%-ным раствором КОН при температуре 60°C , кПа; P – давление газовой смеси в электролизере без осушителя, кПа; P_{oc} –

давление газовой смеси в электролизере при использовании осушителя, кПа.

При работе электролизера с осушителем количество воды, уносимой с вырабатываемой газовой смесью, составит $58,3 \text{ г}/\text{м}^3$, а без осушителя – $102 \text{ г}/\text{м}^3$. Кроме того, при понижении температуры газовой смеси в осушителе до $7,8^\circ\text{C}$, количество влаги в этой смеси, при относительной влажности 100%, уменьшится до $7,5 \text{ г}/\text{м}^3$ (табл. 3).

Таблица 3. Количество влаги в газе при полном насыщении

Table 3. The amount of moisture in the gas is fully saturated with

Температура, $^\circ\text{C}$	Уд. вес водяных паров, $\text{г}/\text{м}^3$ газа	Температура, $^\circ\text{C}$	Уд. вес водяных паров, $\text{г}/\text{м}^3$ газа
30	30,3	5	6,8
25	23,0	0	4,8
20	17,3	- 5	3,2
15	12,8	- 10	2,1
10	9,4	- 15	1,4

Следовательно, при прохождении 1 м^3 гремучего газа через осушитель, в нем сконденсируется $50,8 \text{ г}$ воды. Экспериментальные исследования водородно-кислородной газосварочной установки оборудованной осушителем, работающим по описанному выше принципу, подтвердили правильность приведенных расчетов. Достаточно высокая степень осушения газовой смеси позволила существенно повысить температуру водородно-кислородного пламени и значительно расширить технологические возможности сварочной установки.

ВЫВОДЫ

1. Для малогабаритной водородно-кислородной сварочной установки предложен наиболее перспективный осушитель газовой смеси, принцип работы которого основан на истечении водородно-кислородной смеси из сопла (жиклера) под действием перепада давлений в электролизере и осушителе.

2. Выполнены расчеты для оценки эффективности работы предложенного осушителя. Установлено, что при работе электролизера с осушителем количество воды, уносимой с вырабатываемой газовой смесью, составит $58,3 \text{ г}/\text{м}^3$, а без осушителя – $102 \text{ г}/\text{м}^3$. Кроме того, при понижении температуры газовой смеси в осушителе до $7,8^\circ\text{C}$, количество влаги в этой смеси, при относительной влажности 100%, уменьшится до $7,5 \text{ г}/\text{м}^3$ (табл.3).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Якименко Л.М., Модылевская И.Д., Ткачук З.А. 1970.** Электролиз воды. Под ред. д.т.н., проф. Л.М. Якименко. М.: Химия, – 135.
2. **Базаров И.П. 1991.** Термодинамика. М.: Высшая школа, – 376.
3. **Корж В.Н., Попиль Ю.С. 2010.** Обработка металлов водородно-кислородным пламенем. – К.: "Экотехнология", – 194. (Украина).

4. **Герашенко О.А., Гордов А.Н., Еремина А.К. 1989.** Температурные измерения. Справочник. Отв. ред. Герашенко О.А. Киев: Наукова думка, – 709. (Украина).
5. **Варламов И.В., Феоктистов Н.А. 1993.** Проблемы улучшения технологии и безопасности при выполнении сварочно-паяльных работ и охраны окружающей среды // Охрана окружающей среды на предприятиях бытового обслуживания. Сб. науч. труд. – М.: ГАСБУ, 45-60.
6. **Варламов И.В., Феоктистов Н.А., Теодорович Н.Н. 2001.** Электролизно-водные генераторы кислородно-водородной смеси в технологии пайки сварки // Теоретические и прикладные проблемы сервиса. №1. 10-224.
7. **Феоктистов Н.А. 2009.** Электролизно-водные генераторы с управлением от микро-ЭВМ // Естественные и технические науки. № 6. 567-570.
8. **Феоктистов Н. А. Кокорин В. В. Варламов И. В. 2011.** Методика расчета и проектирования кислородно-водородных сварочных станций малой мощности до 1 квт. Интернет-журнал Науковедение Вып. № 2 (7).
9. **Тридуб А.Г., Науменко А.О. 2009.** Усовершенствование оборудования водородно-кислородной сварки для восстановления деталей напылением // Вестник Харьковского государственного технического университета сельского хозяйства. Вып. 15 "Повышение надежности восстановленных деталей машин". 302-306.
10. **Дмитрий Милько. 2015.** Обоснование формы диффузора двухшнекового уплотнителя и теретические исследования изменяемого в нем давления // MOTROL commission of motorization and energetic in agriculture Vol. 17. №7. Lublin-Rzeszow 2015. 127-130.
11. **Виталий Власовец, Артем Науменко, Валерий Заец. 2015.** Теоретическое обоснование использования магнитного структурного анализа для оценки механических свойств деталей // MOTROL commission of motorization and energetic in agriculture Vol. 17. №7. Lublin-Rzeszow 2015. 159-162.
12. **Шержуков И.Г., Тридуб А.Г. и др. 2009.** Способ измерения температуры в факеле газового пламени // «Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения». XIII Международная научно-производственная конференция. – Белгород. – 219.
13. **Сидашенко О.И., Шержуков И.Г. 2009.** Исследования температуры водородно-кислородного сваривального пламя // Вестник Львовского национального аграрного университета: Агроинженерные исследования. – Львов. 120-122.
14. **Патент №52789. 2003.** (Украина) С25В9/00. Устройство для получения гремучего газа. Сидашенко О.И., Шержуков И.Г., Тридуб А.Г., Науменко А.О. Опубл. 15.01.2003. Бюл. №1.
15. **Патент № 29697. 2008.** (Украина) G01K 7/00. Процесс измерения температуры. Автисян В.К., Польотов В.А., Сидашенко О.И., Скобло Т.С., Тридуб А.Г., Шержуков И.Г. Опубл. 25.01.2008. Бюл. №2.
16. **Патент № 2254643.2004.** (РФ) H01M8/06. Батарея водородно-кислородных (воздушных) щелочных топливных. Каричев З.Р. Опубл.20.06.2005.
17. **Патент №1838058.1991.** (СССР) В 23 К 5/00. Устройство для получения гремучего газа. Тридуб А.Г., Шержуков И.Г., Сидашенко А.И. Опубл.30.08.93. Бюл. №32.
18. **Справочник. 1989.** Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. М.: Химия.
19. **Патент № 2060928. 1996.** (РФ) С01В3/08. Способ получения водорода и устройство для его осуществления. Константиновский В.А., Кириллов В.И., Ванин Ю.П., Трусов А.С. Опубл. 27.05.1996.
20. **Балакин В.И. 1986.** Применение электролизно-водных генераторов при пайке, резке и сварке// Автоматическая сварка. – №8 – 57-61.
21. **Кислицын В.М., Мусин А.Г., Шевченко В.П. 1981.** Газогенераторы водородно - кислородной смеси ГВК-1,5 и ГВК-0,2. – Киев.

THE USE OF HYDROGEN-OXYGEN MIXTURE FOR GAS WELDING

Summary. Obtained by the electrolysis of water combustible hydrogen-oxygen gas mixture used for gas welding, characterized by high moisture content, which causes problems in obtaining high-quality welded joints. In this article, the necessity of drying method and the hydrogen - oxygen gas mixture obtained by the electrolysis of water in the gas-welding unit. The analysis methods of drying gas and justified choice of the optimal method is not suitable for small stationary hydrogen-oxygen gas welding units. To evaluate the effectiveness of the intended method of drying the gas mixture, calculations using equation of state of ideal gas. As a result, the data obtained by the temperature of the hydrogen-oxygen mixture during its adiabatic expansion from the initial to the final state for certain values of the parameters of pressure and temperature.

The calculation results are confirmed by tests of hydrogen-oxygen gas-welding installation, which confirmed the validity of the application of the selected method of drying the gas mixture.

Key words: gas mixture, moisture content, drainage.