

УДК 621.9.047/.048

РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРОЛИЗНО-ВОДНОГО ГЕНЕРАТОРА

М. Б. Лещинский, Т. Р. Никулин

EXPANSION OF TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF THE WATER  
ELECTROLYSIS GENERATOR

M. B. Leshchinskiy, T. R. Nikulin

Традиционные технологии газопламенных работ имеют ряд недостатков, например таких, как высокая цена перезарядки баллонов, необходимость транспортировки их к месту проводимых работ, запрет на размещение ёмкостей с газом внутри помещений, высокий уровень загрязнения воздуха в зоне работ и других, связанных с эксплуатацией резервуаров, находящихся под давлением. Применение мобильных электролизно-водных генераторов позволяет решать эти проблемы. В статье рассмотрены результаты предварительных технологических испытаний по применению водородно-кислородного пламени, генерируемого электролизно-водным генератором при выполнении некоторых видов газопламенных работ. Исследовались прочностные характеристики паяных швов, полученных с помощью нескольких марок твердых припоев, и возможности использования водородно-кислородного пламени для оплавления покрытий, полученных нанесением шликерных смесей порошков. Технологическим испытаниям на разрыв подвергались плоские образцы, полученные пайкой. Их разрушение происходило по припою, но усилие разрушения было выше, чем при испытаниях на разрыв чистого припоя. Для исследования порошковых покрытий применялась технология нанесения покрытий на нитроцеллюлозной связующей. Оценка результатов испытаний производилась путем измерений твердости наплавленных материалов. Водородная сварка характеризуется медленным равномерным нагревом металла, в ряде случаев это и обуславливает использование ее в сварочном производстве при пайке и наплавочных работах. Произведен экономический расчет эффективности замещения традиционного газового баллонного оборудования электролизно-водными генераторами. Срок окупаемости при использовании водородно-кислородного генератора по сравнению с ацетилен-кислородным оборудованием составляет четыре-пять месяцев.

*электролизно-водный генератор, электролиз, сварка, пайка, наплавка, резка, газопламенные работы*

Traditional technology of gas-flame works has a number of drawbacks, such as a high price of cylinders recharging, the need for its transportation to the site, a ban on the placement of the gas tanks indoors, high levels of air pollution and others related to the operation of reservoirs under pressure. The use of mobile water electrolysis generators can solve these problems. The article describes the results of preliminary technological

tests on the application of hydrogen-oxygen flame generated by the water electrolysis generator in certain types of gas-flame operations. We investigated the strength properties of soldered joints obtained using several types of brazing solders and the possibility of using hydrogen-oxygen flame in coating fusion obtained by coating with slip powder mixtures. Technological breakdown tests were carried out on flat samples produced by soldering. Destruction of the samples occurred at a solder, but the breaking strength was higher than the breakdown test of pure solder. Coating technology with a nitrocellulose binder was applied for the studying powder coatings. Test evaluation was carried out by measuring the hardness of deposited materials. Hydrogen welding is characterized by slow uniform heating of metal, and in some cases, it leads to its use in welding production in soldering and surfacing works. Economic calculation of efficiency of replacement of traditional gas cylinder equipment with water electrolysis generators. Payback period of using hydrogen-oxygen generator is four-five month as compared with oxyacetylene equipment.

*electrolysis water generator, electrolysis, welding, soldering, surfacing, cutting, gas-flame works*

#### ВВЕДЕНИЕ

В ремонтных технологиях часто применяются технологии, которые предполагают использование электродуговой и газовой сварки.

Для газовой сварки используется традиционное газобаллонное оборудование, которое является громоздким, нуждается в периодическом обновлении при израсходовании газов, требует специального размещения и хранения (вне территории мастерских).

Газопламенную обработку можно проводить, используя водородно-кислородное пламя, генерируемое в электролизно-водном генераторе вместо применяемых сейчас газов. Такая замена позволит отказаться от дорогостоящего, громоздкого, неудобного баллонного хозяйства. Немаловажным следует считать факт уменьшения загрязненности окружающей среды, так как конечным продуктом при сжигании водородно-кислородной смеси является водяной пар. Эта технология относится к разряду энергосберегающих, что также определяет её актуальность.

В настоящее время разработаны электролизно-водные генераторы различной производительности, которые могут использоваться для газовой сварки металлов. Проведенные разработчиками исследования подтвердили возможность сварки деталей водородно-кислородным пламенем в производственных и ремонтных условиях.

Стоимость изготовления предлагаемого устройства сравнима со стоимостью оборудования, используемого в настоящее время. Следует учитывать также, что предлагаемое устройство не нуждается в специальном технологическом помещении. Также отсутствуют транспортные расходы, связанные с заменой газовых баллонов.

Таким образом, практическая значимость этого проекта для рыбной отрасли и в целом для региона не вызывает сомнений.

Исследования по расширению технологических возможностей использования электролизно-водного генератора для ремонтных мастерских включают экс-

перименты по изучению прочностных характеристик паяных швов, полученных с помощью припоев ЛО60-1 и Л63, и возможности использования водородно-кислородного пламени для оплавления покрытий, полученных нанесением шликерных смесей порошков.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Технологическим испытаниям на разрыв подвергались плоские образцы, полученные пайкой твердым припоем. Данный вид пайки применяется для получения прочных соединений, способных работать при различных условиях нагружений, при сохранении структуры соединяемых металлов.

Были подготовлены образцы из стали Ст3 толщиной 1 и 1,7 мм, которые после пайки припоем ЛО60-1 и Л63 были испытаны на разрывной машине Р-20. Предварительные испытания при пайке показали, что текучесть припоя Л63 несколько выше, поэтому было принято решение дальнейшие испытания проводить на образцах, полученных пайкой латунью Л63, используя в качестве флюса прокаленную буру. Были испытаны на разрыв образцы латуни Л63 (рис. 1), стальные образцы основы (рис. 2) и образцы, полученные пайкой (рис. 3).



Рис. 1. Внешний вид разрушенного образца припоя из латуни Л63  
Fig. 1. Broken sample with brass solder L63

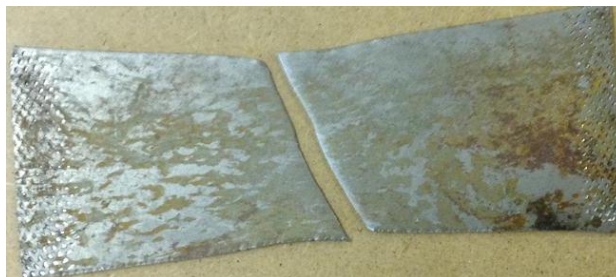


Рис. 2. Внешний вид разрушенного образца из Ст3  
Fig. 2. Broken sample of St3



Рис. 3. Внешний вид разрушенного паянного образца  
Fig. 3. Broken soldered sample

Разрушение образцов происходило по припою, но усилие разрушения было выше, чем при испытаниях на разрыв чистого припоя. Объясняется это тем, что атомы меди диффундировали в кристаллическую решетку стальных образцов, тем самым упрочняя межатомные связи. Результаты испытаний показаны в табл. 1 и на графике рис. 4.

Таблица 1. Результаты испытаний на разрыв  
Table 1. Experiment results of breakdown tests

№ п/п	Номер образцов	Толщина образцов, мм	Нагрузка при разрыве, кГс	$\sigma_{вр}$ , кГс/мм <sup>2</sup>
1	1,2	1,7	3100	35,7
2	3,4	1,7	3480	40,1
3	11,12	1,7	3400	39,2
4	5,6	1,0	1640	32,1
5	7,8	1,0	1730	33,9
6	9,10	1,0	1480	29,0



Рис. 4. Сводный график испытаний на разрыв образцов, полученных пайкой латунью Л63

Fig. 4. Summary diagram breakdown tests of samples with brass soldering (L63)

Также были проведены эксперименты по оплавлению следующих марок порошковых покрытий: ПТ-Ю10Н, ПТ-ЮНХ15СР2, ПГ-С27 и ПС 12 НВК-01 (ПГ-ЮН-01 65 % и карбиды вольфрама 35 %).

Для нанесения порошков применялась технология нанесения шликерных покрытий на нитроцеллюлозной связующей. Порошки замешивались со связующим и наносились на поверхность предварительно отшлифованного и обезжиренного образца (рис. 5).



Рис. 5. Образцы перед оплавлением  
Fig. 5. Samples before fusing

После высыхания связующего образцы обрабатывались факелом водородно-кислородного пламени и оплавливались ядром пламени (рис. 6). Положительные результаты были получены на порошках ПГ-С27 и ПТ-ЮНХ15СР2, состав порошков показан на диаграммах (рис. 7).

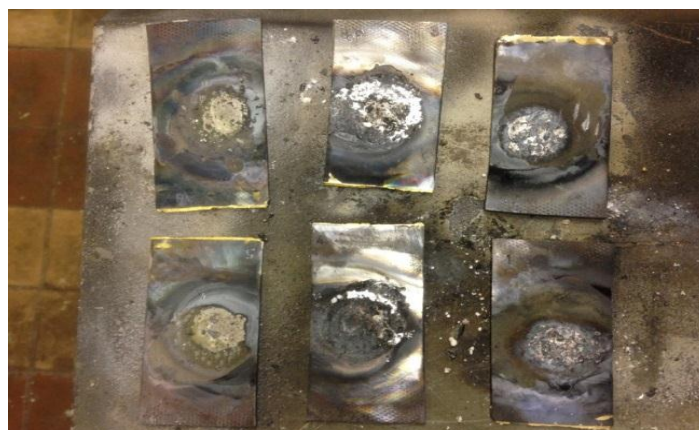


Рис. 6. Образцы с оплавленными порошками  
Fig. 6. Samples with fused powders

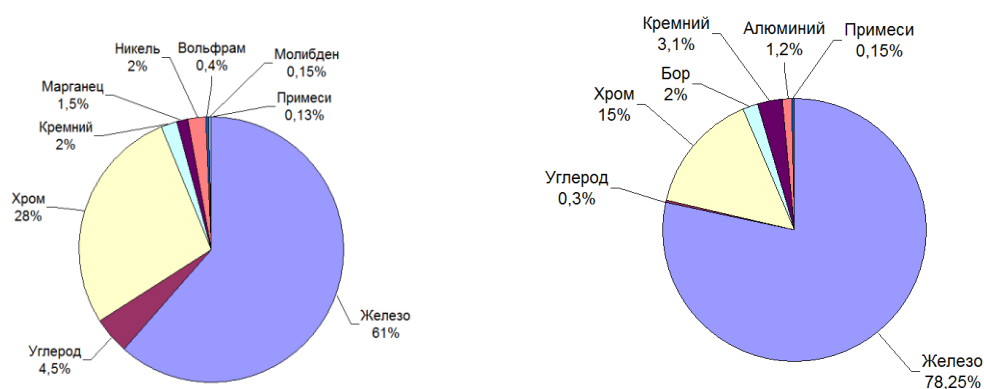


Рис. 7. Состав порошков ПГ-С27 и ПТ-ЮНХ15СР2  
Fig. 7. Structure of powders PG-C27 and PT-YNH15CR2

Оценка результатов испытаний производилась путем измерений твердости наплавленных материалов, результаты испытаний приведены в табл. 2. Для измерения твердости применялся твердомер портативный комбинированный МЕТ-УД.

Таблица 2. Результаты проведенных испытаний  
Table 2. Experiments results

Показатели	Толщина образцов 1,7 мм				Толщина образцов 1,0 мм			
	ПГ-С27		ПТ-ЮНХ15СР2		ПГ-С27		ПТ-ЮНХ15СР2	
Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8
HRC	49,8	54,7	35,4	41,3	43,2	43,6	47,1	37,4
	46,5	54,2	35,1	39,3	57,8	50,6	51,5	39
	42,5	43	37,4	37,6	60	58,9	47,1	41
	48,7	40,8	36,3	40,1	45	59,6	44,3	41,8
	51,8	44,4	43,2	40,3	56,3	45,3	42,7	36,4
Среднее	47,86	47,42	37,48	39,72	52,46	51,6	46,54	39,12

Результаты проведенных испытаний являются положительными. На основании этого необходимо продолжить исследования, расширить номенклатуру порошков и подобрать оптимальные.

Расчет затрат при эксплуатации сварочного оборудования представлен табл. 3.

Таблица 3. Экономический расчет использования различного газового оборудования  
Table 3. Calculation of economic efficiency of using different gas equipment

Оборудование	Стоимость
1	2
Стоимость ацетиленового баллона 40 л	3620 руб./шт.
Заправка ацетиленового баллона 40 л	1260 руб./шт.
Стоимость пропанобутанового баллона 50 л	1140 руб./шт.
Заправка пропанобутанового баллона 50 л	780 руб./шт.
Стоимость кислородного баллона 40 л	3460 руб./шт.
Заправка кислородного баллона 40 л	192 руб./шт.
Редуктор + манометр	1200 руб.
Горелка	1300 руб.
Шланги 50 руб./м (10 м – ацетиленовый и 10 м – кислородный) (обычно имеют минимум два комплекта баллонов)	1000 руб.
Стоимость комплекта ацетилен-кислородного газосварочного оборудования	20564 руб.
Стоимость комплекта пропан-бутан-кислородного оборудования	14644 руб.
Стоимость расходных материалов за 5 рабочих дней (30 рабочих часов)	
2 баллона ацетилена + 4 баллона кислорода	3288 руб.

Окончание табл. 3

1	2
2,5 баллона пропан-бутана + 4 баллона кислорода (+ доставка баллонов, стоимость которой часто превышает стоимость самого газа)	2718 руб.
<b>Стоимость водородно-кислородного газосварочного оборудования</b>	70000 руб.
Стоимость расходных материалов за 5 рабочих дней (30 рабочих часов)	
Мощность 2,5 кВт/ч	
2,5 x 30 = 75 кВт/ч (потребление эл. энергии за 30 ч)	262,5 руб.
Расход воды 10 л	100 руб.
Расход бензина (2% от расхода воды) - 0,2 л	7 руб.
262,5 + 100 + 7 (затраты на 30 рабочих часов)	369,5 руб.
<b>Итого:</b> стоимость расходных материалов за 1 мес.	
ацетилен + кислород	13152 руб.
пропан-бутан + кислород	10872 руб.
вода + эл. энергия + бензин	1478 руб.
Срок окупаемости использования водородно-кислородного генератора по сравнению с ацетилен-кислородным оборудованием	<b>4-5 мес.</b>

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Водородная сварка характеризуется медленным равномерным нагревом металла, это и обуславливает использование ее в сварочном производстве при пайке и наплавочных работах.

2. Были испытаны на разрыв образцы латуни Л63, стальные образцы основы и образцы, полученные пайкой.

3. Были проведены эксперименты по оплавлению следующих марок порошковых покрытий: ПТ-Ю10Н, ПТ-ЮНХ15СР2, ПГ-С27 и ПС 12 НВК-01 (ПГ-ЮН-01 65 % и карбиды вольфрама 35 %).

4. Просчитаны затраты при эксплуатации сварочного оборудования.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корж, В. Н. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем / В. Н. Корж, Ю. С. Попиль. – Киев: Екотехнология, 2010. – 194 с.

2. Якименко, Л. М. Электролиз воды / Л. М. Якименко, И. Д. Модылевская, З. А. Ткачек. – Москва: Химия, 1970. – 264 с.

3. Patent # 5,372,688: System for electrolysis of liquid electrolyte. "cold fusion" ISSUE NO. 7. P. 3-13. USA.

4. Artur C. Clarke. 2001: The coming age of hydrogen power. «infinite energy». Volume 4, issue 22. Pag. 15-16.

5. Водород: свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: справочник / под ред. Д. Ю. Гамбурга, Н. Ф. Дубовкина. – Москва: Химия, 1989. – 672 с.

6. Лещинский, М. Б. К вопросу о конструкции блока питания электролизно-водного генератора / М. Б. Лещинский, Г. И. Лещинская, В. Р. Загацкий // Известия КГТУ. – 2015. – №36. – С. 175-182

7. Устройство для газопламенных работ: пат. №2508970 РФ, В23К 5/00 В23К 7/00 С25В 9/00. / М. Б. Лещинский, В. Р. Загацкий. – Оpubл. в бюл. «Патенты и полезные модели», 2014.– №7.

8. Лещинский, М. Б. Инновационная конструкция электролизно-водного генератора / М. Б. Лещинский, Г. И. Лещинская, В. Р. Загацкий // Известия КГТУ. – 2014. – №35. – С. 191-200.

9. Лещинский, М. Б. Проектирование и изготовление устройства для газопламенных работ / М. Б. Лещинский, Г. И. Лещинская, В. Р. Загацкий // Известия КГТУ. – 2013. – №29. – С. 247-251.

10. Устройство для газопламенных работ: пат. на полезную модель РФ №152029, В23К5/22 В23К7/10 С25В 1/02. / М. Б. Лещинский, В. Р. Загацкий. – Оpubл. в бюл. «Патенты и полезные модели», 2015. – №12.

## REFERENCES

1. Korzh V.N., Popil' Yu.S. *Obrabotka metallov vodorodno-kislorodnym plamenem* [Metal treatment with hydrogen-oxygen flame]. K.: Ekotekhnologiya, 2010, 194 p.

2. Yakimenko L.M., Modylevskaya I.D., Tkachek Z.A. *Elektroliz vody* [Electrolysis of water]. Moscow, Khimiya, 1970, 264 p.

3. Patent # 5,372,688: System for electrolysis of liquid electrolyte. Cold fusion. ISSUE, no. 7, pp. 3-13. USA.

4. Artur C. Clarke. 2001: The coming age of hydrogen power. Infinite energy. Volume 4, issue 22, pp. 15-16.

5. Spravochnik. *Vodorod: svoystva, poluchenie, khranenie, transportirovanie, primeneniye* [Reference book. Hydrogen: features, obtainment, storage, transportation, application]. Pod redaktsiyei D.Yu. Gamburga, N.F. Dubovkina. Moscow, Khimiya, 1989, 672 p.

6. Leshchinskiy M.B., Leshchinskaya G.I., Zagatskiy V.R. K voprosu o konstruktsii bloka pitaniya elektrolizno-vodnogo generatora [On the construction of the power unit of the water electrolysis generator]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2015, no. 36, pp. 175-182

7. Leshchinskiy M.B., Zagatskiy V.R. Ustroystvo dlya gazoplamennykh rabot. Patent RF №2508970 RF, V23K 5/00 V23K 7/00 S25V 9/00. Opublikovano v byul. «Patenty i poleznye modeli», no. 7, 2014.

8. Leshchinskiy M.B., Leshchinskaya G.I., Zagatskiy V.R. Innovatsionnaya konstruktsiya elektrolizno-vodnogo generatora [Innovative design of water electrolysis generator]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, no. 35, pp. 191-200

9. Leshchinskiy M.B., Leshchinskaya G.I., Zagatskiy V.R. Proektirovanie i izgotovlenie ustroystva dlya gazoplamennykh rabot [Design and fabrication of a device for gas-flame works]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2013, no. 29, pp. 247-251.



10. Leshchinskiy M.B., Zagatskiy V.R. Ustroystvo dlya gazoplamennykh robot. Patent na poleznuyu model' RF №152029, B23K5/22 B23K7/10 C25B 1/02. Opublikovano v byul. «Patenty i poleznye modeli», no. 12, 2015.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Лецинский Марк Борисович* – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизированного машиностроения; E-mail: mark.leschinsky@klgtu.ru

*Leshchinskiy Mark Borisovich* – Kaliningrad State Technical University; PhD, associate professor, head of the Department of automated machine building;  
E-mail: mark.leschinsky@klgtu.ru

*Никулин Тимофей Русланович* – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры автоматизированного машиностроения;  
E-mail: nikulintr@gmail.com

*Nikulin Timofei Ruslanovich* – Kaliningrad State Technical University; PhD student at the Department of automated machine building;  
E-mail: nikulintr@gmail.com