



1. *Цыбулькин Г. А.* К вопросу об устойчивости процесса дуговой сварки плавящимся электродом // Автомат. сварка. — 2002. — № 5. — С. 17–19.
2. *Цыбулькин Г. А.* О компенсации влияния нестабильности режима сварки на оценку отклонения электрода от линии соединения свариваемых деталей // Там же. — 1998. — № 4. — С. 50–52.
3. *Патон Б. Е.* Саморегулирование дуги при сварке плавящимся электродом // Там же. — 1952. — № 1. — С. 38–45.
4. *Цыбулькин Г. А.* О влиянии скорости изменения вылета электрода и длины дуги на сигнал дугового сенсора // Там же. — 2003. — № 6. — С. 25–29.
5. *Ленивкин В. А., Дюргерев Н. Г., Сагиров Х. Н.* Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. — М.: Машиностроение, 1989. — 264 с.
6. *Каннингхэм В.* Введение в теорию нелинейных систем. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. — 456 с.

A method is proposed for assessment of steepness of the static characteristic of an electric arc in consumable electrode welding, which is based on use of the results of indirect measurements of some parameters in the welding circuit.

Поступила в редакцию 19.01.2004

УДК 621.791.793

## ВЛИЯНИЕ ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ

Е. А. АСТАХОВ, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Установлено влияние покрытий из  $VK15$  и  $Al_2O_3$  на усталостную и кратковременную прочность, пластичность, ударную вязкость стали 45, нержавеющей стали 10X18H10T и титановых сплавов 3В и 3М.

*Ключевые слова:* углеродистая сталь, нержавеющая сталь, титановые сплавы, детонационное покрытие, прочность сцепления, механические свойства

Возможность использования детонационных покрытий в современном судостроении зависит от антифрикционных свойств [1], высоких показателей прочности сцепления покрытий с основой, низкого уровня пористости [2], наличия промышленных автоматизированных детонационных комплексов «Прометей», «Перун-С» и др. [3, 4].

Тем не менее, применение в судостроении любых видов покрытий, в том числе и детонационных, невозможно без изучения их влияния на конструктивную прочность основного металла.

С этой целью проведено исследование влияния покрытий из  $VK15$  и  $Al_2O_3$  на кратковременную прочность, пластичность, ударную вязкость и усталостную прочность стали 45, нержавеющей стали и титановых сплавов 3В и 3М. Толщина покрытия составляла 0,2...0,3 мм. Образцы для механических испытаний и определения ударной вязкости не подвергали шлифовке из-за отсутствия специального профильного алмазного инструмента. Для шлифования образцов с целью определения усталостной прочности изготовлен специальный круг по профилю галтели на образце.

Механические свойства основного металла определяли на образцах НО-8 с диаметром рабочей части 15 мм, изготовленных из всех испытуемых материалов; влияние масштабного фактора оценивали на образцах НО-13 с диаметром рабочей

**Таблица 1. Результаты кратковременных испытаний образцов с покрытием и без покрытия**

Исследуемый образец	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	$a_n \cdot 10^{-3}$ , Дж/м <sup>2</sup>
Сплав 3М	<u>664...700</u> 679	<u>607...635</u> 626	<u>13,3...15,7</u> 14,7	<u>35,6...37,7</u> 38,9	<u>10,9...11,4</u> 11,1
Сплав 3М + покрытие $Al_2O_3$	<u>656...679</u> 671	<u>612...636</u> 624	<u>13,3...16,5</u> 14,7	<u>38,1...41,1</u> 39,0	<u>10,1...10,7</u> 10,5
Сплав 3В	<u>753...762</u> 757	<u>649...747</u> 701	<u>19,2...21,6</u> 20,5	<u>48,9...64,7</u> 51,7	<u>11,7...18,1</u> 12,2
Сплав 3В + покрытие $VK15$	<u>540...695</u> 618	<u>497...681</u> 594	<u>12,8...14,8</u> 14,0	<u>54,7...64,1</u> 58,2	<u>11,7...14,0</u> 12,9
10X18H10T	<u>628...718</u> 669	<u>300...552</u> 420	<u>34,5...51,5</u> 44,0	<u>65,4...70,7</u> 68,8	<u>19,0...21,22</u> 20,0
10X18H10T + покрытие $Al_2O_3$	<u>624...666</u> 642	<u>581...613</u> 595	<u>35,9...49,9</u> 45,8	<u>65,9...69,7</u> 67,3	<u>20,3...21,9</u> 21,2
10X18H10T + покрытие $VK15$	<u>484...627</u> 567	<u>276...344</u> 300	<u>40,0...68,4</u> 55,1	<u>70,9...76,3</u> 73,5	Не опр.
Сталь 45	<u>650...670</u> 664	<u>361...372</u> 368	<u>21,2...22,7</u> 22,1	<u>42,3...44,7</u> 43,9	<u>2,5...3,5</u> 3,0
Сталь 45 + покрытие $Al_2O_3$	<u>647...670</u> 657	<u>362...390</u> 369	<u>18,8...21,6</u> 20,9	<u>43,7...45,2</u> 44,5	<u>2,7...3,4</u> 3,1
Сплав 3М (НО-13)	<u>681...701</u> 690	<u>641...670</u> 648	<u>17,2...19,6</u> 18,6	<u>36,8...46,2</u> 41,0	Не опр.
Сплав 3М (НО-13) + покрытие $Al_2O_3$	<u>624...666</u> 642	<u>581...613</u> 595	Не опр.		

Примечание. В числителе указан разбег значений, в знаменателе — среднее.



**Таблица 2. Усталостная прочность основы с детонационным покрытием**

Материал основы образца	Временное сопротивление, МПа	Среда	Состояние образца	Предел усталости, МПа
Сплав 3В	757	Воздух	Исходное	325
			Покрытие ВК15	205
		Морская вода	Исходное	325
			Покрытие ВК15	205
Сплав 3М	679	Воздух	Исходное	361
			Покрытие Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	230
0Х18Н10Т	669	»»	Исходное	300
			Покрытие ВК15	185
			Покрытие Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	160
Сталь 45	664	»»	Исходное	170
			Покрытие Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	160

части 5 мм, полученных только из сплава 3М. Испытывали по 10 образцов каждого вида. Данные испытаний приведены в табл. 1.

Как видно из полученных данных, у образцов из сплава 3В и нержавеющей стали с покрытием из ВК15 обнаружено снижение уровня прочностных характеристик и относительного удлинения, а также незначительное повышение ударной вязкости сплава 3В.

На стали 45 покрытие из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на прочностные и пластические свойства основного металла практически не оказывает влияния. Отмечено незначительное увеличение временного сопротивления и текучести на образцах из стали 10Х18Н10Т. Удельная вязкость стали 45, сплава 3М и нержавеющей стали 10Х18Н10Т под влиянием покрытия из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> изменяется незначительно (менее чем на 7 %).

В условиях эксплуатации многие детали судовых конструкций подвергаются действию переменных нагрузок, поэтому концентрация напряжений может привести к усталостному разрушению [5]. Исследовали изменение усталостной прочности материала основы после нанесения на нее детонационного покрытия (табл. 2). Усталостную прочность определяли на гладких образцах с диаметром рабочей части 6 мм в условиях консольного изгиба при вращении со скоростью 3000 об/мин. База испытаний составляла 1·10<sup>7</sup> циклов, толщина слоя покрытия после шлифовки — 0,15...0,20 мм.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что уменьшение усталостной прочности титановых сплавов составляет

36...37 % и не зависит от материала покрытия, в отличие от стали 10Х18Н10Т. Так, при нанесении покрытия ВК15 она снижается на 38 %, а Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — на 47 %.

Влияния морской воды на усталостную прочность сплава 3В с детонационным покрытием из ВК15 не обнаружено. Ухудшение усталостной прочности носит тот же характер, что и после окисливания, применяемого в настоящее время.

Покрытие из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> не оказывает существенного влияния на прочность стали 45 на воздухе.

**Выводы**

1. Установлено, что детонационное покрытие из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> практически не изменяет кратковременную прочность, пластичность и ударную вязкость сплава 3М, стали 45 и нержавеющей стали 0Х18Н10Т, а детонационное покрытие из ВК15 снижает их характеристики для сплава 3В и нержавеющей стали в среднем на 15...20 %. Исключение составляет ударная вязкость сплава 3В — она постоянна.

2. Определено, что усталостная прочность стали 45 на воздухе не изменяется под влиянием нанесенного покрытия из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а для сплава 3М и нержавеющей стали 10Х18Н10Т уменьшается соответственно на 36 и 47 % при напылении покрытия из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и на 37...38 % при напылении покрытия из ВК15.

3. Полученные результаты могут быть использованы при детонационном напылении трущихся поверхностей главных валов с целью исключения бронзовых облицовок.

Автор выражает признательность канд. техн. наук В. Н. Гольдфайну, сотруднику ЦНИИ «Прометей» (РФ) за помощь в организации выполнения данной работы.

1. *Исследование* антифрикционных свойств покрытий из ВК15, нанесенного детонационным методом на сплав ВТ5 / В. И. Гольдфайн, Е. А. Астахов, А. И. Зверев, В. Л. Лукина // Порош. металлургия. — 1979. — № 1. — С. 81–84.
2. *Зверев А. И., Шаривкер С. Ю., Астахов Е. А.* Детонационное напыление покрытий. — Л.: Судостроение, 1979. — 232 с.
3. *Астахов Е. А., Филиппов Д. Т.* Детонационное напыление для восстановления и упрочнения деталей судового машиностроения. — Киев: О-во «Знание» УССР, 1988. — 19 с.
4. *Детонационное* напыление упрочняющихся покрытий и пути его развития / К. А. Ющенко, Е. А. Астахов, В. С. Клименко, Ю. С. Борисов // Новые процессы и оборудование для газотермического и вакуумного покрытия: Сб. тр. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1990. — С. 21–32.
5. *Виноградов С. С.* Скоростной ремонт промышленных судов. — Л.: Судостроение, 1967. — 215 с.

Effect of coating from ВК15 and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on fatigue and short-time strength, ductility, impact strength of steel 45, stainless steel 108Kh18N10T and titanium alloys 3V and 3M was established.

Поступила в редакцию 08.04.2004

УДК 621.791(688.8)

**ПАТЕНТЫ В ОБЛАСТИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА\***

**Способ и система для сварки железнодорожных рельсов** включает заполнение узкого зазора между обращенными друг к другу торцевыми стенками смежных первого и второго железнодорожных рельсов путем наложения в зазоре разнесенных по вертикали слоев жидкого металла посредством дуговой электросварочной горелки с использованием роботизированного механизма, который перемещает горелку из одной пространственной позиции в следующую по схеме, контролируемой низкоуровневой программой управления роботом. Приведены отличительные признаки. Патент РФ 2220826. М. Морлок, Д. У. Мьюмау (Линкольн Глобал, Инк, США) [1].

**Способ сварки и сварочный агрегат с питанием от топливного элемента**, отличающийся тем, что источник электроэнергии включает несколько собранных в комплект топливных элементов с суммарным напряжением комплекта по меньшей мере около 15,4 В, производящих энергию, достаточную для выработки сварочного тока по меньшей мере около 100 А и сварочного напряжения по меньшей мере около 20 В, по меньшей мере один из указанных топливных элементов выбран из группы, состоящей из топливного элемента непрямого действия, топливного элемента прямого действия и их сочетаний, а указанный сварочный параметр выбран из группы, состоящей из напряжения, тока, энергии, мощности, полярности и их сочетаний. Патент РФ 2220827. Д. Д. Бланкеншин (То же) [1].

\*Приведены сведения о патентах, опубликованных в бюллетенях РФ «Изобретения. Полезные модели» за 2004 г. (в квадратных скобках указан номер бюллетеня).