

P. 10 - 14. (Rus.)

2. Voropay N. M. Mode parameters and technological possibilities of the arc welding with the impulsive serve of electrode and filling wire / N.M. Voropay // Automatic welding. - 1996. - №10. - P. 3-9. (Rus.)

3. Paton B. E. Management by the transfer of metal at the arc welding by a flexible electrode / B.E. Paton, P.P. Sheyko // Automatic welding. - 1965. - № 5. - P. 1 - 6. (Rus.)

4. Patent 44885 Ukraine. By the MPK V23K 9/12 Method of wide deposition with the submerged arc strip electrode: Patent 44885 Ukraine. MPK V23K 9/12/ E. V. Lavrova, B. I. Nosovskiy; PGTU - № u 2008 10823; Zayavl. 01.09.2008; Opubl. 26.10.2009, Byul. № 20. (Ukr.)

5. Nosovskiy B. I. Developing of methods of deposition parameters choice by a strip electrode with the forced mechanical transfer of liquid metal / B. I. Nosovskiy, E. V. Lavrova // Automatic welding. - 2011. - № 3. - P. 30 - 33. (Rus.)

Рецензент: В. И. Щетинина  
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 23.11.2011

УДК 621.791.075.8

Зусін В.Я.\*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ С АЛЮМИНИЕВОЙ ОБОЛОЧКОЙ**

*Рассмотрена структура металла, наплавленного порошковой проволокой с алюминиевой оболочкой. Показан характер измельчения структуры при введении в состав шихты порошковой проволоки  $K_2TiF_6$  и  $K_2ZrF_6$ . Предложены оптимальные концентрации модификаторов, обеспечивающие мелкозернистую структуру наплавленного металла с высокими эксплуатационными характеристиками.*

**Ключевые слова:** порошковая проволока, модификаторы, структура наплавки, алюминиевая оболочка.

*Зусін В.Я. Дослідження модифікування металу, наплавленого порошковим дротом з алюмінієвою оболонкою. Розглянуто структуру металу, наплавленого порошковим дротом з алюмінієвою оболонкою. Показано характер подрібнення структури при введенні до складу шихти порошкового дроту. Запропоновано оптимальні концентрації модифікаторів, які забезпечують дрібнозернисту структуру наплавленого металу з високими експлуатаційними характеристиками.*

**Ключові слова:** порошковий дріт, модифікатори, структура наплавлення, алюмінієва оболонка.

*V.Y. Zusin. Investigation of metal modification, deposited with powder wire with aluminum shell. In the article the structure of metal, deposited with powder wire with aluminum shell was investigated. The character of making the structure smaller at introduction of  $K_2TiF_6$  into the charge by means of powder wire was shown/ suggested were optimal concentrations of modifiers, ensuring fine grain structure of deposited metal with high exploitation characteristics.*

**Keywords:** powder wire, modifiers, structure of deposition, aluminum shell.

**Постановка проблеми.** Металл при дуговой наплавке характеризуется столбчатой дендритной структурой первичной кристаллизации и пластическими свойствами [1, 6, 7]. Ликвиди-

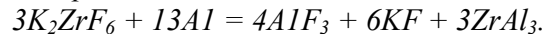
\* д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

ровать этот недостаток возможно если измельчить и дезориентировать первичную структуру наплавленного металла. Это обеспечивает процесс модифицирования.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проблема модифицирования алюминия и его сплавов успешно решалась как в цветной металлургии, так и в сварке [1, 2, 3]. Но измельчение структуры наплавленного металла при использовании в качестве электродного материала порошковой проволоки в литературе ограничено. Но именно порошковая проволока позволяет через шихту проводить активную металлургическую обработку наплавленного металла, представляет как научный, так и практический интерес.

**Цель статьи** – предложить оптимальные концентрации модификаторов в составе шихты порошковой проволоки с алюминиевой оболочкой, обеспечивающие мелкозернистую структуру наплавленного металла с высокими эксплуатационными характеристиками.

При использовании порошкового электрода с алюминиевой оболочкой наплавка имеет грубую структуру. С целью повышения эксплуатационных характеристик наплавленного металла проводилось его модифицирование путем введения в состав шихты порошковой проволоки фторцирконата калия, который взаимодействовал с расплавленным алюминием с образованием избыточной фазы  $ZrAl_3$  по реакции



Фториды алюминия и калия способствуют рафинированию металла сварочной ванны, а включения алюминидов циркония, образующиеся непосредственно в расплаве, не успевают достичь размеров, превышающих критические размеры зародышей. Таким образом, повышаются общее количество центров кристаллизации и эффективность модифицирования структуры наплавленного металла (рис. 1).

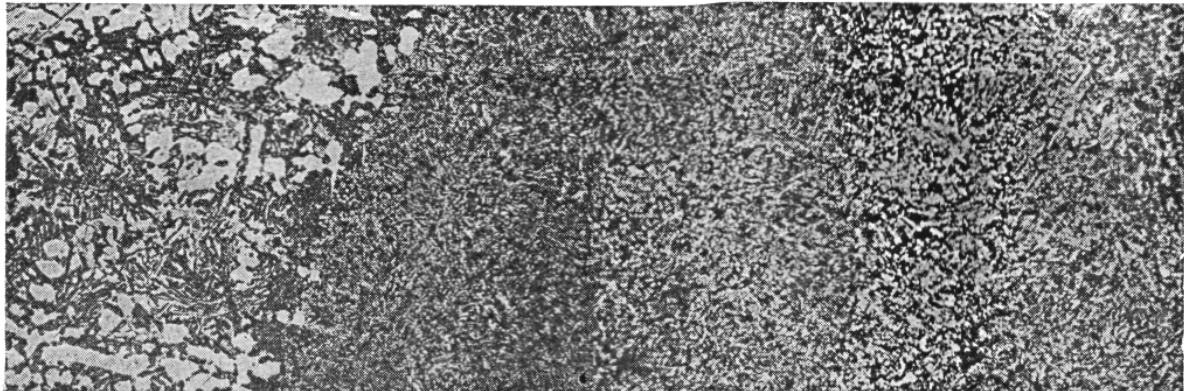


Рис. 1 – Микроструктура (x150, уменьш. 2/3) наплавленного металла, переходной зоны и основного металла – сплава Al25

Металлографические исследования показали, что основной металл отличается крупнозернистой структурой и содержит включения размером до 60 мкм. Включения фазы  $(FeMn)Al_6$  являются наиболее крупными, поскольку фаза  $MnAl_6$  способна растворять до 50% железа [2]. Кроме того, в основном металле наблюдаются включения серого цвета, по форме напоминающие иероглифы. Они образованы  $\alpha$ -фазой  $FeSiAl_6$ . Марганец растворяется в  $\beta$ -фазе  $FeSiAl_5$ , кристаллизующейся в виде включений глобулярной формы или иероглифов.

Распределение легирующих элементов при переходе от основного к наплавленному металлу изучали с помощью микроанализатора «Камека». В качестве эталонов использовали чистые металлы — алюминий, кремний, железо, медь, марганец. Содержание железа, меди и кремния определяли с учетом основных поправок, которые необходимо принимать во внимание при микрорентгеноспектральном анализе.

Кривые, отражающие характер распределения элементов в металле, получали с помощью самопишущего потенциометра. Кроме того, содержание элементов в отдельных точках определяли с помощью зонда диаметром 1 мкм. Во всех случаях погрешность определения концентрации элементов составляла 3...6 %.

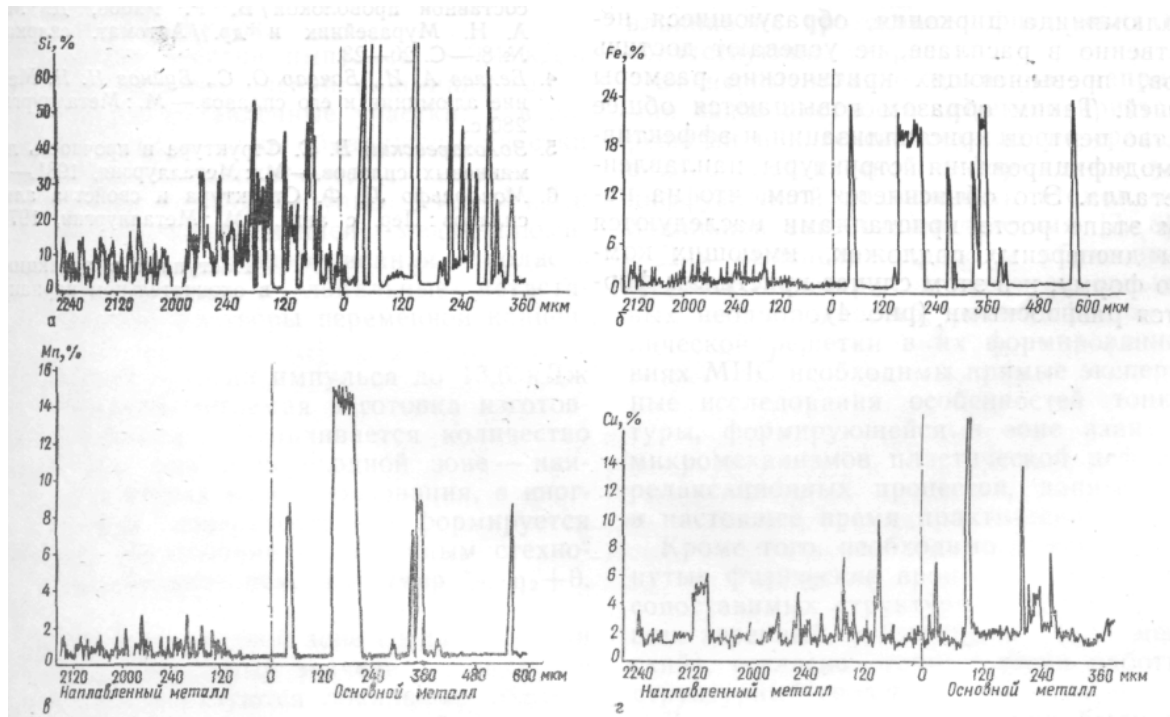


Рис. 2 – Характер распределения кремния (а), железа (б), марганца (в) и меди (г) в металле, наплавленном порошковой проволокой ПП-МА-5 на сплав АЛ25

Характер распределения железа, кремния, меди и марганца в основном металле, переходной зоне и наплавленном металле показан на рис. 2. В основном металле наблюдаются как участки, практически не содержащие железа и марганца, так и участки, в которых концентрация этих элементов достигает 16 %. Неравномерно распределяются в основном металле также кремний и медь. В зоне сплавления содержание железа и марганца ниже, а кремния — несколько выше, чем в наплавленном металле.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что концентрация кремния и меди в основном и наплавленном металле практически одинакова, а количество железа и марганца в наплавленном металле больше, чем в основном.

Вследствие модифицирования наплавленный металл имеет мелкозернистую структуру с равномерным распределением легирующих элементов [3], что обуславливает повышенные, по сравнению с основным металлом эксплуатационные характеристики (таблица).

Таблица

Металл	НВ		Относительная износостойкость, %
	T=20 °C	T=250 °C	
Основной	92	64	100
Наплавленный	120	80	128

Использование в составе шихты порошковой проволоки  $K_2ZrF_6$  не только измельчает структуру наплавленного металла, но и повышает стабильность процесса и улучшает формирование наплавки. Этот эффект достигается действием поверхностно-активных элементов, снижающих силу поверхностного натяжения, которые удерживают каплю на торце электрода. Дополнительно щелочной элемент калий с низким потенциалом ионизации повышает стабильность горения дуги за счет снижения эффективного потенциала ионизации дугового промежутка [4, 5].

### Выводы

1. Модифицирование наплавленного металла компонентами шихты порошковой проволоки по-

звolyaєт полyчить наплавлений металл с мелкозернистой структурой и равномерным распределением избыточных фаз, что обеспечивает его повышенную износостойкость.

2. При легировании наплавленного металла за счет компонентов шихты порошковой проволоки образуется пересыщенный легирующими элементами твердый раствор алюминия, благодаря которому эксплуатационные характеристики наплавленного металла выше, чем основного.

**Список использованных источников:**

1. Алюминиевые сплавы. Свойства, обработка, применение / Под ред. М.Е. Дрица. – М. : Металлургия, 1979. – 678 с.
2. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов / Л.Ф.Мондольфо – М. : Металлургия, 1979. – 520 с.
3. Мальцев М.Е. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов / М.Е.Мальцев. – М. : Металлургия, 1970. – 368 с.
4. Роянов В.О. Дефекты та якiсть при зварюванні і споріднених процесах / В.О.Роянов, В.Я. Зусин, С.С.Самотугін. Підручник. – Маріуполь : Вид-во «Рената», 2010. – 226 с.
5. Зусин В.Я. Особенности структуры жаропрочного алюминиевого сплава, наплавленного порошковой проволокой / В.Я.Зусин, Л.А. Глазман, А.В.Лозовская // Автоматическая сварка. – 1991. - №3. – С.18-20
6. Никифоров Г.Д. Металлургия сварки наплавлением алюминиевых сплавов / Г.Д. Никифоров. М.: Машиностроение. 1972. – 259 с.
7. Ищенко А.Я. Алюминий и его сплавы в современных сварных конструкциях / А.Я.Ищенко, Т.М. Лабур, В.Н. Бернадский, О.В. Маковецкий. – К.: «Экотехнология», 2006. – 112 с.

**Bibliography:**

1. Aluminium alloys. Properties, treatment, application / Under a release. M.E. Drits. – M. : Metallurgiya, 1979. – 678 p. (Rus.)
2. Mondolfo L.F. Structure and properties of aluminium alloys / L.F.Mondolfo – M. : Metallurgiya, 1979. – 520 p. (Rus.)
3. Maltsev M.E. Metallography of the industrial coloured metals and alloys/ M.E.Maltsev. – M. : Metallurgiya, 1970. – 368 p. (Rus.)
4. Royanov V.O. Defects and quality are at welding and family processes / V.O.Royanov, V.Ya. ZusIn, S.S. SamotugIn. PIdruchnik. – MarIupol : Vid-vo «Renata», 2010. – 226 p. (Rus.)
5. Zusin V.Ya. Features of structure of heatproof aluminium alloy that was inflicted by a powder-like wire / V.Ya.Zusin, L.A. Glazman, A.V.Lofovskaya // Avtomaticheskaya svarka. – 1991. - №3. – P. 18-20. (Rus.)
6. Nikiforov G.D. Welding metallurgy that was inflicted by of aluminium alloys / G.D. Nikiforov. M.: Mashinostroenie. 1972. – 259 p. (Rus.)
7. Ischenko A.Ya. An aluminium and his alloys are in modern weldments / A.Ya.Ischenko, T.M. Labur, V.N. Bernadskiy, O.V. Makovetskiy. – K.: «Ekotehnologiya», 2006. – 112 p. (Rus.)

Рецензент: В.И. Щетинина  
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 19.10.2011