

- nobudivnoi akademii: Collection of science papers. – Kramatorsk: DSEA, 2009. – № 1(15). – P. 338-341. (Rus.)
6. Volkiov D.A. Features of heating of adding material at electrocontact surfacing by powder wire / D.A. Volkiov, V.A. Presnyakov, // Visnik Donbaskoi derzhavnoi mashinobudivnoi akademii: Collection of science papers. – Kramatorsk: DSEA, 2011. – № 1(22). – P. 34-39. (Rus.)
7. Vinarskii M.S. Planning of experiment is in technological of research / M.S. Vinarskii, M.V. Lur'e. – Kiev: Tehnika, 1975. – 167 p. (Rus.)
8. Zarubin V. S. Mathematical design in technician: Text-book for institute of higher education / pod red. V.S. Zarubin, A.P. Krishenko. – M.: MSTU im. N. E. Bauman, 2001. – 496 p. (Rus.)
9. Borovikov V.P. STATISTICA: art of analysis of data on a computer. For professionals / V.P. Borovikov. – SPb.: Piter, 2001. – 656 p. (Rus.)

Рецензент: С.В. Гулаков  
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 12.09.2011

УДК 621.791.075.8

©Зусин В.Я.\*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛЛА ПРИ НАПЛАВКЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ**

*Рассмотрен характер переноса электродного металла при наплавке алюминиевых сплавов порошковой проволокой. Показаны особенности переноса в зависимости от режима наплавки. Предложен оптимальный режим импульсно-дуговой наплавки, обеспечивающий стабильность процесса, хорошее формирование наплавленного металла с высокими эксплуатационными характеристиками.*

**Ключевые слова:** порошковая проволока, наплавка, алюминиевые сплавы, импульсный режим.

*Зусін В.Я. Дослідження перенесення електродного металу при наплавленні алюмінієвих сплавів порошковим дротом. Розглянуто характер перенесення електродного металу при наплавленні алюмінієвих сплавів порошковим дротом. Показано особливості перенесення залежно від режиму наплавлення. Запропоновано оптимальний режим імпульсно-дугового наплавлення, який забезпечує стабільність процесу, якісне формування наплавленого металу з високими експлуатаційними характеристиками.*

**Ключові слова:** порошковий дріт, наплавлення, алюмінієві сплави, імпульсний режим.

*V.Y. Zusin. Investigation of electrode metal transfer at surface deposition of aluminium alloys with powder wire. In the article the character of electrode metal transfer at surface deposition of aluminium alloys with powder wire was investigated. Shown were the peculiarities of the transfer depending upon the deposition mode. An optimal mode of impulse-arc deposition was proposed, ensuring stability of the process and good formation of the deposited metal with high exploitation characteristics.*

**Keywords:** powder wire, surface deposition, aluminium alloys, impulse-arc mode.

**Постановка проблеми.** Широкие возможности в легировании металла при наплавке деталей из алюминиевых сплавов дает использование порошковой проволоки с алюминиевой оболочкой. Однако наличие тугоплавкой оксидной пленки на поверхности электродного мате-

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

риала затрудняет стабильность процесса и формирование наплавки, что снижает эксплуатационные характеристики металла. Решение данной проблемы возможно путем целенаправленного управления процесса переноса электродного металла в сварочную ванну.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проблема удаления оксидной пленки из сварочной ванны при сварке и наплавке деталей из алюминиевых сплавов посвящено много работ [1, 4] и решение может быть достигнуто как при помощи флюсов, так и за счет явления «катодного распыления» [3]. Наиболее прогрессивным и высокопроизводительным процессом, обеспечивающим управление переносом капель электродного металла в сварочную ванну и достаточно эффективное проведение процесса «катодного распыления», является импульсно-дуговая наплавка плавящимся электродом в среде аргона [2, 3].

**Цель статьи** – предложить оптимальный режим импульсно-дуговой наплавки, обеспечивающий стабильность процесса, хорошее формирование наплавленного металла с высокими эксплуатационными характеристиками.

**Изложение основного материала.**

Импульсно-дуговая сварка и наплавка представляет собой процесс, в котором перенос электродного металла синхронизован с импульсами тока с амплитудой 750-1000 А и длительностью 10-25 мкс. Наиболее широкое применение нашли источники питания постоянного тока с импульсами частотой 50 Гц и 100 Гц.

Для наплавки жаропрочного алюминиевого сплава с повышенными эксплуатационными свойствами относительно основного металла АЛ 25 использована порошковая проволока прямоугольного сечения (6x1,5мм) с алюминиевой оболочкой и шихтой в виде механической смеси порошков или плавленной дробленой лигатуры.

Для исследования механизма переноса электродного металла порошковой проволоки плющенко была создана установка, позволяющая проводить скоростную киносъемку процесса наплавки. Схема установки приведена на рис. 1. Съемки проводились скоростной кинокамерой "Пуск-16" на следующих режимах: скорость съемки – 2000 кадров/с; киноплёнка – А2 (400 ед. ГОСТа) – 16 мм; объектив "Юпитер-11", фокусное расстояние 130 мм; диафрагма – 5,6; мощность лампы подсветки – 1 кВт.

Наплавка проводилась на деталь цилиндрической формы диаметром 120 мм с U-образной разделкой кромок шириной 6 мм и глубиной 4 мм. Был проведен ряд экспериментов с использованием постоянного тока обратной полярности, импульсного тока с частотой 50 и 100 Гц, а также с изменением амплитуды и длительности импульсов.

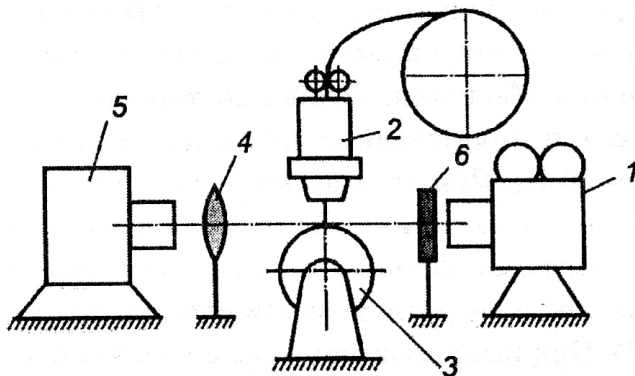


Рис. 1 – Схема установки для скоростной съемки процесса переноса электродного металла при наплавке: 1 – камера "Пуск-16"; 2 – наплавочная горелка; 3 – деталь; 4 – конденсатор; 5 – источник контрольного света; 6 – светофильтр синий

В связи с ограниченными пластическими свойствами оболочки, выполненной из алюминиевого листа толщиной 0,25-0,30 мм, коэффициент уплотнения шихты невысок и она сохраняет подвижность, что приводит к ее просыпанию в момент оплавления оболочки. Особенно хорошо это видно при наплавке с использованием тока с наложением импульсов частотой 50 Гц. При этом время существования капли и ее размеры позволяют шихте беспрепятственно просыпаться

При наплавке на постоянном токе обратной полярности устойчивый перенос электродного металла при использовании порошковой проволоки ПП-МА-5 возможно получить при токах более 350 А. Наплавка на таком режиме приводит к перегреву детали, интенсивному перемешиванию наплавленного и основного металла, что снижает концентрацию легирующих компонентов в наплавленном металле.

Наплавка порошковой проволокой с алюминиевой оболочкой имеет ряд трудностей, которые не существуют при наплавке проволоками сплошного сечения. В первую очередь, это просыпание шихты при плавлении оболочки.

ся, а из-за электромагнитного воздействия сварочной дуги попадание ее в сварочную ванну происходит не полностью (рис. 2). При использовании тока с наложением импульсов частотой 50 Гц твердость наплавленного металла ограничена величиной 105 - 110 НВ. Химический анализ показал, что концентрация основных легирующих компонентов кремния, марганца, меди в 1,2 - 1,3 раза ниже, чем в основном металле [2].

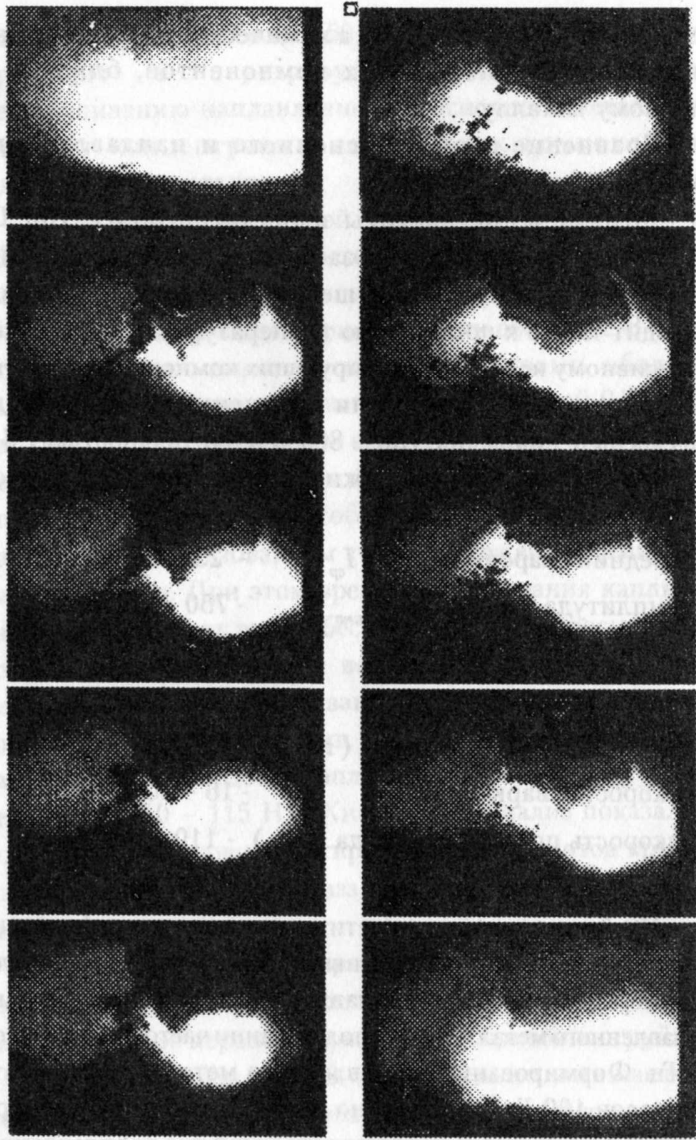


Рис. 2 – Кинограмма процесса наплавки порошковой проволокой с использованием импульсов сварочного тока частотой 50 Гц

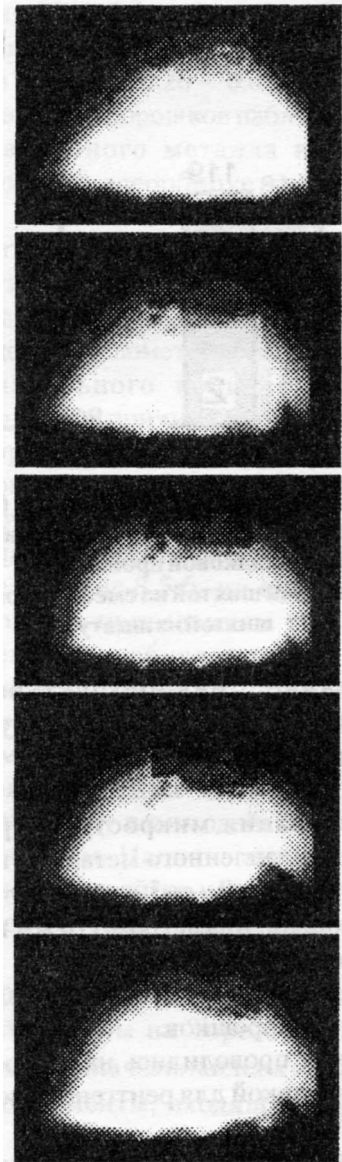


Рис. 3 – Кинограмма процесса наплавки порошковой проволокой с использованием импульсов сварочного тока частотой 100 Гц

Применение частоты импульсов более 100 Гц является нерациональным из-за значительного усложнения источника питания. Повышение частоты импульсов приводит также к повышению температуры капли и более интенсивному испарению легирующих компонентов шихты. Наилучшие результаты были получены при амплитуде импульсов в диапазоне 750-800 А и длительностью 1,6-2,2 мкс.

Оптимальными режимами наплавки являются следующие:

средний сварочный ток ( $I_{cp}$ )	– 250 - 270 А;
амплитуда импульсов ( $I_{cp}$ )	– 750 - 800 А;
частота импульсов ( $f$ )	– 100 Гц;

напряжение на дуге ( $U_d$ )	–22-24 В;
длительность импульсов ( $\tau$ )	– 1,6 - 2,2 мкс;
скорость сварки ( $V_{св}$ )	– 16 - 20 м/час;
скорость подачи электрода ( $V_{пр}$ )	– 110 -140 м/час;
расход аргона	– 0,6 - 0,9 м /час.

Необходимо также отметить, что металлографические исследования наплавленных образцов показали равномерность глубины проплавления и химического состава наплавленного металла при использовании частоты импульсов 100 Гц. Формирование наплавленного металла при частоте импульсов 100 Гц значительно лучше, чем при 50 Гц.

Применение импульсно-дуговой наплавки для восстановления поршней дизельных двигателей позволило повысить стабильность режима процесса, улучшить перемешивание расплавленного металла, а следовательно, его однородность активизировать процесс дегазации металла сварочной ванны с целью получения плотного наплавленного металла [3].

### Выводы

1. Наплавка деталей из алюминиевых сплавов порошковой проволокой затруднена ввиду тугоплавкой оксидной пленки  $Al_2O_3$ , недостаточной стабильности режима и просыпания шихты порошкового электрода.
2. Использование импульсно-дугового процесса наплавки обеспечивает мелкокапельный перенос электродного металла, улучшает формирование и предотвращает просыпаемость шихты.
3. Предложен оптимальный режим импульсно-дуговой наплавки с частотой импульсов 100 Гц и амплитудой импульсов 750-800 А.

### Список использованных источников:

1. Патон Б.Е. Современные направления исследований и разработок в области сварки и прочности конструкций / Б.Е. Патон // Автоматическая сварка. – 2003. – № 19. – С. 7-13.
2. Потапьевский А.Г. Импульсно-дуговая сварка алюминиевых сплавов / А.Г. Потапьевский, В.Ф. Панчинский, А.Е. Вайнерман. – Л. : ЛДНТ, 1966. – 46 с.
3. Зусин В.Я. Сварка и наплавка алюминия и его сплавов / В.Я.Зусин, В.А.Серенко. - Мариуполь : Изд-во «Рената», 2004. – 468 с.
4. Роянов В.О. Дефекти та якість при зварюванні і споріднених процесах / В.О.Роянов, В.Я.Зусін, С.С.Самотугін. Підручник. – Маріуполь : Вид-во «Рената», 2010.-226 с.

### Bibliography:

1. Paton B.E. There are modern directions of research-and-developments in area of welding and durability of constructions / B.E. Paton // Avtomaticheskaya svarka. – 2003. – № 19. – P. 7-13. (Rus.)
2. Potapevskiy A.G. Controlled-transfer welding of aluminium alloys / A.G. Potapevskiy, V.F. Panchinskiy, A.E. Vaynerman. – L. : LDNT, 1966. – 46 p. (Rus.)
3. Zusin V.Ya. Welding and наплавка of aluminium and his alloys / V.Ya.Zusin, V.A.Serenko. - Mariu-pol : Izd-vo «Renata», 2004. – 468 p. (Rus.)
4. Royanov V.O. Defects and quality at welding and alike processes / V.O.Royanov, V.Ya.ZusIn, S.S.SamotugIn. PIdruchnik. – MarIupol : Vid-vo «Renata», 2010.-226 p. (Ukr.)

Рецензент: А.Д. Размышляев  
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 19.10.2011