

Хабибов М. М., Рубан К. Е., Бахматов П. В.
M. M. Khabibov, K. E. Ruban, P. V. Bakhmatov

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ

RESEARCH OF THE PROCESS OF AUTOMATIC DIMENSIONAL ARC SURFACE

Хабибов Мухаммаджон Махмадиевич – магистрант кафедры технологии сварочного и металлургического производства Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: mim@knastu.ru.

Mukhammadzhon M. Khabibov – Master's Degree Student, Welding and Metallurgical Production Technology Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk Territory, Komsomolsk-on-Amur, Lenin Ave., 27. E-mail: mim@knastu.ru.

Рубан Ксения Евгеньевна – магистрант кафедры технологии сварочного и металлургического производства Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27; тел. 8(914)177-73-24. E-mail: krauzer_sams96@list.ru.

Ksenia E. Ruban – Master's Degree Student, Welding and Metallurgical Production Technology Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk Territory, Komsomolsk-on-Amur, Lenin str., 27; tel. 8(914)177-73-24. E-mail: krauzer_sams96@list.ru.

Бахматов Павел Вячеславович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии сварочного и металлургического производства Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Хабаровский край, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27; тел. 8(914)160-76-54. E-mail: mim@knastu.ru.

Pavel V. Bakhmatov – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Welding and Metallurgical Production Technology, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur); 681013, Khabarovsk territory, Komsomolsk-on-Amur, 27 Lenin str.; tel. 8(914)160-76-54. E-mail: mim@knastu.ru.

Аннотация. Приведены результаты исследования автоматической дуговой наплавки в среде защитного газа на адаптированном 3D-портальном станке плазменной резки. Управление колебаниями сварочной горелки осуществлялось G-кодами. Проанализированы микроструктура и микротвёрдость наплавленных валиков.

Summary. The results of the study of automatic argon-arc surfacing in a protective gas environment on an adapted 3D portal plasma cutting machine are presented. The welding torch oscillation was controlled by G-codes. The microstructure and microhardness of the deposited rollers are analyzed.

Ключевые слова: аддитивная технология, наплавка, защитный газ, колебательные движения, микроструктура, микротвёрдость.

Key words: additive technology, surfacing, protective gas, oscillatory movements, microstructure, microhardness.

УДК 621.791.927.5

Сварочное производство является одной из ведущих областей машиностроения. В производстве широко применяют высокопроизводительные и экономически эффективные технологические процессы сварки, наплавки [1], пайки, термической резки, позволяющие успешно обрабатывать почти все конструкционные материалы большого диапазона толщин.

Применение аддитивных технологий – один из ярких примеров того, как новые разработки и оборудование могут существенно улучшать традиционное производство, позволяя изготавливать любое изделие послойно на базе 3D-модели.

Методика экспериментального исследования

Наплавку валиков производили сварочным инвертором MIG 3500 (J93), оснащённым горелкой MS 36. Для крепления горелки к 3D-позиционеру разработали специальный кронштейн, удерживающий её перпендикулярно к оси шва. Для наплавки использовали омеднённую стальную проволоку марки Св-08ГА-О диаметром 1,2 мм. Наплавку проводили в нижнем положении, непрерывно, по замкнутому прямоугольному контуру на стальную подкладку толщиной 10 мм. В табл. 1 представлены входные параметры сварки.

Таблица 1

Режимы сварки

№ образца	Ток сварки, А	Напряжение, В	Скорость сварки, мм/мин
1	215...250	23	1500
2			
3			

Колебательные движения горелки осуществляли согласно техникам, представленным на рис. 1.

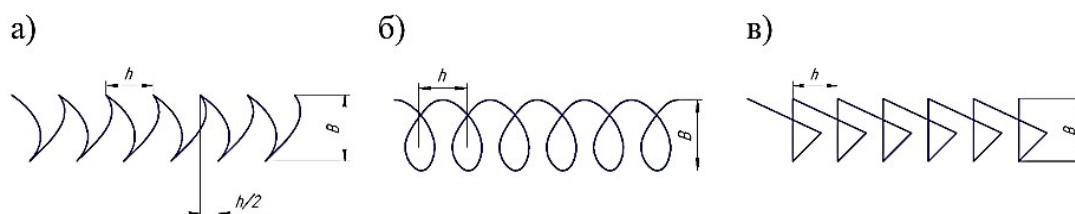


Рис. 1. Траектория колебательных движений при наплавке:
а – образец № 1, б – образец № 2, в – образец № 3

Внешний вид наплавленных образцов представлен на рис. 2.

Заливка образцов поперечных сечений валиков осуществлялась эпоксидной смолой в обоймы диаметром 40 мм. Изготовление пробоподготовки образцов для исследования микроструктуры выполняли на шлифовально-полировальном станке EcoMet 250 Pro. После полировки образцы подвергались травлению в 5%-м спиртовом растворе азотной кислоты в течение 2 с и обезжизиванию в спирте до проявления структуры наплавленных валиков. Исследование микроструктуры и микротвёрдости проводили последовательно. Исследование микроструктуры проводили на металлографическом микроскопе Nikon MA200 при увеличении $\times 100$ и $\times 400$. Для обработки снимков применили программу Kolor Autopano Giga. Исследование микротвёрдости проводили в поперечном сечении валиков на микротвёрдомере SHIMADZU HVM-2.

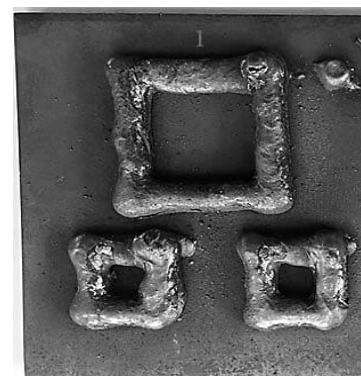


Рис. 2. Внешний вид наплавленных валиков

Результаты исследования

На рис. 3 представлены микроструктуры поперечных сечений наплавленных валиков. В центре рисунков расположены образцы при увеличении $\times 100$, вокруг которых расположены участки с увеличением $\times 400$. В ходе исследования было определено наличие в микроструктуре образцов трёх структурных составляющих в различных формах и сочетаниях. Наиболее пластичными и вязкими являются образцы с большой долей зёрен феррита.

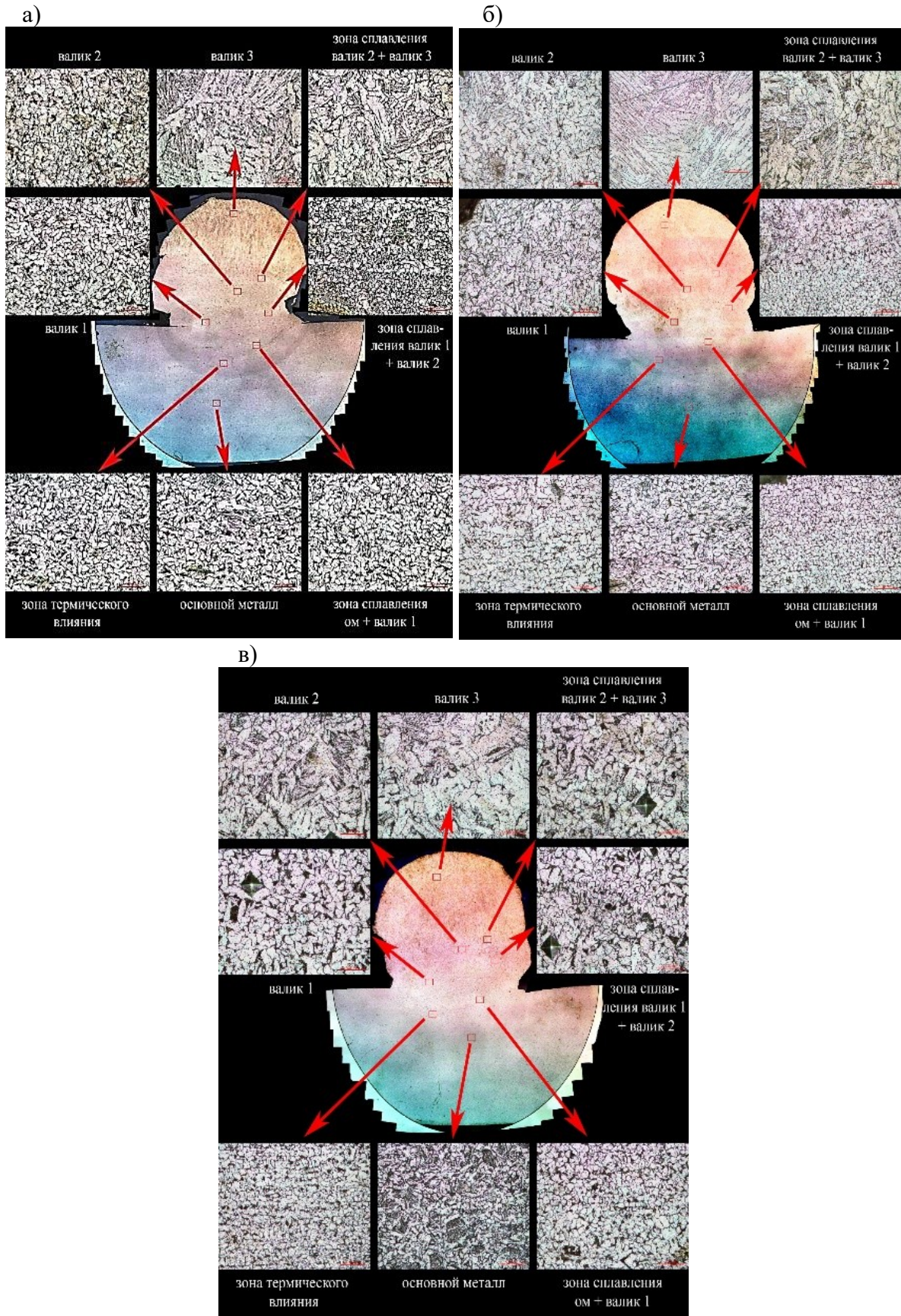


Рис. 3. Микроструктура образцов № 1 (а), № 2 (б) и № 3 (в)

Также было выявлено, что траектория колебательных движений при наплавке влияет на время термического воздействия на предыдущие наплавленные валики и на изменение структуры металла.

Установлено, что по всему сечению образцов микроструктура различна: верхний валик имеет большую величину зёрен в сравнении с предыдущими наплавленными валиками, что ведёт к упрочнению и повышению хрупкости образцов от нижнего слоя к верхнему.

В результате измерения микротвёрдости в поперечном сечении образцов построены графики (см. рис. 4) с возможностью визуализации зон изменения значений.

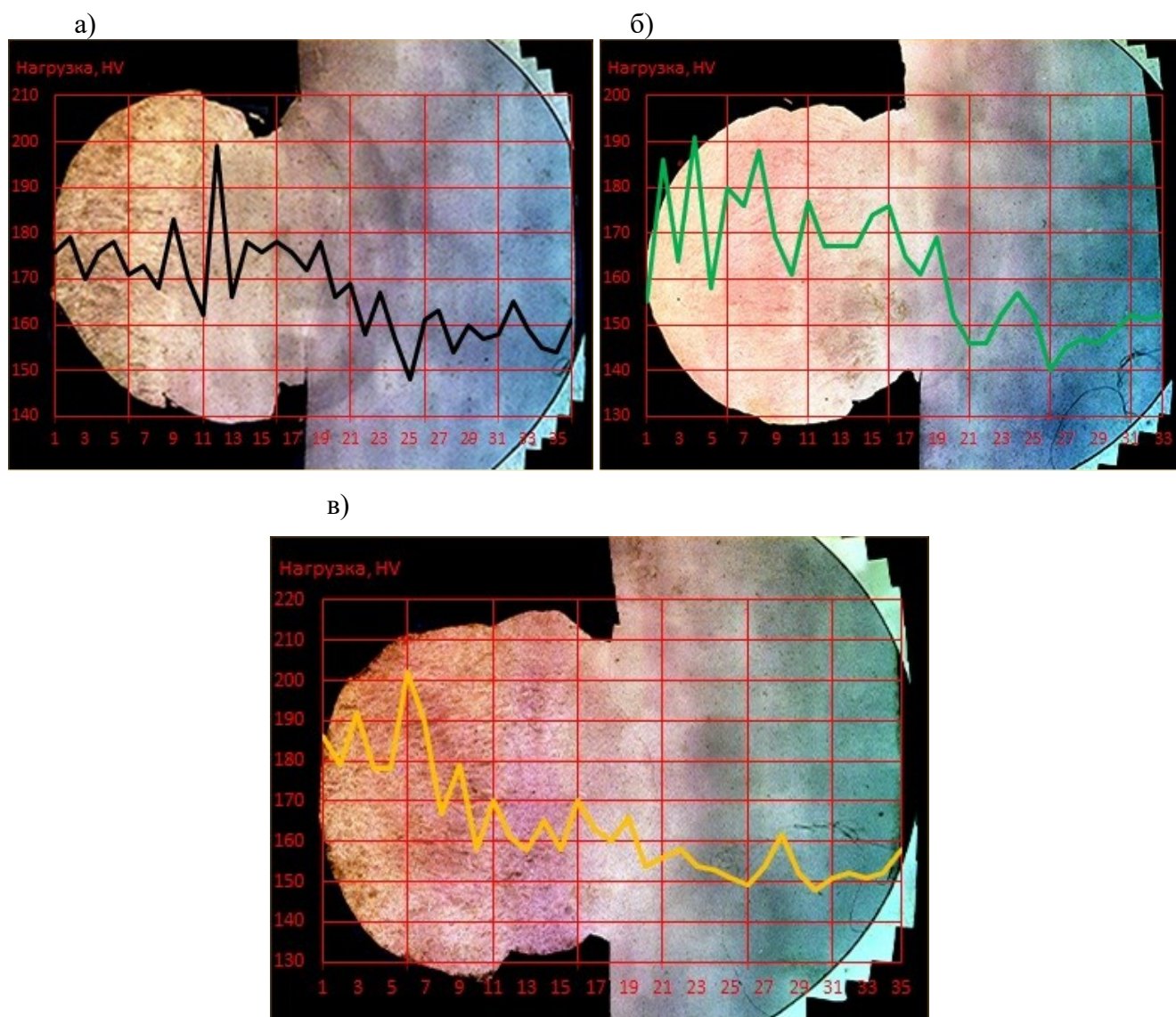


Рис. 4. Распределение микротвёрдости в поперечном сечении образцов № 1 (а), № 2 (б) и № 3 (в)

Согласно полученным графикам выявлено, что распределение микротвёрдости по сечению увеличивается от нижних слоёв к верхним, что можно объяснить изменением времени термического воздействия на разные слои наплавки. При изготовлении заготовок следует учитывать увеличение зон термического влияния в зависимости от техники наплавки и заметное изменение структуры металла по сечению детали, а также усложнение механической обработки конечной детали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Велесевич, Е. В. Исследование свойств покрытий, полученных наплавочными электродами на основе минерального сырья дальневосточного региона / Е. В. Велесевич, Е. А. Лихачев // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2017. – № I-1 (29). – С. 42-48.
2. Математическое моделирование процессов, протекающих во взаимодействующих друг с другом средах / В. И. Одинок, А. М. Шпилев, Э. А. Дмитриев, А. И. Евстигнеев, А. В. Свиридов // Прикладная механика и техническая физика. – 2017. – № 8. – С. 23.
3. Evstigneev A. I. Theoretical prediction of crack formation in axisymmetric multilayer shell molds / A. I. Evstigneev, A. V. Sviridov, E. A. Dmitriev, V. V. Petrov, V. I. Odinkov // Materials Science Forum. 2016. T. 857. P. 573-577.
4. Zhang Y. M. Automated system for welding-based rapid prototyping / Y. M. Zhang, P. Li, Y. Chen, A. T. Male // Mechatronics. 2002. № 12(1). P. 37-53.