

Особенности лазерной сварки титановых сплавов содержащих α и β фазы

В. Н. МЫШКОВЕЦ, А. В. МАКСИМЕНКО, С. Н. ЮРКЕВИЧ, Г. А. БАЕВИЧ, В. В. ГРИЩЕНКО

Титановые сплавы находят широкое применение при изготовлении сварочных конструкций, используемых в различных областях промышленности. Подавляющее большинство сварочных соединений при лазерной сварке титановых сплавов выполняются с применением присадочных материалов. Использование присадки заключается не только в получении необходимой геометрии шва, но и в обеспечении его высоких эксплуатационных характеристик при минимальной склонности к образованию дефектов. Кроме этого, использование присадочного материала в отдельных технологических процессах обуславливается необходимостью получения структурного состояния металла в сварочном шве и механических свойств, близких к свойствам материала основы [1-3].

В работах [4,5] проводились исследования процесса лазерной наплавки для модифицирования поверхностей титановых сплавов.

Цель данной работы – исследование возможности применения различных присадочных материалов при получении сварочных соединений из титановых сплавов.

Экспериментальные исследования проводились на лазерной установке, включающей в себя импульсный твердотельный лазер на YAG:Nd^{+3} с длиной волны излучения 1,06 мкм, частота следования импульсов от 1 до 10 Гц, с регулируемой длительностью отдельного импульса от 1,5 до 4,5 мсек и энергией от 1 до 10 Дж, фокусирующую оптическую систему, обеспечивающую изменение диаметра пятна лазерного пучка в зоне обработки от 0,1 до 2 мм и устройство подачи защитной газовой среды в зону обработки.

Исследования элементного состава образцов основного титанового сплава и зоны наплавки проводились на сканирующем электронном микроскопе «Нанолаб-7» фирмы «Оптон» (ФРГ) с микрорентгеноспектральным анализатором AN 10000 фирмы «Линк Аналитикл» (Англия) по программе количественного анализа ZAF4-FLS. Погрешность метода в данном случае составляет 3-5 относительных процентов.

Микротвердость измерялась на микротвердомере «Micromet-II» фирмы «Buehler» (Швейцария) с нагрузкой 50г.

Структуры поверхностей образцов исследовались на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия) при увеличении $\times 100$, $\times 200$.

Исследование процессов лазерной наплавки проводились на образцах из титанового сплава BT3-1. Толщина присадочного материала – 0,3-0,5 мм.

Структура основного титанового сплава BT3-1 и первого присадочного материалов представляют собой двухфазный ($\alpha+\beta$) – сплав с пластинчатой структурой характеризующейся наличием зерен исходной β -фазы, окаймленной α -фазой, причем β -зерна состоят из α -колоний, являющихся пачками параллельных α -пластин, разделенных прослойками β -фазы. Элементный состав сплава BT3-1: Ti – 87%, Al – 5,8%, Mo – 2,8%, Cr – 2%.

Структура второго присадочного материала характеризуется псевдо α - состоянием (до 5 % β -фазы). Элементный состав присадки: Ti – 94,2-96,9 %, Al – 1,0-2,5 %, Mn – 0,7-2,0 %.

Перед наплавкой образцы подвергались подготовке, заключающейся в механической зачистке их поверхности и обезжиривании.

Наплавка на поверхности образцов проводилась при различных технологических режимах работы лазера с присадочными материалами в среде аргона.

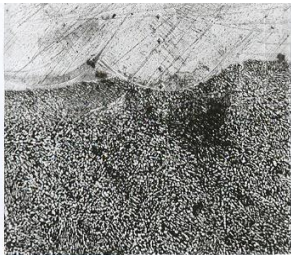
Способы наплавки и структуры металлов, полученных в ходе экспериментальных работ

представлены в таблице 1.

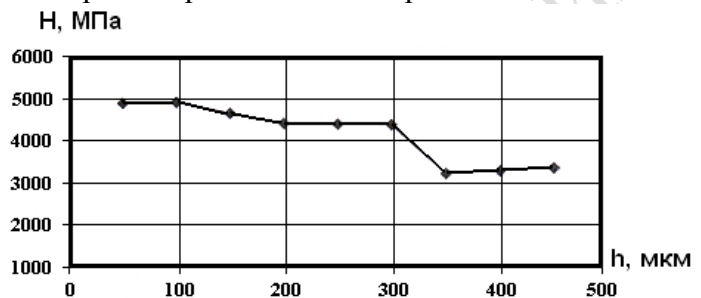
Таблица 1

Способы наплавки	Высота наплавки, мм	Структура металла наплавки
Однослойная наплавка присадкой ВТЗ-1	0,3	β - фаза, α (α')- фаза
Двухслойная наплавка присадкой (псевдо- α -сплав + ВТЗ-1)	1,0	Пластинчатая структура состоящая из α , β -фаз
Двухслойная наплавка присадкой (ВТЗ-1+ псевдо- α -сплав)	0,8	Пластинчатая структура состоящая из α , β -фаз

Результаты металлографических исследований микроструктуры и измерений микротвердости металла наплавки и основного материала представлены на рис. 1-3.



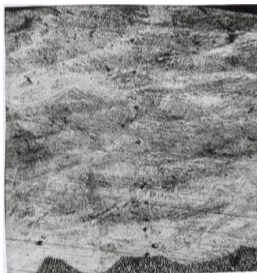
а)



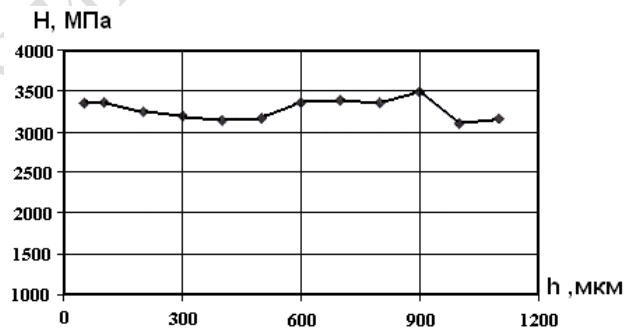
б)

а – микроструктура зоны наплавки (увеличение 100^{\times}); б – распределение микротвердости по высоте наплавки

Рисунок 1 – Однослойная наплавка присадкой ВТЗ-1



а)



б)

а – микроструктура зоны наплавки (увеличение 200^{\times}); б – распределение микротвердости по высоте наплавки

Рисунок 2 – Двухслойная наплавка присадкой (псевдо- α -сплав + ВТЗ-1)



а – микроструктура зоны наплавки (увеличение 200^{\times}); б – распределение микротвердости по высоте наплавки

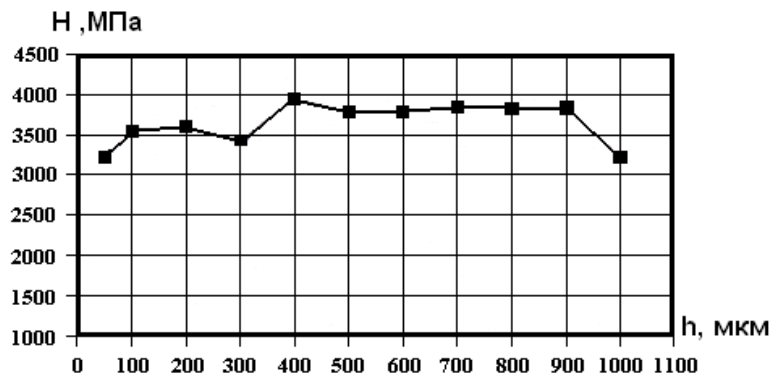


Рисунок 3 – Двухслойная наплавка присадкой (BT3-1+псевдо- α -сплав)

Диапазон микротвердости (см.рис.1 б) в местах с однослойной наплавкой из BT3-1 составляет 3100 – 5000 МПа при средней микротвердости основы титанового сплава BT3-1 равной 3100 МПа.

Диапазон микротвердости (см.рис.2 б -3 б) в местах двухслойной наплавки (псевдо- α -сплав + BT3-1) составляет 3200 – 3800 МПа при разделении слоев, при перемешивании – 3200 – 3500 МПа .

Результаты микрорентгеноспектрального анализа элементного состава металлов наплавленных присадкой (псевдо- α -сплав +BT3-1) приведены в таблице 2. Измерения проводились в точках на поверхности наплавки. Расстояние между измеряемыми точками составляло 100мкм.

Таблица 2

Элемент точки	Ti %	Al %	Mo %	Mn %	Cr %
1	96,68	2,42	0,00	0,91	0,00
2	96,30	2,12	0,65	0,93	0,00
3	97,28	1,32	0,35	1,05	0,00
4	91,66	3,42	4,44	0,49	0,00
5	89,85	6,31	3,17	0,67	0,00
6	88,86	6,59	2,76	0,15	1,64
7	89,02	6,82	2,37	0,00	1,38
8	92,54	5,16	1,09	0,00	0,81
9	85,77	5,23	5,55	0,00	2,95
10	85,72	5,90	5,31	0,09	2,58

По результатам исследований были проведены работы по восстановлению изношенных поверхностей деталей ограничено-подвижного соединения, изготовленных из титанового сплава BT3-1 (см. рис. 4).



Рисунок 4 – Деталь ограничено подвижного соединения

Выводы

1. Применение псевдо- α -сплава в качестве присадочного материала приводит к увеличению микротвердости за счет образования повышенного содержания β -фазы. Причем значение микротвердости наплавленного слоя выше микротвердости исходного

сплава ВТЗ-1.

2. Микрорентгеноспектральный точечный анализ элементного состава и металлографические исследования структурного состояния показали, что в зоне послойной наплавки присадкой (псевдо- α -сплав + ВТЗ-1) образуется структура ($\alpha+\beta$) сплава.

3. Разработанная технология может быть использована при ремонте и восстановлении первоначальных размеров изношенных поверхностей деталей из титанового сплава ВТЗ-1.

Abstract. Titanic alloys find wide application at manufacturing the welding constructions used in various fields of the industry. Killing majority of welding linkings at a laser welding of titanic alloys carry out with application of filler materials. Use of an addition agent consists not only in reception of necessary geometry of a seam, but also in maintenance of its high operating characteristics at the underload propensity to formation of flaws. Besides use of a filler material in separate manufacturing methods is caused by necessity of reception of a structural state of metal for a welding seam and mechanical properties, the close to properties of a material of a basis.

Литература

1. Лазерная и электронно–лучевая обработка материалов: Справочник / Н.Н. Рыкалин, А.А. Углов, И.В. Зуев, А.Н. Кокора. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
2. Штамповка, сварка, пайка и термообработка титана и его сплавов в авиастроении / А. Г. Братухин, Ю. Л. Иванов, Б. Н. Марьин и др.; под ред. А. Г. Братухина и др. – М.: Машиностроение. – 1997. – 600с.
3. Лазерная сварка пористых и компактных титановых элементов / Н.К. Толочко, К.И. Аршинов, И.А. Ядройцев и др. // Физика и химия обработки материалов. – 2000. – №4. – с. 75–78
4. С.Н. Юркевич, В.Н. Мышковец, И.В. Фомихина – Лазерная наплавка дефектов деталей из титанового сплава ВТЗ-1 // Заготовительные производства в машиностроении– №6, 2004. – С. 9–13
5. С.Н. Юркевич – Модифицированная лазерная наплавка деталей из титанового сплава ВТЗ-1. // Сварочное производство – №1(842), 2005. – С. 40–42.

Гомельский государственный
университет имени Ф. Скорины

Поступило 11.09.06