

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФфуЗИОННЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Майстренко Н.Ю.

Оренбургский государственный университет

Обновление и внедрение в производство современных технологий является главной задачей научно-технического прогресса в машиностроительной промышленности. Одной из подобных технологий, при изготовлении составных конструкций РКТ из высокопрочных сплавов титана является применение диффузионной сварки [1]. Традиционные способы производства изделий основаны на использовании метода механической обработки, пайки, сварки плавлением и сборки. Они отличаются низким коэффициентом использования материала, применением сложнейшего механообрабатывающего оборудования и потребностью в задействовании большого количества сборочных единиц оснастки [3]. Это приводит к высоким затратам на изготовления в условиях среднесерийного производства.

Как показывает прогрессивная отечественная и зарубежная практика, использование технологии диффузионной сварки дает возможность получать, при наличии малого инструментария, различные виды сложных конструкций и изделий при значительном уменьшении цены и веса изделий, что особенно важно при производстве летательных аппаратов [2].

Основным преимуществом диффузионной сварки, как и других способов соединения в твердой фазе, является отсутствие плавления. Диффузионная сварка лучше всего протекает при вакууме не ниже 10^{-2} мм.рт. ст [4]. Одно из наиболее существенных достоинств диффузионной сварки – высокие показатели качества получаемых сварных соединений. При корректно выбранном режиме – температуре, давлении и времени сварки.

Целью данной работы является: определение физико-механических характеристик, при комнатной температуре, диффузионных сварных соединений из титанового сплава ВТ23, который широко применяется в конструкциях космической, ракетной, атомной и авиационной техники для изготовления днищ, шаровых баллонов, лонжеронов, шпангоутов, балок, стрингеров и др. силовых конструкций [5].

Определение физико-механических характеристик диффузионных сварных соединений производилось в следующем порядке:

- Определение химического состава исходного материала,
- Изготовление заготовок под сварку из титанового сплава ВТ23, плита толщиной 10 мм,
- Диффузионная сварка заготовок из сплава ВТ23,
- Изготовление образцов,
- Рентгенографический контроль образцов,
- Механические испытания образцов основного материала из сплава ВТ23 при комнатной температуре.

Сплав ВТ23 довольно легко обрабатывается давлением и поставляется главным образом в виде листов, он отлично подвергается ковке и штамповке, а так же выделяется высокой технологической пластичностью, что дает возможность при изготовлении из него деталей и узлов задействовать операции обработки давлением [2].

Определение химического состава титанового сплава ВТ23 плиты толщиной 10 мм производились на оптическом спектрометре FOUNDRY-MASTER в соответствии с ГОСТ 23902-79. В таблице 2 приведено процентное содержание химических элементов сплава ВТ23 в соответствии с ОСТ 1-90013-81.

Таблица 1 - Процентное содержание химических элементов в исходном материале

Al	Zr	V	Mo	Cr	N ₂	O ₂	H ₂	Si	Fe	C	Ti	Σ прим
5,79	<0,005	4,73	1,8	1,12	≤0,05	≤0,15	≤0,015	0,0524	0,675	≤0,10	85,7	≤0,30

Отклонение процентного содержания химических элементов находится в допустимых пределах, следовательно, химический состав исходного материала соответствует ОСТ 1-90013-81.

Внешний вид заготовок под сварку образцов из титанового сплава ВТ23 толщиной плиты 25мм представлен на рис. 1

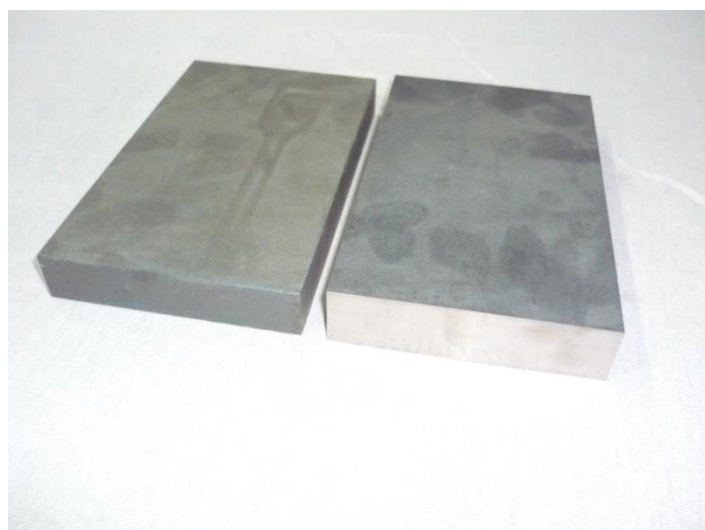


Рисунок 1 - Заготовки под сварку встык из титанового сплава ВТ23

Для исключения возможности потери устойчивости свариваемых заготовок, передачи давления в зону сварки и создания условий локально направленной деформации свариваемого металла в зоне стыка, диффузионную сварку осуществляют в приспособлении.

Для осуществления диффузионной сварки заготовок из титанового сплава VT23 приспособление устанавливается в вакуумную камеру установки диффузионной сварки изображенной на рис. 2



Рисунок 2 - Монтаж приспособления для сварки заготовок в камере установки

Схематический процесс диффузионной сварки: свариваемые заготовки собирают в приспособлении (рис. 3), позволяющем передавать давление в зону стыка, вакуумируют до 10^{-4} мм. рт. ст. и нагревают до температуры сварки $830 \div 880^{\circ}$. После этого прикладывают сжимающее давление на заданный период времени до ($P \leq 2$ кг/мм²) [5]. Охлаждение в вакууме.



Рисунок 3 - Диффузионно-сваренная заготовка встык из титанового сплава ВТ23 в приспособлении поднята из камеры установки

Образцы диффузионных сварных соединений вырезаются на электроэрозионном станке из сваренной плиты таким образом, чтобы стык располагался в центре рабочей части образца. Размеры и типы образцов соответствуют ГОСТ 9651-84. Внешний вид образцов из титанового сплава ВТ23 представлен на рисунках 4, 5

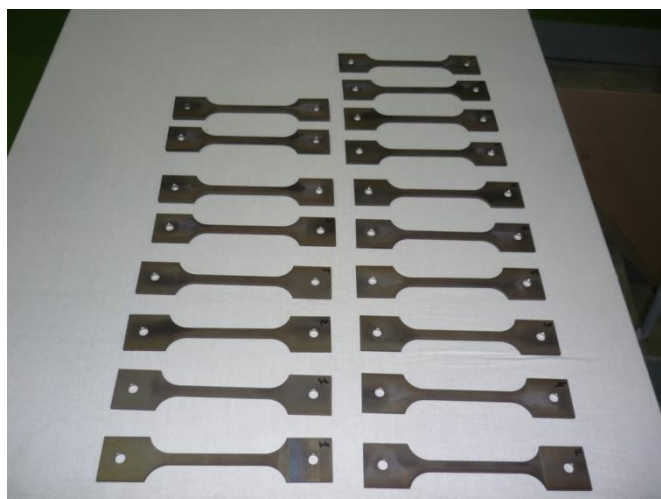


Рисунок 4 - Внешний вид плоских образцов



Рисунок 5 - Внешний вид цилиндрических образцов

Для обнаружения внутренних дефектов металлов методом неразрушающего контроля по ГОСТ 30426-82 и ГОСТ 7512-82 использовался переносной рентгеновский аппарат ERESO M42.

Выборочно был проведен рентгенографический контроль образцов сварного соединения из титанового сплава ВТ23 на наличие внутренних дефектов и неоднородности. Образец не имеет внутренних дефектов в виде пористости, раковин и трещин. Материал пригоден для дальнейшего проведения исследований.

Статические испытания на растяжение образцов основного материала и образцов диффузионных сварных соединений из титанового сплава ВТ23 проводились на испытательной машине FPZ100/1, технические требования, которой соответствуют ГОСТ 7855-84.

Расхождения значений по прочности на растяжение составляет 931,95 – 1024,16 МПа для плоских образцов (табл. 2) и 996,0 – 1005,9 МПа для цилиндрических (табл. 3).

Диаграмма разрушения (рис. 6 и 7) данных образцов имеет классический вид, места разрыва всех представленных образцов на диаграмме растяжения располагается в зоне пластической деформации образца, с относительным удлинением образцов: 8-11,6% для плоских и 9-10% для цилиндрических образцов.

Таблица 2 – Численные значения статических испытаний плоских образцов на растяжение

№ образца	P_{max} , Н	σ_B , МПа	δ , %
1	37022,9	1024,16	11,60
2	34771,5	970,21	10,90
3	33111,6	931,95	8,00

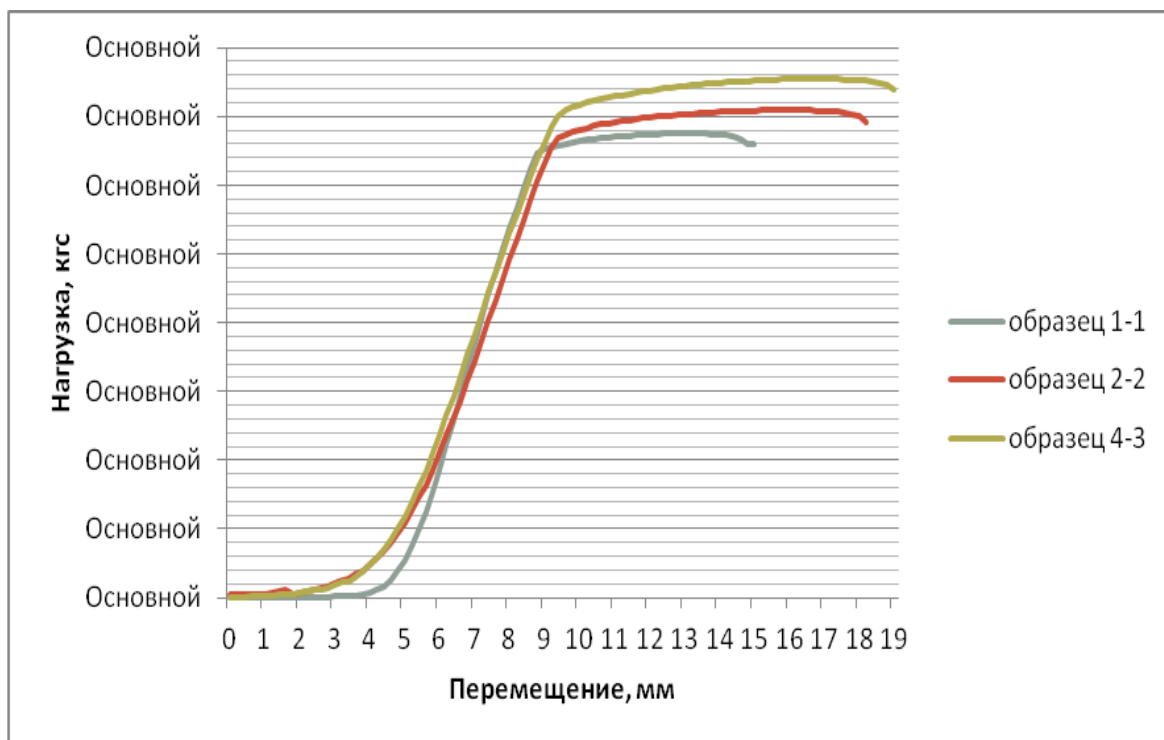


Рисунок 6 - Диаграмма растяжения плоских образцов основного материала из сплава ВТ23 при комнатной температуре

Таблица 2 – Численные значения статических испытаний цилиндрических образцов на растяжение

№ образца	$P_{max}, Н$	$\sigma_B,$ МПа	$\delta, \%$
1	27311,6	1005,9	10,0
2	27661,5	998,2	10,9
3	27321,4	996,0	9,7

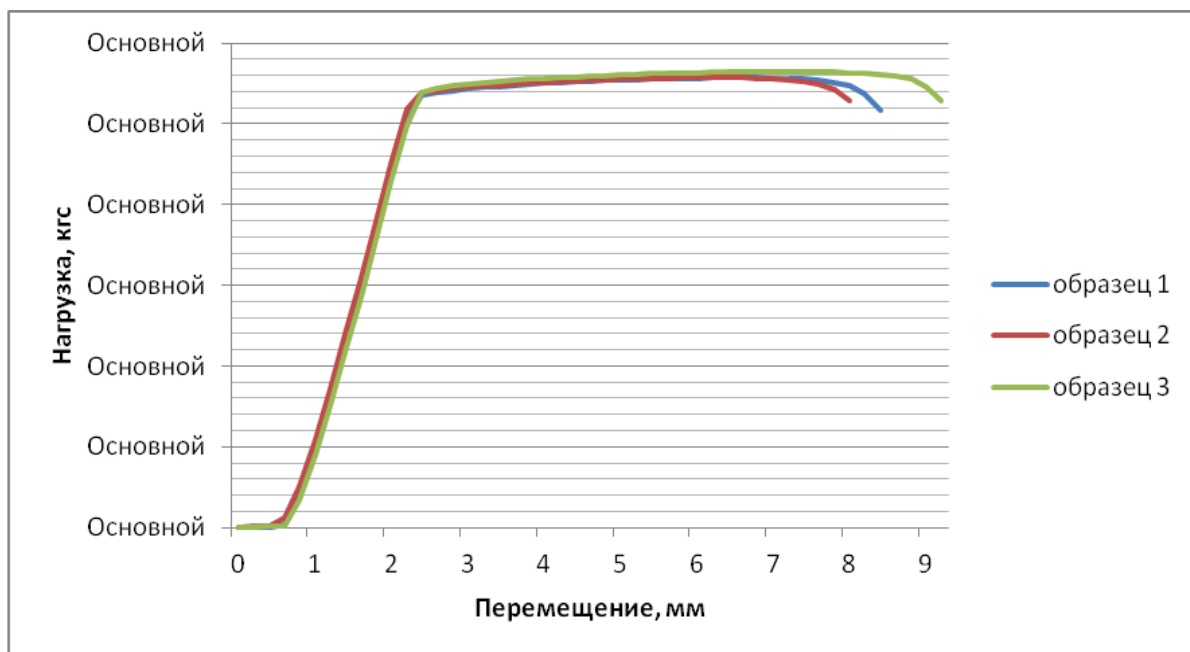


Рисунок 7 - Диаграмма растяжения цилиндрических образцов основного материала из сплава ВТ23 при комнатной температуре.

В процессе выполнения данной работы для отработки технологии диффузионной сварки были изготовлены образцы из титанового сплава ВТ23 и образцы диффузионных сварных соединений из титанового сплава ВТ23, проведены механические испытания образцов при комнатной температуре. Положительные результаты механические испытаний свидетельствуют, что диффузионная сварка обеспечивает 50-60 % от прочности основного материала. Полученные результаты показали, что диффузионное сращивание в вакууме в отличие от сварки плавлением работает в зоне пластической деформации.

Список литературы

1. Крупинин С. Т. *Обработка металлов давлением* / С. Т. Крупинин, В. И. Соловьев // *Металлургия*. — 2001. — № 5. — С. 10–17.
2. Казак В. Г. *Диффузионная сварка титана и свойства сварных соединений* / В.Г. Казак, С.Т. Стимский, В.И. Галинич // *Машиностроение* — 2004. — № 4. — С. 41–44.
3. Иванов В. И., *Технология диффузионной сварки* / В. И. Иванов, С. Т. Сафиуллин // Минск: Наука и техника, 2011. — № 9. — С. 31–49.
4. Дерibas А.А. *Диффузионная сварка в машиностроении* / А.А. Дерibas, Н.В. Павлов // *Сварка в машиностроении*. – 2013. – № 7. — С. 67–75.;
5. Лысак В. И., *Диффузионная сварка в вакууме* В. И. Лысак, С.Т. Кузьмин, В.И. Станюкович // *Перспективные материалы* — 2001. — № 8. — С. 21–29.