

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 539.25:621.791.14:620.186.12

DOI: 10.17223/00213411/65/5/3

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НЕРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ*

А.В. Чумаевский, А.И. Амиров, Е.Н. Москвичев, А.Н. Иванов, Е.А. Колубаев

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Описано формирование неразъемных стыковых соединений сваркой трением с перемешиванием листового проката титанового сплава ВТ6 с использованием рабочего инструмента, изготовленного из жаропрочного сплава на основе никеля ЖС6У с жидкостным охлаждением. Методами металлографического анализа в зоне перемешивания неразъемного соединения обнаружено растворение фрагментов материала сварочного инструмента. Фрактографический анализ поверхности изломов показывает, что разрыв в зоне шва был вязким, однако на участках с внедрением фрагментов материала инструмента излом имел иную характеристику. Варьирование параметров сварки трением с перемешиванием позволило получить неразъемное соединение, не уступающее по прочности основному металлу.

Ключевые слова: *сварка трением с перемешиванием, титановый сплав, механические свойства, фрактография.*

Введение

Сварка трением с перемешиванием (СТП) является актуальным методом соединения деталей, который позволяет получать сварные швы с прочностью, превышающей прочность основного металла [1, 2]. В настоящее время этот вид сварки успешно используется для получения неразъемных соединений легких и пластичных материалов, таких как алюминиевые или магниевые сплавы [2, 3], которые распространены в авиационной и космической промышленности благодаря своей высокой удельной прочности и коррозионной стойкости. Этими свойствами обладают и титановые сплавы, также получившие применение в указанных отраслях. Однако при использовании традиционных методов соединения данных сплавов возникают дефекты [4]. Решением проблемы могло бы быть применение сварки трением с перемешиванием, но, в отличие от алюминиевых сплавов, при применении ее к титановым сплавам имеет место высокий износ инструмента.

В настоящее время при сварке трением с перемешиванием титановых сплавов используются инструменты, изготовленные из вольфрамовых, кобальтовых, молибденовых и других сплавов. Все они имеют определенные недостатки. Например, наиболее популярный инструмент для СТП титановых сплавов, изготавливаемый из твердых сплавов на основе карбида вольфрама, имеет высокую степень износа из-за хрупкости, что исключает его использование в промышленных масштабах [5]. Инструмент из вольфраморениевых сплавов дорог и сложен в изготовлении [6, 7]. Инструмент из поликристаллического кубического нитрида бора хорошо работает при СТП сталей, но при сварке титановых сплавов обнаруживает высокое химическое взаимодействие с ними [8–9], из-за чего в получаемых соединениях появляются бориды и нитриды титана, охрупчивающие шов. Это ограничивает применение подобных материалов при сварке титановых сплавов.

Возможным решением проблемы высокой хрупкости или высокой стоимости инструментов, используемых для сварки титановых сплавов, может стать применение жаропрочных сплавов на основе никеля, которые используются, как правило, для газотурбинных установок, работающих при повышенных температурах [10]. Такие инструменты уже применялись при обработке трением с перемешиванием (ОТП) титановых сплавов ВТ1-0 (титановый α -сплав), ОТ4-1 (титановый α' -сплав) [11–13], но в работе [14] авторами был обнаружен износ рабочего инструмента, изготовленного из жаропрочных сплавов на основе никеля ЖС6У при сварке и обработке трением с перемешиванием титанового сплава ВТ1-0. Однако неразъемные соединения титановых ($\alpha+\beta$)-сплавов, полученные методом сварки трением с перемешиванием при помощи инструментов, изготовленных из жаропрочных сплавов на основе никеля, не рассматривались.

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, FWRW-2022-0004.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>