

УДК 621.791.16

Механизм и характер формирования выработки в волноводах при ультразвуковой сварке армированных стекловолокном полимеров

Селиванов Александр Сергеевич

a.selivanov@tltsu.ru

Спиридонов Николай Германович^(*)

spiridonov.nikol@yandex.ru

Мурашкин Сергей Викторович

sv.murashkin@yandex.ru

Клевцов Геннадий Всеволодович

klevtsov11948@mail.ru

ТГУ, Тольятти, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования морфологии поверхности износа волноводов из титанового сплава ВТЗ-1, применяемых для ультразвуковой сварки полимерных материалов. Выявлены процессы кавитационной эрозии, приводящие к формированию пор и упорядоченного рельефа на рабочих торцах волноводов. В материале сварной точки обнаружено наличие химических элементов, принадлежащих титановому сплаву ВТЗ-1.

Ключевые слова: ультразвуковая сварка, армированные стекловолокном полимеры, волновод, износ, кавитация

Введение. Титановые сплавы хорошо зарекомендовали себя в качестве материала для изготовления различных элементов ультразвуковых колебательных систем, в том числе и волноводов [1]. Однако в процессе ультразвуковой сварки армированных стекловолокном полимерных материалов наблюдается повышенный износ рабочей поверхности волноводов, что приводит к нарушению геометрии сварной точки и потери качества сварного соединения.

В современной науке известны различные способы повышения износостойкости титановых сплавов: создание ультрамелкозернистой структуры, применение износостойких покрытий и т. д. [2]. Однако для разработки эффективных методов повышения стойкости волноводов необходимо понимание природы физико-химических процессов деградации их структуры при ультразвуковой сварке.

Целью настоящей работы является установление механизма разрушения рабочей части волноводов, путем формирования выработки, а также изучения кинетики такого разрушения.

Методы и материалы; результаты. Волноводы изготавливали из титанового сплава ВТЗ-1. Ультразвуковую сварку проводили на следующих режимах: время 3 с, мощность 0,6 Вт, частота 30 кГц. В качестве свариваемой пластмассы использовали полипропилен, армированный 25 % стекловолокна (Softell TKG 300N C13034).

Микрорельеф поверхности износа в волноводах изучали в растровом электронном микроскопе (РЭМ) Sigma фирмы ZEISS. Массовую долю эле-

ментов в области сварной точки на полимере определяли на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре SHIMADZU EDX-8000.

При исследовании поверхности износа в растровом электронном микроскопе видно, что вблизи центрального стержня и периферийной стенки волновода выработка имеет вытянутую форму; в центральной части — форма выработки произвольная. При небольшом увеличении поверхность впадин выглядит гладкой.

Принимая во внимание сложную форму рабочей части волновода в месте контакта с пластмассовыми деталями, можно предположить, что формирование вышерассмотренного микрорельефа связано со сложным распределением ультразвуковых волн в рабочей части волновода, которое порождает высокоэнергетические кавитационные процессы и высокий локальный разогрев.

Энергодисперсионная рентгенофлуоресцентная спектроскопия подтвердила наличие в пластике химических элементов, принадлежащих титановому сплаву ВТЗ-1. Массовая доля этих элементов в пластике зависит от их количества в сплаве и температуры плавления. Сам факт обнаружения в пластике элементов, принадлежащих титановому сплаву ВТЗ-1, подтверждает кавитационный механизм износа рабочего торца волновода при ультразвуковой сварке армированного стекловолокном полимера.

Заключение. Проведено исследование микрорельефа выработки в титановых волноводах и элементного состава сварных соединений из армированного стекловолокном полипропилена. На рабочем торце волновода выявлено формирование впадин в результате кавитационной эрозии, а также упорядоченного волнообразного рельефа, предположительно связанного с воздействием стоячих ультразвуковых волн. Полученные результаты могут быть использованы как научная основа для разработки эффективных методов повышения износостойкости титановых волноводов.

Список источников

- [1] Cui Q., Liu X., Wang W. et al. Microstructure and forming mechanism of metals subjected to ultrasonic vibration plastic forming: A mini review. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 2024, vol. 31, pp. 1322–1332. <https://doi.org/10.1007/s12613-023-2745-z>
- [2] Mukhametgalina A.A., Murzinova M.A., Nazarov A.A. Microstructure of a titanium sample produced by ultrasonic consolidation. *Letters on Materials*, 2022, vol. 12, pp. 153–157. <https://doi.org/10.22226/2410-3535-2022-2-153-157>