

М.И. ПЕТРОВ, М.Г. ИСАЕНКОВА, В.А. ФЕСЕНКО, Н.А.
МИХАЛЁВ, И.В. КОЗЛОВ, А.В. БОГОМОЛОВА
Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ»
e-mail: mipetrov.99@yandex.ru

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ГИДРИДНОЙ ФАЗЫ В НАВОДОРОЖЕННЫХ ТРУБАХ ИЗ СПЛАВОВ Э110ОПТ И Э635

Перспектива сухого хранения отработанных топливных сборок предполагает существенно превышающую срок эксплуатации продолжительность стабильной устойчивости циркониевых сплавов к вредному воздействию водорода. Для оценки способности сплавов выдерживать это воздействие необходимо обладать информацией о механизмах и закономерностях образования и роста гидридов при насыщении изделий водородом [1-2].

В работе исследовано поведение гидридной фазы в наводороженных трубах из отечественных циркониевых сплавов Э635 и Э110опт, а также её влияние на структуру и кристаллографическую текстуру α -фазы Zr.

При помощи анализа оптических металлографических снимков с использованием разработанного программного обеспечения выявлено, что увеличение содержания водорода в сплавах способствует повышению доли радиально ориентированных гидридов, что связано с появлением сжимающих напряжений в радиальном направлении при образовании тангенциально ориентированных первичных гидридов. Это также подтверждается структурными исследованиями, демонстрирующими снижение параметра c α -Zr при повышении содержания водорода.

Текстурный анализ α -Zr показал переориентацию базисных нормалей из T - и L - направлений в R -направление в сплаве Э110опт, тогда как в сплаве Э635 такого эффекта не наблюдалось, что может быть вызвано активацией двойникования в зёрнах α -фазы сплава Э110опт.

Текстурный анализ гидридной фазы при помощи синхротронного излучения также показал отличия в поведении сплавов. В частности, наличие в сплаве Э110 опт гидридов с частично аксиальной текстурной компонентой $\{112\}$ обусловлено активизацией в δ -фазе двойникования по плоскостям $\{10\bar{1}2\}$ и $\{10\bar{1}1\}$, которое осуществляется при повышении сжимающих напряжений вдоль радиального направления. В переориентированных зёрнах образуются гидриды в соответствии с известным ориентационным соотношением $(0001)_{\alpha Zr} \parallel \{111\}_{\delta-ZrH_{1,66}}$. В то время, как в работе [3] рассматривается вероятность реализации дополнительного ориентационного соотношения $(0001)_{\alpha Zr} \parallel \{001\}_{\delta}$.

M. PETROV, M. ISAENKOVA, V. FESENKO, N. MIKHALYOV,
I. KOZLOV, A. BOGOMOLOVA
National Research Nuclear University "MEPhI"
*e-mail: mipetrov.99@yandex.ru

REGULARITIES OF HYDRIDE PHASE PRECIPITATION IN HYDROGENATED TUBES MADE OF E110OPT AND E635 ALLOYS

The prospect of spent fuel assemblies dry storage assumes significantly longer service life duration with stable resistance to the hydrogen harmful effects for zirconium alloys. To assess the ability of alloys to withstand this impact, it is necessary to have information about hydrides formation and growth during hydrogenation mechanisms and patterns [1-2].

The work investigates hydride phase behavior in hydrogenated tubes made of Russian E635 and E110 opt zirconium alloys, as well as its effect on the structure and crystallographic texture of the α -Zr phase.

By optical metallographic images analyzing using developed software, it was revealed that an increase the hydrogen content in alloys contributes to an increase in the fraction of radially oriented hydrides, which is associated to the appearance of compressive stress in the radial direction during the tangentially oriented primary hydrides formation. That is also confirmed by structural studies demonstrating the α -Zr c parameter decrease with an increase in the hydrogen content.

α -Zr texture analysis have shown a reorientation of the basic normals from the T - and L -directions to the R -direction in the E110 alloy, whereas no such effect was observed in the E635 alloy, which may be caused by the activation of twinning in the α -phase grains in E110 alloy.

Hydride phase texture analysis using synchrotron irradiation have also shown difference in the alloys behavior. E.g., hydrides with a partially axial texture component $\langle 112 \rangle$ presence in the alloy E110 is due to twinning activation in the α -phase along the planes $\{10\bar{1}2\}$ and $\{10\bar{1}1\}$, which occurs when compressive stress increase along the radial direction. Hydrides are formed in reoriented grains according to the known orientation relationship $(0001)_{\alpha Zr} || \{111\}_{\delta-ZrH_{1.66}}$. However, in [3] the probability of an additional orientation relationship $(0001)_{\alpha Zr} || \{001\}_{\delta}$ realization is considered.

1. Motta A.T. et al. // J. Nucl. Mater. 2019. Vol. 518. P. 440–460.
2. Тенишев А.В. et al. // Металлы. 2022. Vol. 6. P. 1–7.
3. Kiran Kumar N.A.P. et al. // Mater. Sci. Eng., 2011. Vol. 528. P. 6366–6374.