

# ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТРУБ ИЗ Э110 И $Zr1Nb$ ПОСЛЕ ОКИСЛЕНИЯ В ПАРАХ ВОДЫ В ОБЛАСТИ ТЕМПЕРАТУР 300...800 °С

*И.А. Петельгузов, Н.И. Ищенко, Е.А. Слабоспицкая*

*Научно-технический комплекс «Ядерный топливный цикл»*

*ННЦ ХФТИ, Харьков, Украина*

*E-mail: petelg@kipt.kharkov.ua; факс +38(057)335-27-54, тел. +38(057)335-67-67*

Исследован процесс окисления твэльных труб из циркониевого сплава  $Zr+1\%Nb$  штатного производства (Э110) и из изготовленного в Украине сплава  $Zr1Nb$  в водяном паре при давлении 0,1 МПа в интервале температур 300...800 °С. Работа предпринята в связи с необходимостью получения сведений о свойствах твэльных труб после возможных перегревов от рабочих температур до 800 °С и сравнения с кинетикой окисления двух сплавов при температурах нагрева до 800 °С. Определены закономерности окисления, энергия активации процессов окисления, структура сплавов и образующихся на них оксидных плёнок, механические свойства сплавов после окисления и охлаждения. Установлены области начала снижения коррозионной стойкости и механических свойств в исследованном интервале температур.

## ВВЕДЕНИЕ

В опубликованных работах [1, 2] были приведены результаты исследований свойств оболочек макетов тепловыделяющих элементов (твэлов) из сплавов Э110,  $Zr1Nb$  после их кратковременного нагрева до температур в интервале 660...1200 °С. В работах [3-5] получены данные о скорости их коррозии и толщине образующихся оксидных пленок при аналогичных условиях, а также приведены сведения о характере разрушения оболочек макетов при подъёме температуры до 1200 °С, об изменении структуры сплавов после нагрева до указанной температуры [6]. Проведенные испытания имитировали условия аварий при больших течах и разрывах главной циркуляционной трубы 1-го контура реактора ВВЭР-1000 с обезвоживанием активной зоны, падением давления в реакторе до 0,1 МПа и повышением температуры твэлов до 1200 °С.

Вследствие гипотетического нарушения условий эксплуатации возможно повышение температур оболочек твэлов от рабочих 300...350 до 600...800 °С. Возрастание температуры оболочек твэлов может происходить также при локальных перегревах под осаждениями продуктов коррозии, при соприкосновении твэлов и уменьшении проходных сечений, а также в случаях образования течей, когда возникновение и протекание аварии будет проходить в течение нескольких часов вплоть до локализации аварии и снижения температуры до 30...50 °С.

Целью данной работы являлось изучение кинетики окисления сплавов и изменений свойств исследуемых материалов после нагрева в исследуемом диапазоне температур.

## 1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследований использовали методики, подробно описанные в работах [3, 4]. Согласно этим методикам подготовленные образцы труб нагревали в потоке пара и выдерживали определённое время с периодическим взвешиванием на микро-

аналитических весах ВЛР-20. (Параметры испытаний указаны на приведенных ниже графиках). После экспозиций проводили структурные исследования и механические испытания.

Механические испытания проходили на установке МР-0,5 с использованием кольцевых образцов, вырезанных из окисленных труб на токарном станке. (Подробно методика описана в работе [4]).

В случае отслоения продуктов коррозии, эксперименты с окислением образцов были проведены в кварцевых пробирках.

## 2. КИНЕТИКА ОКИСЛЕНИЯ

На рис. 1 приведены кривые привесов при температурах 300, 350, 400 °С за период 10 ч при давлении 0,1 МПа. Кривые окисления описываются уравнением  $(\Delta m/S)^n = K \cdot t$ , где  $K$  – константа окисления, а  $n = 3$ . На рис. 2 представлен логарифмический график зависимости константы окисления от обратной абсолютной температуры испытаний в этом же интервале температур.

Из графиков и расчётных данных получены уравнения зависимости логарифмов констант окисления от обратной абсолютной температуры окисления.

$\ln K_{Zr1Nb} = -92632x + 19,789$  для сплава  $Zr1Nb$  и  $\ln K_{Э110} = -121667x + 24,735$  для Э110, где  $x = 1/RT$ . Из уравнений следует, что значения энергии активации при температурах 300...400 °С равны 22,2 ккал/моль для  $Zr1Nb$  и 29,1 ккал/моль для Э110.

Расчетная толщина оксидной пленки определялась по формуле:

$$h = (\Delta m/s) \cdot 1/\rho \cdot M/m = \Delta m \cdot M/s \cdot \rho \cdot m,$$

где  $h$  – толщина оксидной плёнки, мкм;  $\rho$  – плотность моноклинного оксида  $ZrO_2$ , г/см<sup>3</sup>;  $M$  и  $m$  – молекулярная масса  $ZrO_2$  и атомная масса  $Zr$  соответственно.

На рис. 3 и 4 приведены зависимости привесов образцов от времени окисления в водяном паре при давлении 0,1 МПа в течение 10 ч при температурах 500...800 °С.

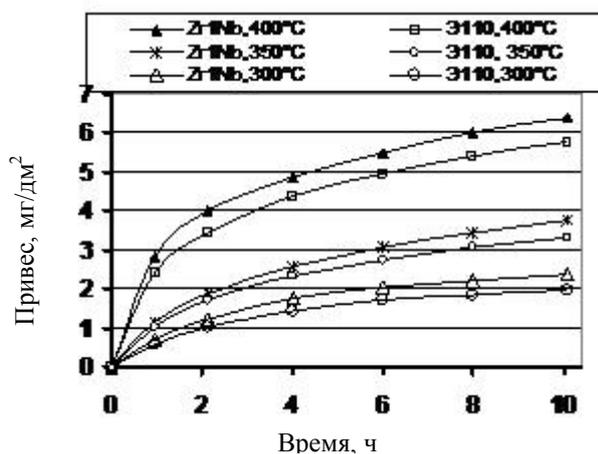


Рис. 1. Зависимость привеса на образцах из Zr1Nb и Э110 при окислении в парах воды ( $P=0,1$  МПа) при температурах 300, 350 и 400 °С

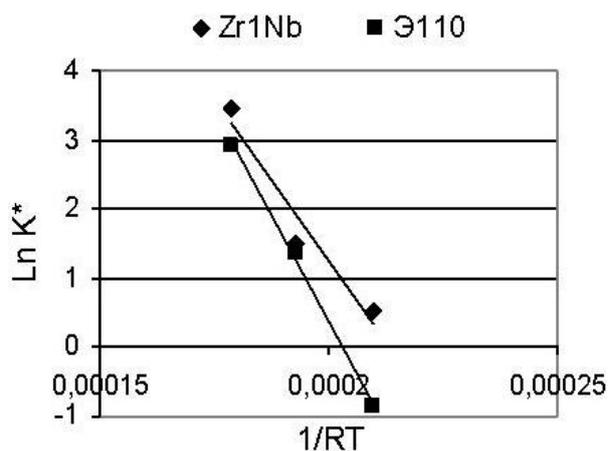


Рис. 2. Зависимость константы окисления от обратной абсолютной температуры окисления в том же интервале температур

Из графиков следует, что кривые окисления имеют затухающий характер. Видно, что величины привесов при температурах до 770 °С у сплава Zr1Nb несколько больше, чем у сплава Э110, но различие незначительное. Плёнки на обоих сплавах в этой области температур были прочно сцеплены с поверхностью образцов. К концу испытаний при 770 °С на плёнках проявились трещины. Внешний вид поверхности образцов оболочек твэлов показан на рис. 5.

Данные о толщине плёнок, определённой из расчета, составляли приблизительно 5, 8 и 30 мкм при температурах 600, 660 и 770 °С соответственно. При 800 °С толщина оксидных плёнок достигала 66 мкм для сплава Э110 и 42 мкм для сплава Zr1Nb. При этом наблюдались отслаивание и осыпание плёнок, которые в большей степени происходили на сплаве Э110 (см. рис. 5, в и е). Отмечено различие в значениях толщины плёнок, определенных металлографическим методом и расчетным способом, на трубках из обоих типов сплавов.

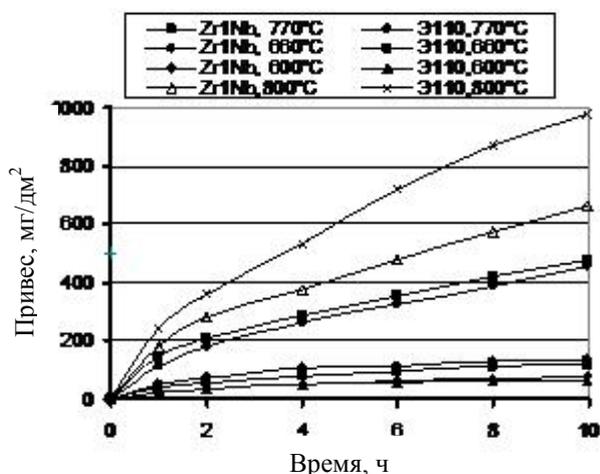


Рис. 3. Привес и расчетная толщина оксидной плёнки (правая ось ординат) на образцах из сплавов Zr1Nb и Э110 при окислении в парах воды ( $P=0,1$  МПа) при температурах 600, 660, 770 и 800 °С

Данные результатов взвешивания при 800 °С (см. рис. 3) образцов в кварцевых пробирках с учётом осыпающихся продуктов окисления показали, что более высокие суммарные привесы наблюдались на образцах из сплава Э110, по сравнению с образцами из сплава Zr1Nb. Подобные закономерности наблюдались ранее [5] при сравнении скоростей окисления Э110 и Zr1Nb в области температур 800...1100 °С.

Анализ кривых в этой области температур показал, что кинетика окисления определяется закономерностью, близкой к параболической, которую можно представить в виде формулы:

$$(\Delta m/s)^n = Kt + A,$$

где  $\Delta m/s$  – увеличение массы, отнесённое к площади поверхности образцов;  $t$  – время окисления;  $K$  – константа окисления и  $A$  – константа, учитывающая отклонение от закономерности в начальный период процесса окисления;  $n$  – показатель степени уравнения, равный 2 в случае параболического окисления.

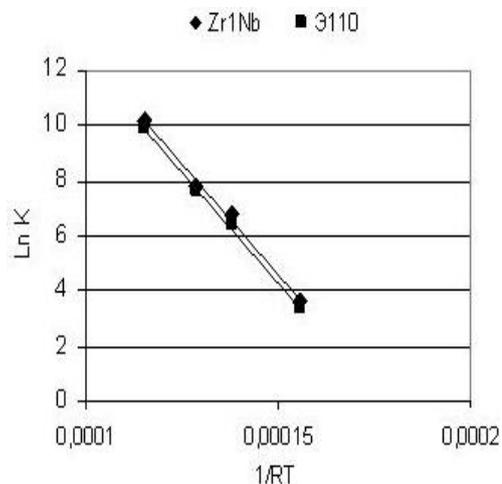


Рис. 4. Зависимость константы окисления от обратной температуры для интервала температур 600...800 °С

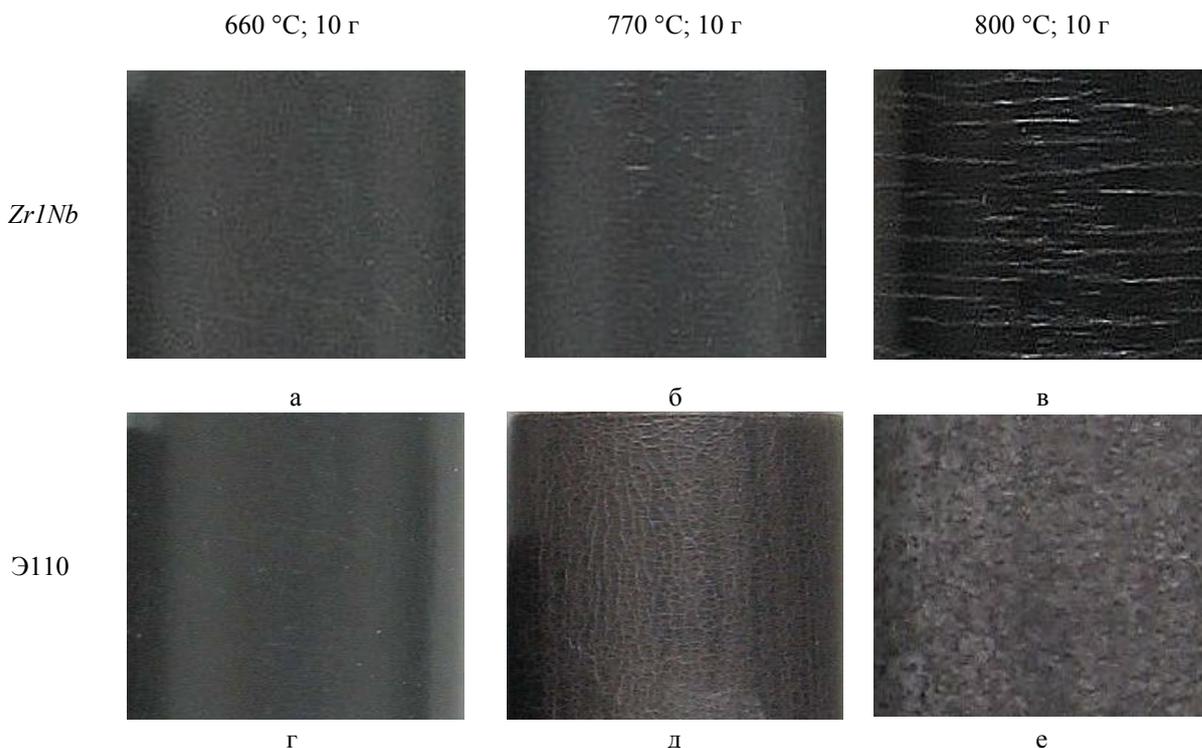


Рис. 5. Вид поверхности оболочек твэлов по сечению труб после коррозионных испытаний при 660, 770, 800 °С в течение 10 ч (X 4,5)

Была определена энергия активации процесса окисления образцов *Zr1Nb* и Э110 в паре при температурах 600, 660, 770 °С и 800 °С и давлении пара 0,1 МПа при испытаниях в течение 10 ч. Энергия активации вычислена из графика зависимости логарифма константы окисления от обратной температуры для обоих исследуемых материалов (см. рис. 4).

Логарифмические графики описывались линейной зависимостью, а углы наклона линий для процессов окисления исследуемых сплавов практически совпадают. Из графиков получены

зависимости, которые описываются такими формулами:

$$\ln K_{Zr1Nb} = -161741x + 28,611 \text{ (для } Zr1Nb\text{)};$$

$$\ln K_{Э110} = -161406x + 28,51 \text{ (для Э110),}$$

где  $x=1/RT$ .

Вычислены значения энергии активации для интервала температур 600...770 °С, которые составили 38,6 ккал/моль для *Zr1Nb* и 38,4 ккал/моль для Э110. По данным [5] в области более высоких температур (660...1200 °С) значения энергии активации для сплавов *Zr1Nb* и Э110 равны соответственно 41,7 и 45,6 ккал/моль.

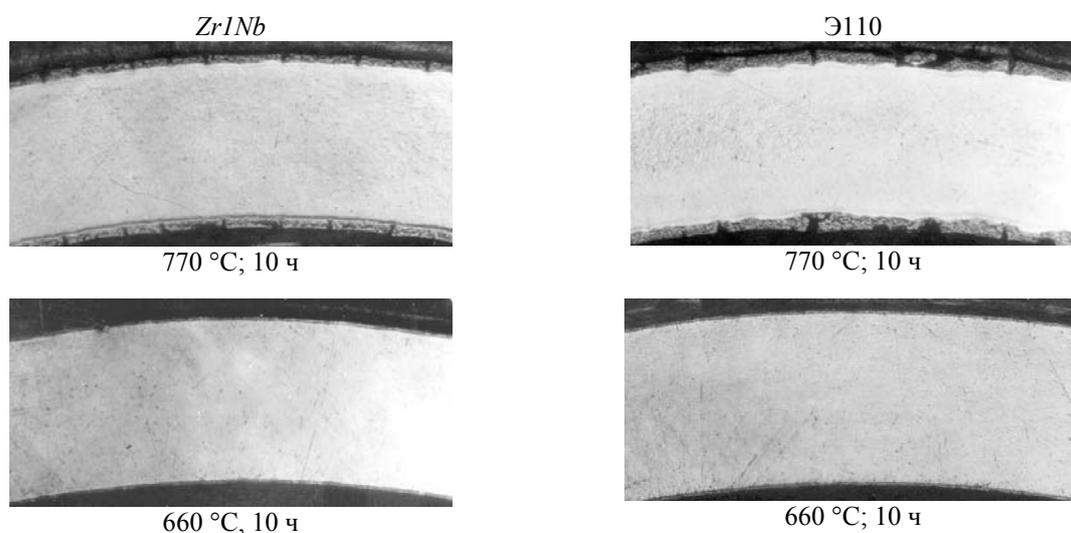


Рис. 6. Вид оксидных пленок и границы «оксид-металл» в поперечном сечении труб, окисленных в водяном паре при 660, 770 °С в течение 10 ч (x55). (При более низких температурах образуются тонкие оксидные плёнки, плохо различимые в микроскопе)

Эти значения больше, чем приведенные ранее значения для интервала 300...400 °С и по сравнению с данными из работ [5, 7-9] для циркония и его сплавов. Тенденция увеличения энергии активации при переходе в области более высоких температур отмечается в приведенных источниках. Вид окисленных образцов твэльных труб из сплавов *Zr1Nb* и Э110 по сечению после окисления при 660 и 770 °С в течение 10 ч показан на рис. 6.

Расчетные значения толщины пленок определялись исходя из табличных значений плотности моноклинной двуокиси циркония,

которая при комнатной температуре равняется 5,68 г/см<sup>3</sup>.

Можно видеть, что после выдержки при температурах 500 и 600 °С оксидные слои сплошные, в то время как после выдержки при температурах 660 и 770 °С в слоях оксидов хорошо видны трещины, распространяющиеся в глубину, но не доходящие до металла, так как в устье трещин нарастают защитные оксидные пленки

Более детальные исследования структуры плёнок выявили значительную неравномерность толщины оксидных пленок после испытаний при всех температурах исследования (рис. 7).

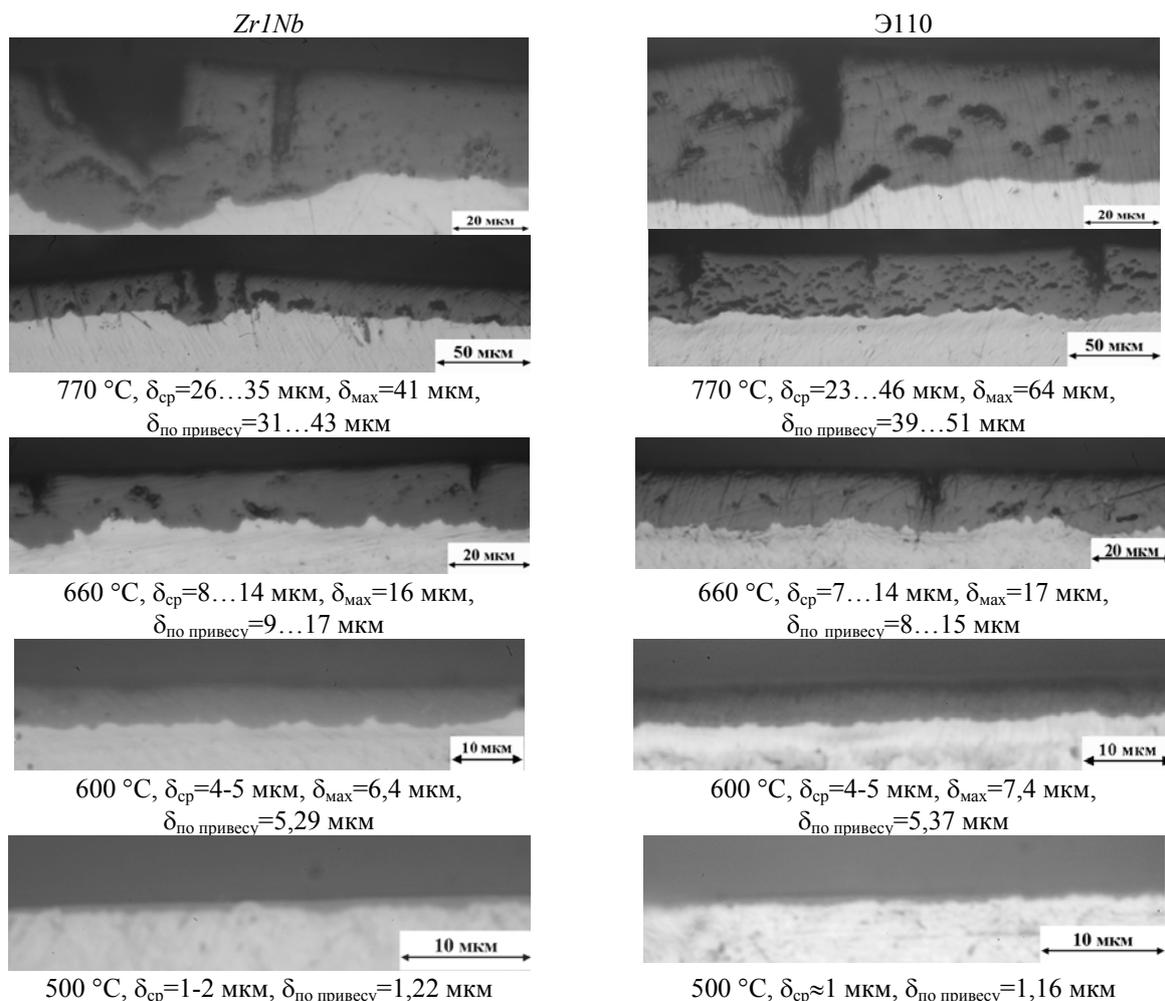


Рис. 7. Оксидные плёнки и граница «оксид-металл» на образцах сплавов *Zr1Nb* и Э110, окисленных в водяном паре при температурах 500...770 °С и давлении 0,1 МПа в течение 10 ч

Видим, что имеются места с более глубоким проникновением оксида в глубь оболочки и места с тонким слоем. Причем, такие участки могут находиться в непосредственной близости друг от друга.

Ввиду неравномерности толщины оксидных плёнок и образования трещин в оксидах, трудно ожидать совпадения расчетных (из привеса и плотности оксида) и фактических значений толщины плёнок, которые были определены методами оптической металлографии. Этим мы объясняем некоторое расхождение в конкретных значениях расчетных, определенных из привесов, толщин оксидных пленок и измеренных в

микроскопе после испытаний при температурах 660, 700 и 800 °С. При более низких температурах испытаний (500 и 600 °С) эти расхождения незначительны.

### 3. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ ИЗ *Zr1Nb* И Э110 ПОСЛЕ ОКИСЛЕНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 400...800 °С

Структура сплавов *Zr1Nb* и Э110 в поляризованном свете после выдержки в паре при 400...600 °С на протяжении 10 ч приведена на рис. 8.

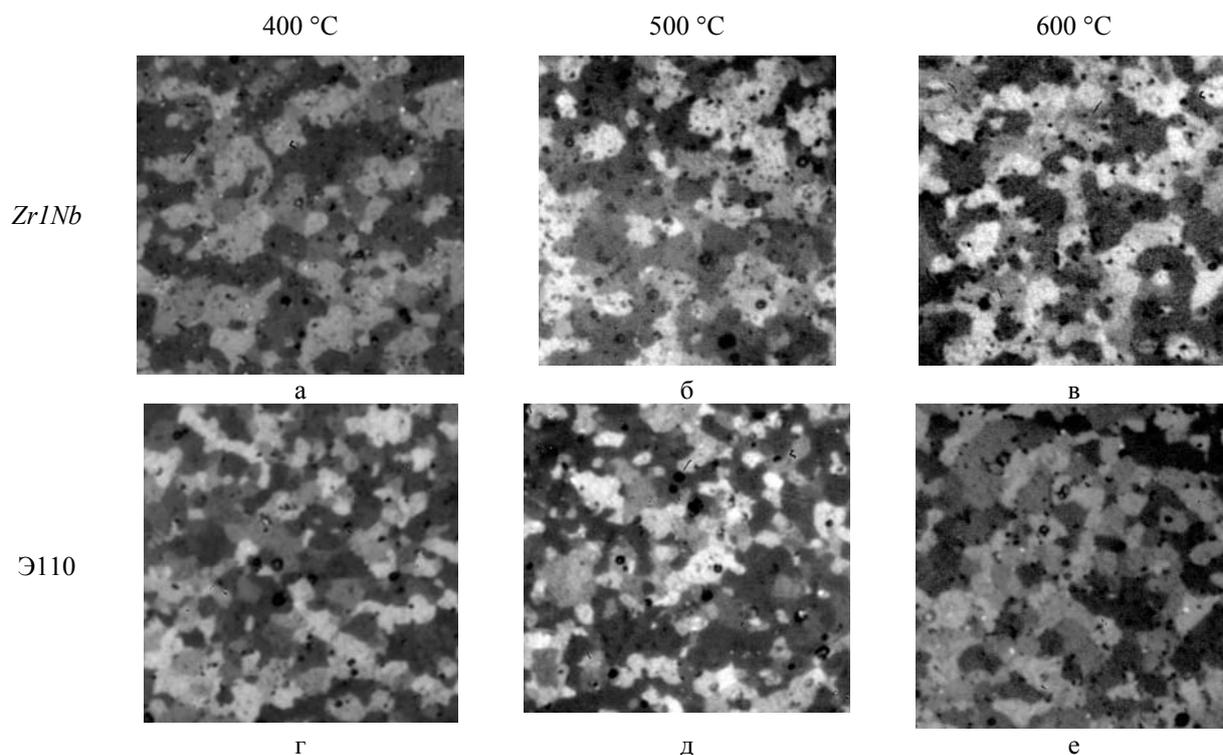


Рис. 8. Структура образцов из сплавов Zr1Nb (а, б, в) и Э110 (г, д, е), после выдержки в течение 10 ч в парах при температурах 400 °C (а, в), 500 (б, г) и 600 (д, е) (x200)

Размер зерен в образцах оболочек твэлов определяли по изображению микроструктуры в поляризованном свете при увеличении 500<sup>x</sup> методом секущих. Как показали измерения, после испытаний размер зерен в материале оболочек практически не изменяется и остается близким к размеру зёрен в исходном материале труб (среднее значение ( $d_{CP}$ ) лежит в интервале от 3 до 9 мкм). После испытаний при 660 и 770 °C на протяжении 10 ч размер зёрен

возрастает незначительно. Увеличение среднего размера зерна до 14 мкм отмечено только на сплаве Э110 после отжига при 770 °C, а размер зерен на сплаве Zr1Nb увеличился до 12 мкм.

Необходимо отметить, что после выдержки в парах воды при 660 и 770 °C структура зёрен в материале оболочек плохо просматривается в поляризованном свете. Поэтому на рис. 9 показана структура после испытаний в светлом поле.

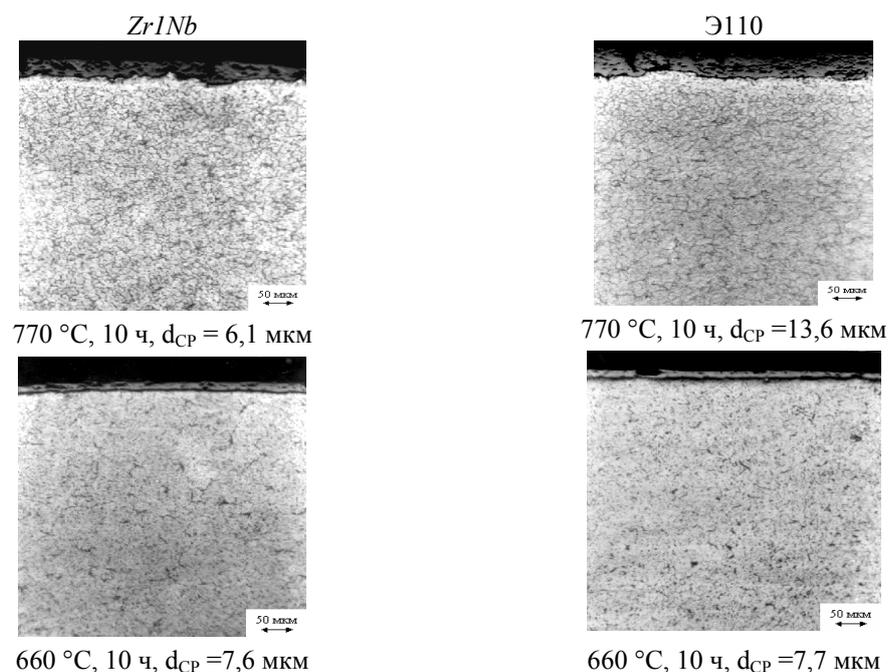


Рис. 9. Структура образцов из сплавов Zr1Nb и Э110, окисленных в парах воды при температурах 660 и 770 °C в течение 10 ч (x200)

Как видно на рисунке, трубки из сплавов *ZrINb* и Э110 после отжига и окисления в течение 10 ч при температурах 660 °С имеют идентичную структуру. При этих температурах окисления в структуре наблюдаются выделения, которые могут представлять собой частицы  $\beta_{Zr}$ -фазы, образовавшиеся при температурах выше эвтектидных, а также гидриды циркония, формируемые при охлаждении образцов поглощённым в процессе окисления водородом.

#### 4. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБОЛОЧЕК ПОСЛЕ ОКИСЛЕНИЯ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 400...770 °С

Определена прочность и пластичность образцов твёрдых труб из сплавов *ZrINb* и Э110 после их выдержки в среде водяного пара при указанных выше условиях. Механические свойства определяли на кольцевых образцах с использованием методики [4].

Как видно из приведенных в табл. 1 данных, механические свойства после коррозионных испытаний при температурах 400, 500 и 600 °С практически не изменились. После выдержки при 660 °С и, особенно после выдержки при 770 °С, как относительное удлинение при разрыве, так и предел прочности, начали снижаться. После 10-часовой выдержки при 770 °С прочность и пластичность образцов из обоих сплавов резко уменьшились. Эти данные наглядно представлены на графиках рис. 10.

Определена микротвёрдость ( $H_{\mu}$ ) сплавов после окисления в парах воды (табл. 2) Видно, что значения  $H_{\mu}$  мало изменились после испытаний в течение 10 ч при температурах до 600 °С, а потом незначительно повышаются с ростом температуры окисления до 770...800 °С. Такое повышение микротвёрдости, по-видимому, связано с вышеупомянутыми образованиями по границам зёрен выделений  $\beta_{Zr}$ -фазы и выделений в теле зерна гидридов.

Таблица 1

Характеристики прочности и пластичности труб, изготовленных из сплавов *ZrINb* и Э110, в исходном состоянии и после коррозионных испытаний (10 ч) в паре при разных температурах

Материал труб	Исходное состояние				После коррозионных испытаний							
	Мех. исп., 20 °С		Мех. исп., 350 °С		при 400 °С, 10 ч				при 500 °С, 10 ч			
	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
Э110	372,8	34	196,2	38	384,5	36,6	198,1	431	379,3	36,5	195,2	37,5
<i>ZrINb</i>	603,3	25	235,4	39	612	26	225,6	380	613,1	26,8	231,6	40,2

Продолжение табл. 1

Материал труб	После коррозионных испытаний											
	при 600 °С, 10 ч				при 660 °С, 10 ч				при 770 °С, 10 ч			
	Мех. исп., 20 °С		Мех. исп., 350 °С		Мех. исп., 20 °С		Мех. исп., 350 °С		Мех. исп., 350 °С		Мех. исп., 350 °С	
$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	
Э110	383,4	32,1	206,0	40,3	422	17,0	206	40,3	73,5	0	327,6	13,3
<i>ZrINb</i>	614,1	26,1	233,4	33,6	528,7	17,7	263,8	41,8	119,6	0,5	295,2	21,1

Микротвёрдость образцов (табл. 2) определяли 7-8 измерениями в поперечных сечениях в средней части образцов с вычислением среднеарифметических значений. Из данных этой таблицы

видно, что по мере повышения температуры окисления микротвёрдость обоих сплавов плавно возрастает.

Таблица 2

Значения микротвёрдости сплавов после выдержки в паре в течение 10 ч при указанных температурах

Материал труб	Микротвёрдость, МПа					
	До коррозионных испытаний	После коррозионных испытаний на протяжении 10 ч при температуре				
		400 °С	500 °С	600 °С	660 °С	770 °С
<i>ZrINb</i>	1850±50	1800±102	1890±91	2045±50	2080±50	2140±50
Э110	1330±50	1340±47	1306±69	1250±40	1240±47	1890±40

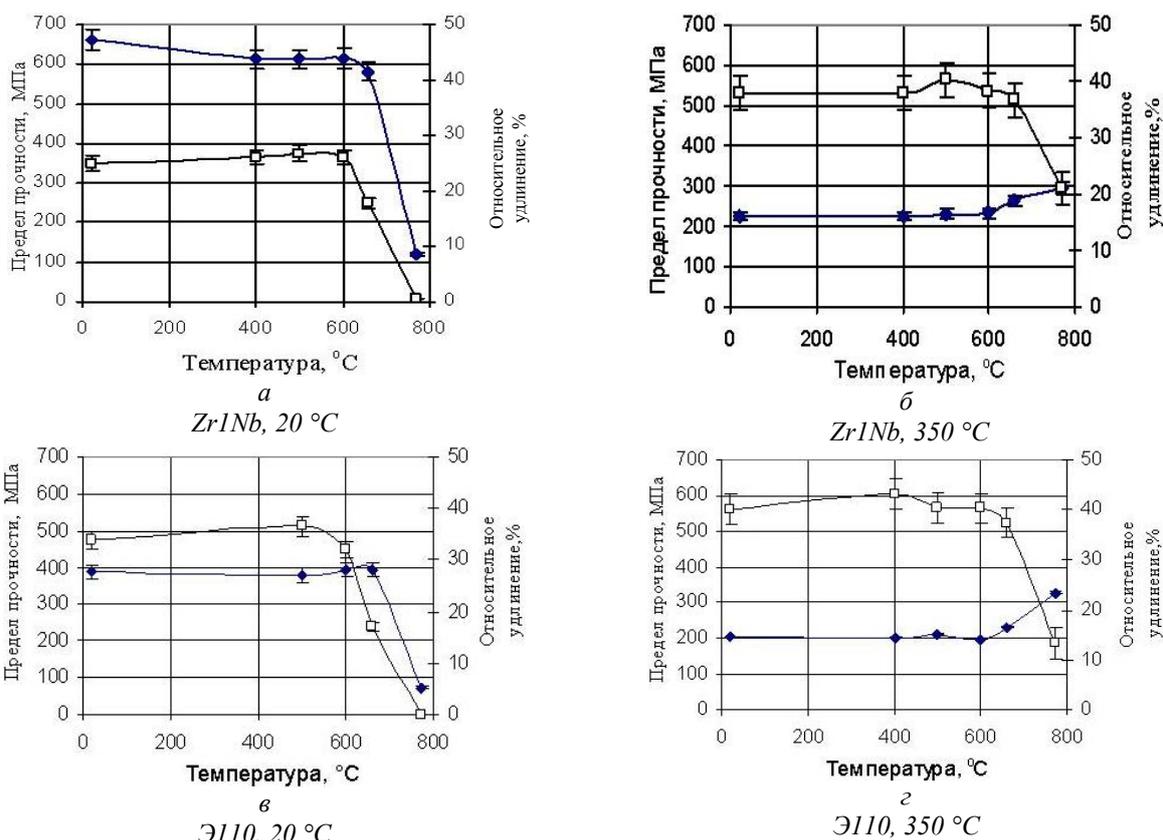


Рис. 10. Зависимость предела прочности  $\sigma_B$  (♦) и относительного удлинения  $\delta$  (□) образцов труб из сплава  $Zr1Nb$  (а, б) и сплава Э110 (в, г) от температуры окисления в водном паре (в интервале 400...770 °C) в течение 10 ч. Механические испытания проведены на воздухе при 20 °C (а, в) и при 350 °C (б, г)

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Исследована кинетика коррозии труб из штатного сплава Э110 и экспериментального кальциетермического сплава  $Zr1Nb$  в атмосфере водяного пара в области температур возможных аварийных перегревов до 400...800 °C. Показано, что кинетика окисления определяется параболическим или кубическим законами окисления. Оксидные пленки при окислении в течение времени до 10 ч при температурах до 600 °C сохраняют высокие защитные свойства, в то время как при температурах, превышающих 660 °C, наблюдается снижение этих характеристик, происходит растрескивание пленок в поверхностных слоях.

2. Структура сплавов  $Zr1Nb$  и Э110 при их окислении при температурах в области ниже эвтектоидной температуры за время испытаний (10 ч) существенно не изменяется в сравнении с исходным состоянием, а при их окислении при температурах в области выше эвтектоида наблюдаются незначительный рост зерна и образование в процессе испытаний выделений  $\beta_Z$ -фазы.

3. Механические свойства (предел прочности и относительное удлинение) труб из сплавов  $Zr1Nb$  и Э110 после коррозии в паре в течение 10 ч при температурах в интервале 400...600 °C сохраняются на уровне, близком к исходному, а после выдержки при температуре 660 °C прочность остается высокой, а пластичность начинает уменьшаться.

После окисления при 770 °C на протяжении 10 ч относительное удлинение при комнатной температуре у образцов обоих типов сплавов приближается к нулю, а при 350 °C - у образцов из  $Zr1Nb$  и Э110 составляет 20 и 15 % соответственно.

4. На основании проведенных исследований показано, что в случае отклонений температуры твэлов от рабочей (350 °C) и повышения ее до 600 °C в течение 10 ч коррозионная стойкость, механические характеристики и структура сплавов  $Zr1Nb$  и Э110 не ухудшаются, показатели работоспособности не снижаются. Нагревание до 770 °C и выше в парах воды на протяжении того же времени приводит к некоторому повышению прочности, уменьшению пластичности и появлению признаков хрупкости оболочки.

5. Исследование труб из сплавов  $Zr1Nb$  и Э110 после нагрева в условиях имитации отклонений температур от рабочих с перегревом до 400...660 °C на протяжении 10 ч показало высокие характеристики устойчивости сплавов. По коррозионной стойкости, механическим свойствам и структурному состоянию трубы из экспериментального и штатного материалов существенным образом не отличаются один от другого. Выше указанного интервала при окислении в парах воды коррозионная стойкость и механические свойства сплавов снижаются.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Б. Соколов. Расчётное моделирование термомеханического и коррозионного состояния твэлов при авариях с разгерметизацией контура: Доклад на региональных курсах МАГАТЭ «Конструкция, контроль качества при промышленном производстве и перспективы дальнейшего развития топлива ВВЭР», 5-23 июня 1995 г., Обнинск, Россия.
2. В.П. Смирнов, А.В. Смирнов, В.А. Цыканов, В.Г. Асмолов, Л.А. Егорова, Л.Н. Андреева-Андреевская, Ю.К. Бибилашвили, Н.Б. Соколов, Е.Г. Бек, А.К. Панюшкин, В.В. Рябов. Результаты экспериментальных исследований по обоснованию поведения высоковыгоревшего топлива реакторов с водой под давлением в авариях с потерей теплоносителя: Доклад на Международной конференции «Атомная энергетика на пороге 21-го тысячелетия», 7-9 июня 2000 г., Электросталь, Россия.
3. И.С. Красноруцкий, И.А. Петельгузов, В.К. Яковлев, Н.Н. Белаш, А.Г. Родак, Ф.А. Пасенов, В.И. Савченко, Е.А. Слабоспицкая, Н.И. Ищенко. Исследование моделей твэлов для реактора ВВЭР-1000, изготовленных из кальциетермического циркониевого сплава  $Zr/Nb$  после длительных коррозионных испытаний // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение». 2003, №3, с.101-107.
4. В.С. Красноруцкий, И.А. Петельгузов, В.М. Грицина и др. Исследование характеристик оболочек макетов твэлов из сплава  $Zr/Nb$  после высокотемпературных испытаний в водяном паре // Фізико-хімічна механіка матеріалів. Спеціальний випуск №4: Матеріали конференції «Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів». Львів, 2004.
5. И.А. Петельгузов. Кинетика и механизм коррозии циркониевых сплавов  $Zr/Nb$  и Э110 при нагреве в парах воды в области температур 660...1200 °С // Труды 16 Международной конференции по физике радиационных явлений и радиационному материаловедению, 6-11 сентября 2004 г., Алушта, 2004, с. 178.
6. И.А. Петельгузов, Н.И. Ищенко, Е.А. Слабоспицкая, М.В. Мухин. Влияние высокотемпературного отжига в водяном паре на структуру оболочек твэлов из сплава циркония с 1% Nb // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение». 2005, №5, с. 115-120.
7. М.А. Фомишкин, В.Ю. Тонков, Ю.И. Долгов, К.В. Куликова, Н.Г. Куликов, З.А. Опарина. Исследование диффузии кислорода в сплав  $Zr-1\%Nb$  при высокотемпературном окислении в водяном паре // Атомная энергия. 1988, т.65, в. 5, с. 321-326.
8. Р.Ф. Войтович. Окисление циркония и его сплавов. Киев: «Наукова думка», 1989.
9. О. Кубашевский, Б. Гопкинс // Окисление металлов и сплавов. М., 1965.

Статья поступила в редакцию 05.09.2008 г.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРУБ З E110 И $Zr/Nb$ ПІСЛЯ ОКИСЛЮВАННЯ В ПАРАХ ВОДИ В ОБЛАСТІ ТЕМПЕРАТУР 300...800 °C

*І.А. Петельгузов, Н.І. Іщенко, О.А. Слабоспицька*

Досліджено процес окислювання у водяній парі при тиску 0,1 МПа твельних труб із цирконієвого сплаву  $Zr+1\%Nb$  штатного виробництва (E110) і з виготовленого в Україні сплаву ( $Zr/Nb$ ) у водяному парі при тиску 0,1 МПа в інтервалі температур 300...800 °C. Визначені закономірності окислювання, енергія активації процесів окислювання, структура сплавів і оксидних плівок, що утворюються на них, механічні властивості після нагрівання, окислювання та охолодження. Установлено області початку зниження корозійної стійкості й механічних властивостей у дослідженому інтервалі температур в залежності від окислювання.

## THE STUDY OF FUEL PIPES CHARACTERISTICS FROM E110 AND $Zr/Nb$ ALLOYS AFTER OXIDATION IN WATER VAPOUR IN THE INTERVAL OF THE TEMPERATURE 300... 800 °C

*I.A. Petelguzov, N.I. Ischenko, E.A. Slabospickaya*

The process of the oxidation fuel pipes from zirconium alloy  $Zr+1\%Nb$  staff production (E110) and from made in Ukraine ( $Zr/Nb$ ) in vapour at pressure of 0,1 MPa in interval of the temperature 300...800 °C are investigated. The certain regularities of the oxidation, activations energy of the oxidation processes, structure alloys and oxide films on them, mechanical characteristics after heating and oxidations are presented. It is installed areas beginning reductions corrosion stability of films and mechanical characteristics in explored interval of the temperature.