

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНВЕРСИИ СОСУЩЕСТВУЮЩИХ ФАЗ РАСПЛАВА В СИСТЕМЕ U-ZR-FE-O-B4C

В.Б. Хабенский¹, В.И. Альмяшев^{1,2,3}, А.В. Тимчук¹, Е.Б. Шуваева¹, Е.В. Крушинов¹, С.А. Витоль¹, А.А. Сулацкий¹, С.Ю. Котова¹, В.В. Гусаров⁴

¹ ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», г. Сосновый Бор Ленинградской обл., Россия

² ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБУН «Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН», Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГБУН «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН», Санкт-Петербург, Россия

В работе исследована стадия тяжелой аварии, связанная с формированием ванны расплава и изменением пространственного расположения двух несмешивающихся жидких фаз (металлической и оксидной) в базовой для тяжелой аварии на АЭС системе U-Zr-Fe-O-B4C. В эксперименте исходным состоянием являлась двухжидкостная оксидно-металлическая субокисленная ванна расплава кориума с нижним положением металлической жидкости и соотношением U/Zr, характерным для условий аварии на АЭС Фукусима-Дайичи. В процессе эксперимента в системе U-Zr-Fe-O-B4C последовательно малыми порциями увеличивалась массовая доля B4C и определялась точка пространственной инверсии металлической и оксидной жидкости, при которой металлическая жидкость занимала устойчивое верхнее положение в ванне расплава. В эксперименте также были проведены измерения температуры монотектики при изменении содержания B4C в расплаве, определялся состав проб расплава и продуктов плавки. Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы для расширения и уточнения баз данных, используемых для термодинамического моделирования фазовых равновесий в многокомпонентных системах расплава кориума на различных стадиях тяжелой аварии на АЭС с водо-водяными реакторами. Ключевые слова: уран, цирконий, железо, кислород, карбид бора, фазовые равновесия, жидкофазное расслаивание, пространственная инверсия жидких фаз, индукционная плавка в холодном тигле (ИПХТ), тяжелые аварии.

УДК 544.344.9; 621.039.586

DOI:10.52069/2414-5726_2021_4_26_53

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SPATIAL INVERSION POINT OF COEXISTING MOLTEN PHASES IN THE U-ZR-FE-O-B4C SYSTEM

V.B.Khabensky¹, V.I. Almjashev^{1,2,3}, A.V. Timchuk¹, E.B. Shuvaeva¹, E.V. Krushinov¹, S.A.Vitol¹, A.A. Sulatsky¹, S.Yu. Kotova¹, V.V. Gusarov⁴

¹ FSUE "Alexandrov NITI", Sosnovy Bor, Leningrad region, Russia

² Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint Petersburg, Russia

³ I.V. Grebenshchikov Institute of Silicate Chemistry of RAS, Saint Petersburg, Russia

⁴ Ioffe Institute, Saint Petersburg, Russia

The work studies the stage of a severe accident associated with the formation of a molten pool and a change in the spatial arrangement of two immiscible liquid phases (metallic and oxidic) in the U-Zr-Fe-O-B₄C system, which is the base system for a severe accident at a nuclear power plant. In the experiment, the initial state was a two-liquid oxidic-metallic suboxidized molten pool of corium with a bottom position of metallic liquid and a U/Zr ratio typical of the accident conditions at the Fukushima-Daiichi NPP. During the experiment, in the U-Zr-Fe-O-B₄C system, the mass fraction of B₄C was successively increased in small portions, and the point of spatial inversion of the metallic and oxidic liquid was determined, at which the metallic liquid occupied a stable upper position in the molten pool. In the experiment, the monotectic temperature was also measured with a change in the B₄C content in the melt, and the composition of the melt samples and melt products was determined. The obtained experimental results can be used to expand and refine the databases used for thermodynamic modeling of phase equilibria in multicomponent systems of molten corium at various stages of a severe accident at NPPs with pressurized and boiling water reactors.

Key words: uranium, zirconium, iron, oxygen, boron carbide, phase equilibria, miscibility gap, spatial inversion of liquid phases, induction melting in the cold crucible (IMCC), severe accidents.