

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗРЫВНОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАПЕЛЬ, ПАДАЮЩИХ В ХОЛОДНУЮ

С. М. Юдин^{1, 2}, Ю. П. Ивочкин¹, О. А. Синкевич^{1, 2}

¹Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, Россия

²НИУ Московский энергетический институт, Москва, Россия

Понимание процессов, лежащих в основе паровых взрывов [1], включая те, что наблюдались на крупных объектах атомной энергетики и металлургической промышленности, остается недостаточно изученными, главным образом из-за отсутствия надежной базы экспериментальных данных. Наиболее перспективным и удобным методом проведения экспериментальных исследований промышленного парового взрыва является физического моделирование отдельных этапов данного явления на экспериментальных установках малых размеров (маломасштабный паровой взрыв) с последующим переносом полученных данных на более крупные масштабы. Проведение подобных испытаний, возникают технические сложности, связанные с использованием жидкого кориума и стали. Зачастую работа проводится на легкоплавких расплавах – таких как Sn, Bi, Pb, Zn, а также их различные сплавы, включая сплавы Вуда, Розе, Филдса и т. д. ввиду их широкой доступности и лабораторных удобств.

В настоящей работе представлены экспериментальные данные с использованием жидкого Sn, (рабочий диапазон начальной температуры металла 600–800°C) которое в виде небольших капель поступало в воду при $T = 18^\circ\text{C}$. Были получены оригинальные зависимости пульсаций давления от времени с помощью пьезодатчика давления. Совместно с высокоскоростной съемкой процесса их анализ выявил ранее не наблюдаемые специфические особенности протекания взрывной фрагментации (рис. 1). Это позволило сформулировать уточненный сценарий, описывающий взаимодействия расплава и воды, в основу которого легло явление взрывного вскипания холодной жидкости вблизи поверхности металла.

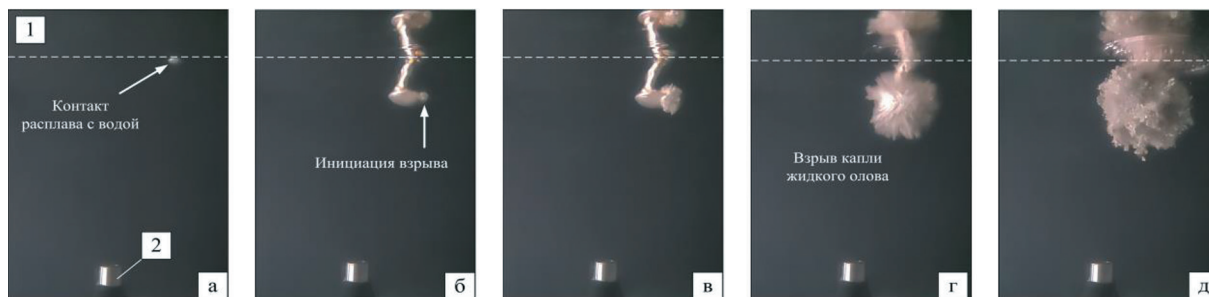


Рис. 1. Этапы процесса взрывной фрагментации одиночной капли Sn.

Пунктирной линией обозначен уровень свободной поверхности воды. 1 – вода, 2 – датчик давления; а – контакт металла с водой, б – локальная дестабилизация паровой пленки, в – распространение возмущения по поверхности капли, г – взрыв капли олова; д – расширение продуктов фрагментации, е – окончание процесса фрагментации

Несмотря на малый масштаб явления, удалось установить, что импульсы давления, возникающие в результате подводного взрыва капель, могут достигать критических значений (~10–1000 атм в зависимости от условий), достаточных протекания фрагментации согласно кавитационно – акустической модели. Было установлено, что увеличение начальной температуры вливаемого расплава приводит к увеличению интенсивности взрыва в случае с жидким оловом.

Взаимодействие жидких Pb и Bi с водой носит принципиально другой характер. Для жидкого висмута взрывы возникают у самой поверхности охладителя, в то время как для свинца в исследуемом интервале температур наличие взрывной фрагментации не наблюдалось. Приведенные выше соображения показывают, что экспериментальные данные, полученные с использованием легкоплавких металлов, недостаточно репрезентативны и не могут применяться для описания процессов взаимодействия расплава кориума с водой в условиях реальных аварий на атомных электростанциях. Это подчеркивает необходимость проведения дополнительных исследований.

Литература

1. **Мелихов, В. И.** Гидродинамика и теплофизика паровых взрывов [Текст] / В. И. Мелихов, О. И. Мелихов, С. Е. Якуш. – М. : ИПМех РАН, 2020.
-