

- [1] П о л ь с к и й А.И. Препринт ИФ СО, № 563Ф, 1989.
 [2] К у з н е ц о в В.Д. и др. // ДАН, 1989. Т. 308. С. 862-866.

Институт физики им. Л.В. Киренского
 СО АН СССР,
 Красноярск

Поступило в Редакцию
 25 мая 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 3

12 февраля 1991 г.

03

© 1991

О ЯВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ
 РАСПАДА ПЛЕНОК ПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ

И.В. К а з а ч к о в, А.Ф. К о п е с н и ч е н к о

Электромагнитное возбуждение и подавление колебаний на границах раздела сплошных проводящих сред дает основание для разработки новых или значительного улучшения показателей существующих технологических и энергетических установок [1-3]. Одним из наиболее распространенных в практике является рассматриваемый здесь случай электромагнитного возбуждения волны на поверхности растекающихся с большими скоростями (≥ 1 м/с) пленок проводящей жидкости, который в настоящее время уже достаточно хорошо изучен [2], в том числе с учетом нелинейной деформации свободной поверхности пленки. Теоретические работы [2, 4] показали, что наиболее интересным для практики может быть режим параметрического резонанса в пленке, дающий узкодисперсный состав при ее распаде на капли. Для экспериментального исследования этого нового физического явления была создана модельная установка, работающая на расплавах металлов (галлий, олово, алюминий и т.д.), имеющая замкнутый жидкометаллический контур и вакуумную рабочую камеру.

Вертикальная струя расплава подается на горизонтальный диск-рассекатель, формирующий радиально растекающуюся пленку. Сопло расположено над диском на регулируемом расстоянии 10-15 мм, на него надета индукционная система, создающая переменное электромагнитное поле, направленное перпендикулярно невозмущенной свободной поверхности пленки. Индукция поля достигает 0.3 тесла при максимально возможном токе в катушке, однако ее

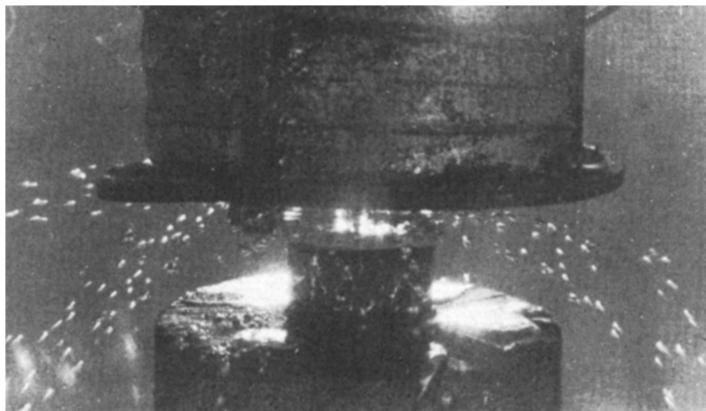


Рис. 1. Резонансный распад пленки.

можно удвоить, применяя аналогичную катушку, расположенную под пленкой. На диске-рассекателе применяются механические разделители пленки по окружной координате, если необходимо внести азимутальные возмущения. Верхняя и нижняя катушки индуктора могут быть подключены как к одному, так и к разным источникам постоянного или переменного (синусоидального или полигармонического) тока, что позволяет варьировать электромагнитные силы в пленке, управляя ее волнообразованием и процессом распада на капли.

В результате проведенных исследований получен оптимальный резонансный режим распада, в котором разрушение пленки на капли равных размеров происходит при сравнительно низких энергозатратах (рис. 1). Если применяется механическое разделение пленки по окружной координате, регулирование диаметра образующихся капель осуществляется просто, поскольку имеется линейная связь с длиной возбуждаемой поверхностной волны, которая регулируется частотой питающего индуктор тока. На гладком диске-рассекателе распад пленки получается не монодисперсный (рис. 2), однако дисперсный состав можно сделать довольно узким, если электромагнитное воздействие производится на одной из собственных частот пленки и другие моды практически отсутствуют.

Уровень электромагнитного воздействия поля на пленку можно характеризовать безразмерным критерием — магнитным числом Эйлера $Eu_m = \mu H^2 / (\rho_1 u_0^2)$, где μ — магнитная проницаемость среды, H — напряженность магнитного поля, ρ_1 — плотность расплава, u_0 — характерная скорость течения (например, средняя скорость невозмущенного потока). В резонансном режиме $(Eu_m)_{min}$ составляет порядка 10^{-3} – 10^{-1} в зависимости от других безразмерных критериев: Рейнольдса $Re = u_0 a / \nu$,

Онезорге $On = a \sqrt{\rho g / \sigma}$, Ветчелора $Ve = \nu / \nu_m$, и других. Здесь

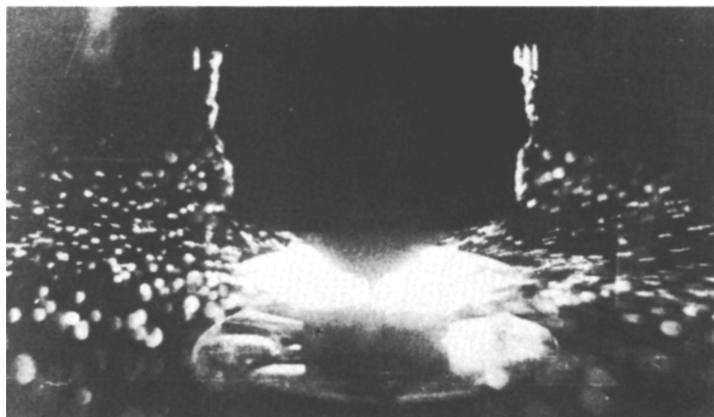


Рис. 2. Нерезонансный распад пленки в переменном магнитном поле.

a – толщина невозмущенной пленки, ν , ν_m – коэффициенты кинематической и магнитной вязкости, g – ускорение свободного падения, σ – коэффициент поверхностного натяжения. В нерезонансном случае достаточно устойчивый узкодисперсный режим распада пленки наблюдался при $Eu_m \sim 1$ (практически $Eu_m \sim 0.2-0.4$ при сравнительно низких значениях Re).

Нормальное к поверхности пленки бегущее поле вызывает на ее поверхности две волны: подобную волне бегущего поля и отличную от нее. Если скольжение поля равно нулю – волна одна (первая). Параметрический резонанс в пленке достигается при [3, 4]:

$$Re = \frac{8Be[(1-\rho_{21})Ga^2 + 8k^2/On^2]^2}{k\{1/Be + 8[(1-\rho_{21})Ga^2 + 8k^2/On^2]\}},$$

где k – волновое число возмущения, ρ_{21} – отношение плотностей окружающей пленку среды (непроводящей) и расплава, $Ga = \sqrt{ga}a/\nu$ – число Галилея. Как видно из приведенного выражения, обе резонансные кривые бифурцируют от соответствующей кривой для распада пленки непроводящей жидкости под действием развивающихся неустойчивых поверхностных волн.

Важным параметром процесса является число Бэтчелора, характеризующее соотношение толщин пограничных слоев – гидродинамического и магнитного. При $Be \ll 1$ магнитный пограничный слой значительно превосходит динамический и возможно воздействие в пленке описанного типа, когда модулируемая пондеромоторная сила направлена строго против сил инерции потока. В противном случае необходимо учитывать изменение поля по толщине пленки и картина усложняется.

Исследованное явление электромагнитного возбуждения распада пленок подтверждает результаты теории [2-4] и дает возможность

построить сравнительно простые пленочные диспергаторы проводящих жидкостей, отличающиеся высокой производительностью и довольно низкими энергозатратами, особенно в режиме резонансного распада, изображенном на рис. 1. Существенным достоинством таких пленочных МГД-диспергаторов является также простота в регулировании размера частиц (капель).

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Колесниченко А.Ф. Технологические МГД-установки и процессы. Киев: Наукова думка, 1980.
- [2] Колесниченко А.Ф., Казачков И.В., Водянюк В.О., Лысак Н.В. Капиллярные МГД-течения со свободными границами. Киев: Наукова думка, 1988.
- [3] Dem'janenko V.N., Gorislavets Yu.M., Kazachkov I.V. et al. // Liquid Metal Magnetohydrodynamics. Kluwer Acad. Publ. 1989. P. 293-298.
- [4] Казачков И.В. // Магнитная гидродинамика. 1989. № 4. С. 72-78.

Поступило в Редакцию
11 сентября 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 17, вып. 3

12 февраля 1991 г.

04; 10

© 1991

ЛАЗЕРНЫЙ ИСТОЧНИК ИНТЕНСИВНЫХ ПУЧКОВ КЛАСТЕРНЫХ ИОНОВ УГЛЕРОДА

Ю.А. Быковский, С.А. Кондрашев,
Д.Г. Кошкарев

Создание интенсивного источника молекулярных и кластерных ионов является актуальной задачей в рамках программы инерциального термоядерного синтеза на пучках тяжелых ионов. В настоящей работе сообщается о получении интенсивного пучка кластерных ионов углерода при воздействии излучения импульсного CO_2 -лазера на мишень из чистого углерода. На основании проведенных исследований обсуждается возможность получения интенсивных пучков кластерных и молекулярных ионов различных элементов и соединений.

Эксперименты проводились по следующей схеме. Лазерное излучение фокусировалось на углеродную пластину, находящуюся под