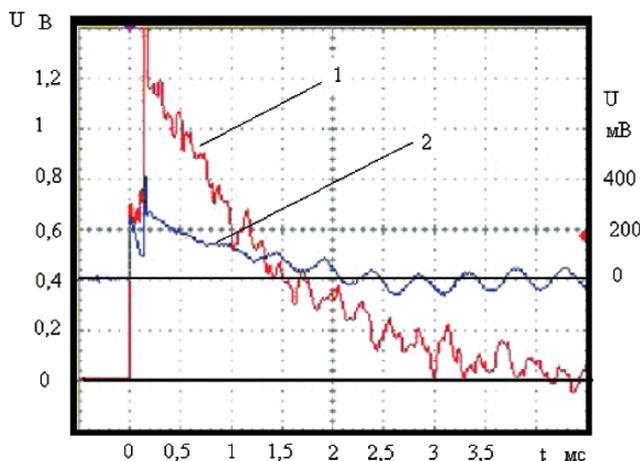


ный цифровой запоминающий осциллограф. В результате проведенных экспериментов получены осциллограммы напряжения возмущения от времени

(рисунок), анализ которых показывает существование аксиально-составляющей механического возмущения.



Характерные осциллограммы:
1 – механическое возмущение; 2 – электрические наводки

Список литературы

1. Суркаев А.Л., Муха Ю.П., Кумыш М.М. Элементы гидродинамики электрического взрыва плоской кольцевой фольги // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 6. – С. 83-88.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА ПЛОСКОЙ ФОЛЬГИ

Канцелалов Д.А., Суркаев А.Л.

Волжский политехнический институт,
филиал Волгоградского государственного
технического университета,
www.volpi.ru, e-mail: vpf@volpi.ru

Высокоэнергетическое, импульсное, электрическое воздействие на металлический проводник – электрический взрыв проводников (ЭВП) представляет собой уникальное физическое явление, характеризующееся экстремальными состояниями вещества и скоротечностью процесса, в частности. Одним из явлений, возникающих при электрическом взрыве, является порождение страт – чередующихся слоёв с различным значением плотности вещества. На сегодняшний день не существует единой точки зрения, объясняющий данный феномен. В частности, возникновение страт для цилиндрических проводников можно рассматривать как результат развития магнитогиродинамическую (МГД)-неустойчивостей с модой $m = 0$, являющейся аксиально – симметричным возмущением типа перетяжек, и с модой $m = 1$, соответствующей винтовому (изгибному) возмущению. В условиях быстрого электрического взрыва $j \geq 108 \text{ A/cm}^2$ рассматриваются перегреваемые магнитогиродинамические неустойчивости. В случае, когда удельное сопротивление вещества увеличивается с ростом температуры, развитие перегреваемых МГД-неустойчивостей приводит к возникновению страт. Возникновение МГД-неустойчивостей, приводящее к стратообразованию наблюдается, также, при электрическом взрыве фольг (ЭВФ) [1].

Целью данной работы является экспериментальное исследование возникновения МГД-неустойчивости при миллисекундном электрическом взрыве плоской фольги в воздухе, как одной из воз-

можных причин стратообразования. Согласно [2], рассмотрим металлический проводник, находящийся в жидком состоянии, прямоугольного сечения, по которому протекает ток вдоль оси z симметрии (рисунок). Геометрические параметры проводника $2a \ll 2b \ll \ell$. Металлическая жидкость считается несжимаемой и ее электропроводность постоянна $\sigma = \text{const}$. Уравнения магнитной гидродинамики имеют вид:

$$\partial_t \vec{v} + (\vec{v} \nabla) \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \frac{1}{4\pi\rho} [(\nabla \vec{H}, \vec{H}) \vec{H}]; \quad (1)$$

$$\partial_t \vec{H} + (\vec{v} \nabla) \vec{H} = (\vec{H} \nabla) \vec{v} + \nu_m \Delta \vec{H}; \quad (2)$$

$$(\nabla \vec{v}) = 0, \quad (\nabla \vec{H}) = 0, \quad (3)$$

где $\vec{v} = \{v_x, v_y, v_z\}$ – скорость; $\vec{H} = \{H_x, H_y, H_z\}$ – напряженность магнитного поля; P – давление; ρ – плотность; $\nu_m = \frac{c^2}{4\pi\sigma}$ – магнитная вязкость; c – скорость света; Δ – оператор Лапласа. При решении системы (1-3) в ранних работах авторов было получено дисперсионное уравнение и выражение для управляющего параметра

$$\alpha = \left[8(I^2 a^3) / (\rho \nu v_m^2 b^3 c^2) \right],$$

при этом $\delta \approx 0,002$ – инкремент неустойчивости, а $\lambda \approx 0,1 \dots 2 \text{ мм}$.

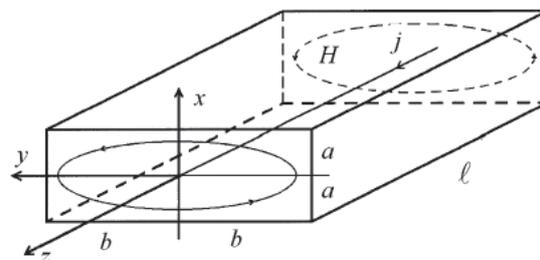
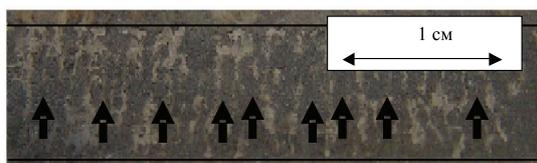


Рис. 1. Жидкометаллический проводник прямоугольной геометрии

Экспериментальная установка является традиционной и представляет собой энергетический на-

копитель конденсаторного типа с соответствующей электродной системой. Взрывающийся проводник располагалась между двумя полосками стекла на расстоянии $h = 1...4$ мм. Разрядный ток регистрировался поясом Роговского, напряжение – высокоомным делителем.

Результатом экспериментов является получение образцов (рис. 2), где наблюдается поперечное чередование плотности вещества (на фото показано стрелками, линии – границы полоски фольги) электрического взрыва алюминиевой фольги. Электрический взрыв протекал в близком к согласованному (оптимальному) режиму, при котором энергия конденсаторного накопителя реализуется в первой половине периода разряда. Возможно, что образование страт в большей степени наглядности проявляется при взрыве тонкой фольги, вследствие самой геометрии взрывающегося проводника.



Чередование плотности вещества при электрическом взрыве алюминиевой фольги

Список литературы

1. Суркаев А.Л., Кумыш М.М., Усачев В.И. Исследование миллисекундного электрического взрыва металлических: письма в ЖТФ. – 2011. – Т. 36, Вып. 23. – С. 97-104
 2. Волков Н.Б., Зубарев Н.М., Зубарева О.В. Крупномасштабная магнитогидродинамическая неустойчивость поверхности проводящей жидкости: письма в ЖТФ. – 2001. – Т. 27, Вып. 22. – С. 38-44.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВАЛЬЦЕВАНИЯ МАЛОВЯЗКОЙ ТЯЖЕЛОЙ СУСПЕНЗИИ

Мальгинова Е.А., Зубович С.О.

Волжский политехнический институт, филиал Волгоградского государственного технического университета, Волжский, e-mail: vpf@volpi.ru

Рассматривается процесс течения высоконаполненной суспензии, подчиняющейся реологическому закону Ньютона ($\tau = \eta(\partial v_x / \partial y)$), в вертикальном валковом зазоре двухвалкового аппарата. Процесс нанесения материала на валки при аналогичном механизме течения имеет существенные отличия от наиболее близкого по схеме процесса каландрования полимерных материалов. Прежде всего, вязкость среды на 2-4 порядка ниже вязкости каландруемых полимеров, поэтому силы вязкого трения соизмеримы с силами

$$0 = St(\lambda - \xi_0) + \frac{3\lambda}{2(1+\lambda^2)} + \frac{3}{2} \arctg(\lambda) - \frac{3\xi_0}{2(1+\xi_0^2)} - \frac{3}{2} \arctg(\xi_0) - \frac{3q}{2} \left[\frac{\lambda}{4(1+\lambda^2)^2} + \frac{3\lambda}{8(1+\lambda^2)} + \frac{3}{8} \arctg(\lambda) - \frac{\xi_0}{4(1+\xi_0^2)^2} - \frac{3\xi_0}{8(1+\xi_0^2)} - \frac{3}{8} \arctg(\xi_0) \right]. \quad (3)$$

и далее из этого уравнения найти λ . После этого можно найти безразмерный расход q , используя выражение (2).

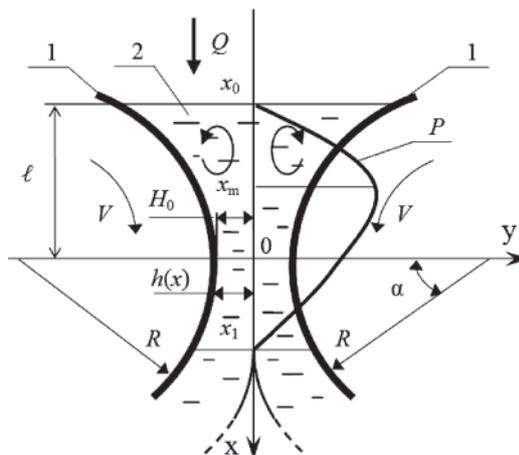
К размерной форме переменных несложно перейти с помощью уравнения:

$$\delta_{\text{мат}} = H_0(1 + \lambda^2). \quad (4)$$

$$F = -\eta H_0 \left\{ \frac{2}{\sqrt{2RH_0}} \int_{x_0}^{x_1} P x dx + \rho g \left[x_1 - x_0 + \frac{(x_1^3 - x_0^3)}{3\sqrt{2RH_0}} \right] \right\}; \quad (5)$$

собственного веса жидкости. Основным технологическим параметром процесса вальцевания является толщина материала [1, 2].

Схема течения и система координат представлены на рисунке. Начало декартовой системы координат помещено в середине сечения минимального зазора. Ось y направлена горизонтально, ось x – вертикально вниз. Уровень жидкости $2x = x_0$ постоянен. Объемный расход жидкости Q . Окружные скорости валков $1 - V$, а их радиус R . Минимальный зазор между валками $2H_0$, а текущий $2h$. Уровень жидкости ℓ . Координата максимума давления P в межвалковом зазоре x_m .



С целью упрощения расчета перейдем к безразмерным переменным:

$$\{\xi, \xi_0, \lambda\} = \left\{ \frac{x, x_0, x_1}{\sqrt{2RH_0}} \right\}; \quad St = \frac{\rho g H_0^2}{\eta V}; \quad q = \frac{Q}{VH_0}, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения; ρ – плотность жидкости; P – давление; q – безразмерный расход; ξ – безразмерная переменная Гаскелла; ξ_0, λ – безразмерные координаты входа и выхода из зазора; η – пластическая вязкость; St – число Стокса.

Для определения толщины материала $\delta_{\text{мат}}$, наносимого на валки, задаемся уровнем жидкости на входе в зазор ξ_0 , т.е. расходом жидкости. В этом случае необходимо выражение:

$$q = 2(1 + \lambda^2), \quad (2)$$

подставить в уравнение:

Алгоритм расчета энергосиловых характеристик движения жидкости (силы трения F , действующей со стороны жидкости на поверхность валка единичной длины; распорного усилия W , рассчитанное на единицу длины валка; мощности привода M) совпадает с классической методикой расчета [2, 3]: