

рактическое число является положительным, простым и меньше модуля всякого другого характеристического числа этого уравнения. В тех случаях, когда характеристические числа линейного уравнения нечетнократные, линеаризация нелинейного уравнения для определения его точек бифуркации законна [11]. Следовательно, исходное уравнение (4.3) имеет по крайней мере одну точку бифуркации. Причем эта точка соответствует для данного случая; все другие точки бифуркации уравнения (4.3), если они есть, будут соответствовать течению в нижней полуплоскости.

Автор благодарит Г. Н. Пыхтеву и В. Н. Монахова за полезные советы и Н. А. Садовскую, оказавшую помощь в численных расчетах.

Поступила 22 VI 1967

ЛИТЕРАТУРА

1. Тумашев Г. Г. Определение формы границ потока жидкости по заданному распределению скорости или давления. Ученые записки КГУ 1952, т. 112, кн. 3.
2. Пыхтеев Г. Н. К задаче о струйном обтекании криволинейной дуги безграничным и ограниченным потоком идеальной несжимаемой жидкости. ПММ, 1955, т. 19, вып. 4.
3. Пыхтеев Г. Н. Решение обратной задачи плоского кавитационного обтекания криволинейной дуги. ПММ, 1956, т. 20, вып. 1.
4. Мальцев Л. И. Решение одной обратной задачи кавитационного обтекания криволинейной дуги. ПМТФ, 1966, № 3.
5. Пыхтеев Г. Н. Общая и основная краевые задачи плоских обратных установившихся течений и соответствующие им нелинейные уравнения. ПМТФ, 1966, № 1.
6. Пыхтеев Г. Н. Некоторые методы решения одного нелинейного интегродифференциального уравнения теории струй идеальной жидкости. ПМТФ, 1966, № 2.
7. Гронопольская О. В. Об одной схеме кавитационного течения тяжелой жидкости. Изв. ВУЗов, Математика, 1963, № 6.
8. Киселев О. М. О кавитационном обтекании пластинки потоком тяжелой жидкости. Изв. ВУЗов, Математика, 1963, № 6.
9. Биркгоф Г., Сараптонелло Э. Струи, следы и каверны. «Мир», 1964.
10. Крейн М. Г., Рутман М. А. Линейные операторы, оставляющие инвариантным конус в пространстве Банаха. УМН, 1948, т. 3, вып. 1 (23).
11. Красносельский М. А. Топологические методы в теории нелинейных интегральных уравнений. Гостехиздат, 1956.
12. E h r m a n n H., L a h m a n n H. E. Anwendungen des Schauderschen Fixpunktsatzes auf gewisse nichtlineare Integralgleichungen Enseign. math, 1965, Bd. 11, N 4.

ПОЛУЧЕНИЕ БОЛЬШИХ ИМПУЛЬСНЫХ ДАВЛЕНИЙ

В. Г. Белан, А. Е. Войтенко, А. И. Иванченко

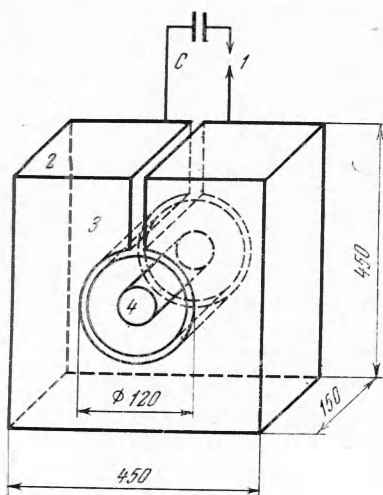
(Новосибирск)

Созданная в Институте ядерной физики установка для магнитного сжатия полых металлических цилиндров (металлический θ -пинч), позволяет передавать ускоряемому металлу значительную энергию, первоначально накопленную в конденсаторной батарее [1,2].

Схема установки представлена на фиг. 1, где C — конденсаторная батарея, 1 — разрядник, 2 — соленоид, 3 — лайнер (диаметр 119 мм, длина 150 мм, толщина стенки 1—3 мм), 4 — сплошной сжимаемый стержень (диаметром 15—40 мм). Использовалась конденсаторная батарея емкостью $C = 6 \cdot 10^{-2} \text{ ф}$ при напряжении $V = 4 \text{ кв}$. Общая индуктивность разрядной цепи $L = 50 \text{ см}$. В обычных экспериментальных условиях вес ускоряемого к оси медного или алюминиевого лайнера около 200 г при скорости порядка 10^5 см/сек . Ток разряда, идущий по одновитковой катушке, создает в зазоре между катушкой и лайнером ускоряющее магнитное поле. Отношение толщины стенки к скин-слою таково, что за время ускорения поле практически не успевает проникнуть во внутреннюю полость лайнера. Давление ускоряющего магнитного поля на наружную поверхность лайнера около $2 \cdot 10^3 \text{ атм}$.

Установка в основном предназначена для проведения экспериментов по сжатию плазмы [1], однако возможность электромагнитного ускорения значительной массы металла до большой скорости позволяет использовать ее для проведения ряда других экспериментов.

В частности, появляется возможность в лабораторных условиях получать импульсные давления, превышающие 10^5 атм , что обычно достигается только использованием



Фиг. 1

конденсированных взрывчатых веществ [3]. Большие давления возникают при ударном торможении ускоренного лайнера на металлическом стержне, расположенном коаксиально с лайнером (фиг. 1).

На фиг. 2 показана половина сплошного медного стержня, сжатого в указанных условиях и разрезанного затем посередине по плоскости, перпендикулярной продольной оси. Разрывы сплошного металла и образование полости произошли во второй фазе процесса — при резком снятии внешнего давления. Слабо деформированный конец стержня находился вне лайнера и непосредственному удару не подвергался.

Давление на контактной границе лайнер — стержень в момент удара, рассчитанное в акустическом приближении, хорошо применимом при рассматриваемых условиях, равно [4]

$$p = \rho_1 D_1 u \left(\frac{\rho_2 D_2}{\rho_1 D_1 + \rho_2 D_2} \right)$$

где ρ — плотность, D — скорость звука в металле, u — скорость летящего лайнера, индексы 1 и 2 относятся соответственно к лайнеру и стержню.

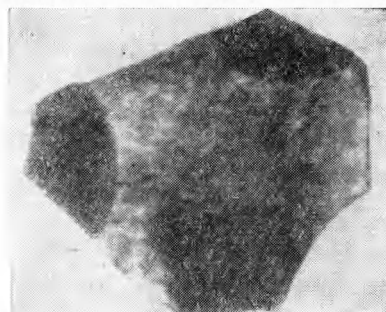
Для использованного стального стержня, медного лайнера и скорости лайнера $0.7 \cdot 10^5$ см/сек получаем по приведенной формуле давление $\sim 1.3 \cdot 10^5$ атм.

Для измерения давления был использован способ, описанный в работах [3,5]. Стержень изготовлялся из малоуглеродистой стали марки «сталь-3». После удара стержень разрезался, срез полировался и для получения макрошлифа обрабатывался реактивом Фри. В частях металла, находившихся под давлением, превышающим $1.3 \cdot 10^5$ атм, наступают структурные изменения, отчетливо проявляющиеся на протравленном шлифе [5].

На фиг. 3 показана макрофотография шлифа стержня из стали, полученного указанным способом. Начальный диаметр стержня 15 мм. Места почернения соответствующие областям, где давление превышало указанную критическую величину $1.3 \cdot 10^5$ атм; три отдельные области почернения объясняются тем, что в данном опыте азимутальная симметрия отсутствовала. На фиг. 4 — микрофотографии шлифа при увеличении в 1300 раз области (а), где давление меньше критического и структурных изменений не произошло, и (б), где давление выше критического и произошли структурные изменения.



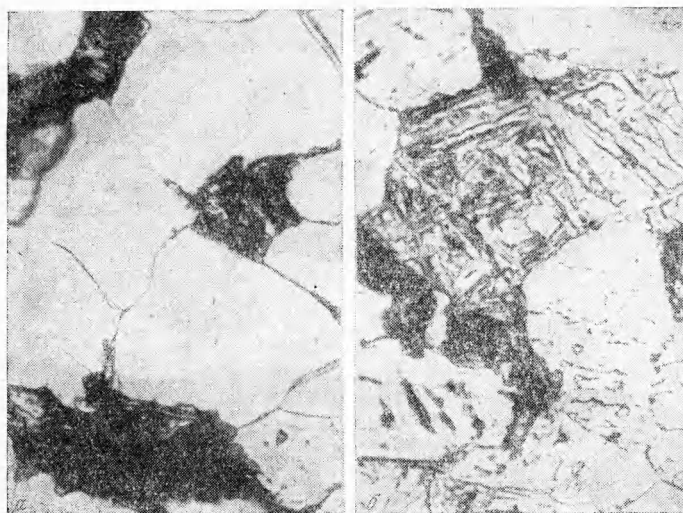
Фиг. 2



Фиг. 3

Время подержания давления τ порядка суммы времен прохождения волной торможения стенки лайнера δ и волны разрежения в обратном направлении, т. е. $\tau \approx 2\delta/D_1$. В момент удара толщина стенки лайнера $\delta \approx 0.5$ см, соответственно $\tau = 2$ мксек.

Использованный метод определения давления является пороговым, не позволяя определить, насколько фактически получаемое давление больше критического значения $1,3 \cdot 10^5$ атм. По-видимому, в существующих экспериментальных условиях давление не сильно превышает эту величину. При улучшении симметрии полета лайнера можно было бы надеяться на получение цилиндрической ударной волны внутри стержня и на увеличение давления при сжатии такой волны к оси. По-видимому, можно рассчитывать на получение таким путем в центре стержня давлений $\sim 3 \cdot 10^5$ атм.



Фиг. 4

Описанный метод получения больших давлений может оказаться полезным при проведении некоторых физических экспериментов при больших давлениях, например, при исследовании структурных изменений в твердых телах. Сжимаемый образец легко может быть сильно нагрет или охлажден, помещен в магнитное поле и т. д. Возможно также, что рассмотренная схема получения больших давлений окажется полезной при решении технических и промышленно-технологических задач: синтез искусственных материалов, сварка взрывом и т. д.

Авторы благодарят С. Г. Алиханова за поддержку в проведении эксперимента, М. П. Ерастову и Т. М. Соболенко — за изготовление микрошлифов.

Поступила 22 VI 1967

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиханов С. Г., Будкер Г. И., Комин А. В., Поляков В. А., Эстрин Б. С. Эксперименты с плотной горячей плазмой. Proc. Seventh International Conference on Phenomena in Ionized Gases. Vol. 1. Beograd, 1966.
2. Алиханов С. Г., Будкер Г. И., Кичигин Г. Н., Комин А. В. Схлопывание металлической оболочки под действием магнитного поля. ПМТФ, 1966, № 4, стр. 38.
3. Альтшулер Л. В. Применение ударных волн в физике. Успехи физических наук, 1965, т. 83, № 2, стр. 197.
4. Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных газодинамических явлений. Физматгиз, 1963.
5. Альтшулер Л. В., Тарасов Д. М., Сперанская М. П. Деформация стали под действием ударных волн взрыва. Физика металлов и металловедение, 1962, т. 13, № 5, стр. 738.