

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ОТБОРА
ПОЛИМЕРНЫХ ОБОЛОЧЕК ИЗ ВСПЕНЕННЫХ ЧАСТИЦ

А. И. Исаков, Л. А. Кувшинниа, Ю. С. Леонов,
Ф. И. Матвеева, Ю. А. Меркульев, А. И. Никитенко,
Е. Р. Рычкова, Г. В. Склизов

УДК 621.378.9

Разработан ряд методов автоматической сортировки и отбора легких полимерных оболочек для получения лазерных мишеней, имеющих высокую сферичность и однородность стенки.

В последние несколько лет всеобщий интерес привлекают эксперименты по сжатию и нагреву сферических лазерных мишеней /1,2/. Приступая к разработке методов изготовления мишеней /3,4/, мы хотели выполнить два условия: во-первых, разработать методику изготовления оболочек правильной формы для создания затем из них лазерных мишеней, во-вторых, использовать для конструирования оболочек водородосодержащие вещества, которые могут быть полностью дейтерированы. Второе условие мы поставили для того, чтобы после изготовления двухслойных или многослойных оболочек (внутренний слой дейтерированный, а наружный нет, и наоборот, внутренний слой недейтерированный, а наружный дейтерированный) в лазерном эксперименте можно было, используя нейтронную диагностику, контролировать температуру и плотность различных участков нагретого ядра, а также симметрию сжатия. Впоследствии в работе /5/ была предложена аналогичная процедура измерения температуры короны нагретой и сжатой сферической мишени, получающейся из стеклянных оболочек с никелевым покрытием, по многократной окиссации никеля.

Для выполнения этих работ подходят полимеры, особенно те из них, из которых можно методом вспенивания изготавливать пенопласты или микросферы. Отбор правильных микросфер из общего массива вспененных частиц вручную представляется работой чрезвычайно слож-

ной, так как необходимо выбрать одну оболочку из $10^3 - 10^4$ частиц пены приблизительно того же размера и той же средней плотности. Далее из полученных монооболочек приходится отбирать одну из $10^3 - 10^5$ частиц, которая обладает строго правильной формой и однородной стенкой. Существенным элементом любой методики изготовления лазерных мишеней является поэтому автоматизация предварительного отбора и сортировки полученных частиц вещества.

Сферические частицы вспененного вещества (пены) и оболочки можно различить, во-первых, по прозрачности частиц (кусочек пены в среднем дает диффузионное рассеяние, а монооболочки прозрачны), используя давление света; во-вторых, по различию механических свойств (смещение центра тяжести и центра инерции, изменение момента инерции, различие упругих свойств и т.п.).

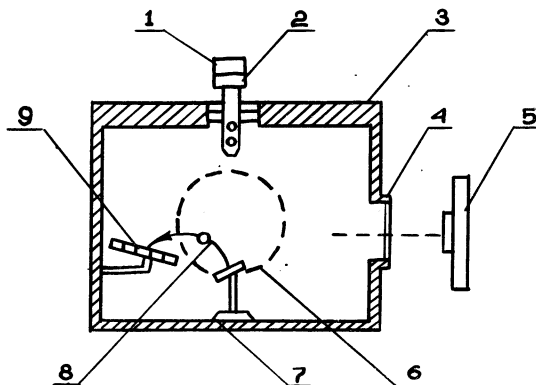
Быстрое наращивание мощности лазеров для сферического сжатия и нагрева плазмы /6/ привело к необходимости перейти на мишени, рассчитанные на энергию $10^3 - 10^5$ Дж. Диаметры таких мишеней составляют 0,3-2 мм. Очевидно, что оптические методы сортировки, применимые для микрочастиц /7/, трудно применить для столь больших частиц. Ясно также, что силы Ван-дер-Ваальса, приводящие к сцеплению оболочек с любой поверхностью, будут меньше оказываться при механической сортировке крупных оболочек.

Опыты, проводимые нами, показали, что для легких полимерных оболочек сортировка, использующая различие моментов инерции кусочков пены и оболочек или смещение центра тяжести, малоэффективна, так как для диаметров микрофер 300-600 мкм силы сцепления с различными поверхностями заметно влияют на скорости движения по наклонной плоскости и уменьшают амплитуду прыжков при качении.

Наиболее удобным для отделения частиц полимерной пены от оболочек оказался метод, использующий различие упругих свойств, получивший название "настольный теннис". Через специальную систему щелей на полированной металлической наклонной пластине выпылаются сферические частицы одинакового размера (см. схему рис. I). Наибольший импульс в направлении кассеты сбора получают монооболочки. Для того, чтобы исключить тормозящее влияние воздуха, опыты проводились в вакуумной камере. К сожалению, полного отделения частиц пены не происходит, но повторение этой про-

цедуры позволяет довести содержание оболочек в общей массе материала от $0,01 \pm 0,1\%$ до $30-50\%$.

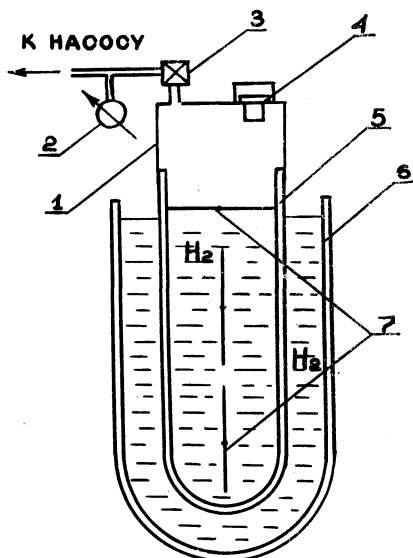
Получение большой доли оболочек во вспененных частицах позволяет провести дальнейшие операции сортировки частиц. Для от-



Р и с.1. Блок-схема установки для отделения полых полимерных оболочек от кусков мелкоячеистой пены. 1 - вибратор, 2 - сосуд с вспененным материалом, 3 - вакуумная камера, 4 - окно для наблюдения и фотографирования, 5 - фотоаппарат, 6 - окно для подветки, 7 - кронштейн с отражателем для частиц, 8 - траектория полета частиц, 9 - кассета для сбора

бора по толщине стенки (а точнее, по отношению толщины к радиусу или средней эффективной плотности оболочек) нами был применен метод взвешивания в жидкости. На рис.2 изображена принципиальная схема опытов. Взвешивание производилось в жидком водороде (с плотностью $0,071 \pm 0,078 \text{ г/см}^3$); точность установления плотности жидкого водорода может составлять $0,1 \pm 0,2\%$, однако мы сортировали по среднему весу с градацией в эффективной плотности $0,4 \pm 0,5\%$. Перед взвешиванием и после взвешивания оболочки выдерживались в вакуумной камере около трех часов для удаления газа, воздуха, мономера и растворителей. Для удаления из массы кривых или разностенных оболочек применяется метод раздавливания внешним давлением при температуре, которая несколько выше температуры жидкого азота. Кривые микросферы теряют устой-

чивость. После промывки от пыли и купания в антистатике оболочки поступают на оптический контроль и индивидуальный отбор. В том случае, если оферы предназначались для заполнения дейтери-



Р и с.2. Схема установки для сортировки оболочек в жидком водороде. 1 - капка, 2 - манометр, 3 - регулируемый вентиль, 4 - отверстие для заливки жидкого водорода, 5 - водородный сосуд, 6 - азотный сосуд, 7 - поворачивающиеся сетки

ем или каким-либо другим газом, мы покрывали их тонким слоем поливинилового спирта, так называемым лаковым способом (индивидуальным купанием и высушиванием с последующим довыпениванием). Эта стадия производилась после первой стадии предварительного отбора. Оболочки из полистирола с толщиной стенки 0,02 мм и микронной пленкой ПВС на поверхности выдерживали внутреннее давление газа до 25 атм.

Поступила в редакцию
28 декабря 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. Н. Г. Баюов, О. Н. Крожин, Г. В. Склизков, С. И. Федотов, А. С. Шкиданов. *ЖЭТФ*, 62, 202, 1972.
2. G. Charatis et. al. The Five International Conference of Plasma Physics and controlled Nuclear Fusion, paper CN-33/1 Tokio JAEA (1974).
3. Е. Г. Гемзалий, А. И. Исаков, Д. А. Меркульев, А. И. Никитенко, Е. Р. Рычкова, Г. В. Склизков. *Квантовая электроника*, 2, 1043 (1975).
4. A. I. Isakov, J. A. Merkulov, A. I. Nikitenko, E. R. Rytschkova. The Abstracts of The Eight International Conference on Laser Plasma Fusion, Warsaw, 1975, Polish Academy of Sciences.
5. P. Hammerling. The Abstracts of The Eight International Conference on Laser Plasma Fusion, Warsaw, 1975, Polish Academy of Sciences.
6. N. G. Basov. The Abstracts of The Eight International Conference on Laser Plasma Fusion, Warsaw, 1975, Polish Academy of Sciences.
7. A. Ashkin. *Phys. Rev. Lett.* 25, 1321 (1970).