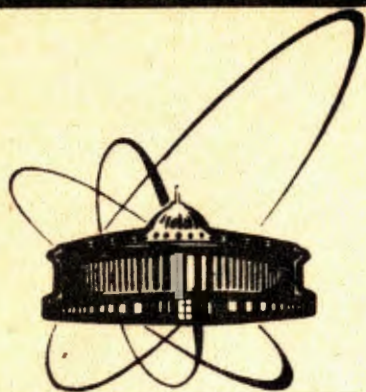


92-216



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P13-92-216

А.С.Коренченко, С.М.Коренченко, Н.П.Кравчук,
А.И.Филиппов, А.П.Фурсов

ТОНКОСТЕННЫЕ ГАЗОВЫЕ МИШЕНИ

1992

При проведении исследований взаимодействия пионов низких энергий (20–70 МэВ) с легкими ядрами на установке АРЕС /1,2/ необходимы мишени, которые удовлетворяют ряду требований, в частности, они должны иметь минимальную плотность вещества стенок мишени и, по возможности, наиболее низкий атомный номер Z вещества стенок. При этом желательно иметь достаточно высокую плотность рабочего вещества мишени. Были рассмотрены варианты создания таких мишеней из различных материалов, а также возможность эксплуатации их при низких температурах. Характеристики ряда материалов, потенциально приемлемых при создании мишени, приведены в табл. 1. В табл. 2 приведены отношения количества газа в мишени к количеству вещества в стенке мишени (на единицу площади) для различных материалов мишени и для ряда газов при комнатной и азотной температурах (273° К и 80° К) при давлении 20 ати.

Таблица 1

Материал стенки	Атомный номер Z	Плотность материала г/см ³	Толщина стенки мм	Количество материала в стенке г/см ²
Титан	22	4,51	0,5	0,225
Нерж.сталь	26	7,85	0,5	0,392
Углерод	6	1,8	1,0	0,18
Кевлар	6	1,4	1,0	0,145

Таблица 2

Вещество мишени при температуре	Материал оболочки мишени				
	Титан	Нержавеющая сталь	Углерод	Кевлар	
H ₂	273° К	0,5	0,28	0,62	0,77
	80° К	1	0,57	1,25	1,54
D ₂	273° К	1	0,56	1,25	1,54
	80° К	1,87	1,07	2,34	2,9
⁴ He	273° К	1	0,56	1,25	1,54
	80° К	1,87	1,07	2,34	2,9
³ He	273° К	0,75	0,43	0,94	1,16
	80° К	1,41	0,81	1,77	2,1

На основании анализа приведенных данных выбран вариант, оптимально удовлетворяющий всем требованиям – мишень на основе кевлара * /3/ и эксплуатация ее при комнатной температуре. Большую роль в выборе сыграли факторы простоты и удобства эксплуатации мишени, а также малое Z кевлара, последнее важно для уменьшения радиационных потерь энергии и рассеяния частиц в стенках мишени.

Изучение редких распадов пиона ($\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu e^+ e^-$) /4/ целесообразно выполнять "на лету" в вакууме, при этом возникает аналогичная задача создания мишени в виде вакуумированного объема с минимальным количеством вещества во входном окне и боковых стенках.

В данной работе обобщается опыт создания подобных мишеней.

Газовая мишень высокого давления создавалась, исходя из требований использования ее в установке АРЕС. Внешний вид и геометрические размеры мишени приведены на рисунке 1. Мишень была изготовлена из кевлара в композиции (50:50) с эпоксидной смолой К-115, что позволило обеспечить необходимую прочность при малом количестве вещества в стенках (1–1,2 мм). Мишень рассчитана на работу при давлении до 20 ати. Конструктивно мишень выполнена в виде цилиндра (1), закрытого с торцов эллиптическими крышками (2).

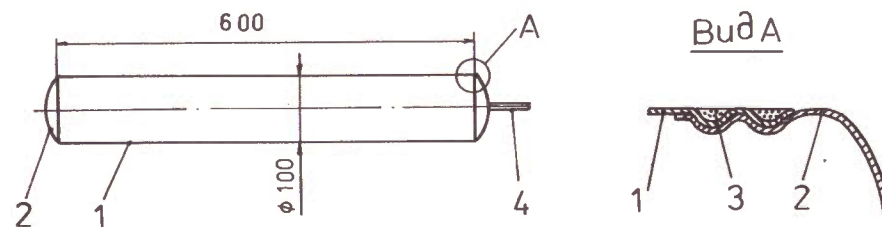


Рис.1. Схема газовой мишени высокого давления:

- 1 – цилиндрическая часть, 2 – эллиптические крышки,
3 – кевларовая нить, 4 – трубка для наполнения мишени газом.

Технология изготовления оболочки мишени выглядит следующим образом. Эллиптические крышки (2) изготавливаются путём прессования в специальной форме нескольких слоёв ткани (из кевларовой нити), пропитанной эпоксидной смолой. Заготовки ткани предварительно раскраиваются по специальному шаблону. Укладка

* высокомодульное арамидное волокно на основе ароматических полиамидов.



заготовок ведется с таким расчетом, чтобы разрезы перекрывались слоями сплошной ткани. После опрессовки крышки полимеризуются.

Цилиндрическая часть оболочки (1) формируется на оправке. На оправку наматывается два слоя кевларовой ткани, предварительно пропитанной эпоксидной смолой, и плотно обматывается на токарном станке кевларовой нитью. Затем наматывается ещё два слоя ткани и также обматывается нитью. Равнопрочность оболочки достигается за счет того, что ткань укладывается более прочной основой (вдвое прочнее, чем уток) вдоль оси оболочки, а прочность в радиальном направлении дополнительно обеспечивается обмоточной нитью.

Наиболее сложной была проблема надёжного соединения крышек с цилиндрической частью мишени. Испытав ряд конструкций "замка" мы остановились на описанной ниже.

При формировании крышки в нижней её части формируется волнообразная юбка, вокруг которой в дальнейшем обжимается край цилиндрической части оболочки (детали предварительно смазываются эпоксидной смолой). Соединение трубы с крышками производится в специальном приспособлении, позволяющем формировать надёжный "замок" в момент, когда труба ещё достаточно эластичная. После полимеризации эпоксидной смолы соединение дополнительно стягивается кевларовой нитью (3) и проклеивается.

Трубка для наполнения мишени (4) газом монтируется перед окончательным соединением крышек с цилиндрической частью.

Изготовленная таким образом мишень испытывалась давлением. При испытаниях проводилось измерение величины деформации оболочки вдоль оси и по окружности. Так, при давлении 15 кг/см^2 деформация составляла $0,22\%$ вдоль оси, $0,19\%$ — по окружности. При последующей выдержке в течение ~ 70 часов эти величины соответственно достигли значений $0,32\%$ и $0,22\%$. Величины деформаций этой оболочки при давлении 30 кг/см^2 составили $0,4\%$ и $0,35\%$, соответственно. Полученные данные позволили определить для используемой композиции кевлар + эпоксидная смола длительный модуль упругости $E = 2,5 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2$.

Во время испытания мишени при давлении аргона 30 кг/см^2 за 240 часов падение давления составило $0,08 \text{ кг/см}^2$, при 40 кг/см^2 за 1200 часов — $0,4 \text{ кг/см}^2$. Падение давления в этих пределах соответствует увеличению объема за счет возрастания деформации со временем. Это подтверждается проведенными расчетами, исходя из экспериментальных данных по деформации оболочки, специальных исследований на пробной балке зависимости деформации от времени приложения нагрузки, а также из литературных данных^{5/}.

Попытки довести мишень до разрушения не удалось до давлений 65 кг/см^2 , однако при этом во всех образцах наблюдались микроскопические течи при давлениях выше 40 кг/см^2 , что объясняется, по-видимому, растрескиванием эпоксидной смолы при нагружении оболочки.

Из изложенного выше видно, что мишень может использоваться по назначению при давлении $\sim 20 \text{ кг/см}^2$ с двукратным запасом прочности.

Далее описывается мишень, созданная для изучения редких распадов пиона "на лету". Её геометрические размеры приведены на рис.2, они определены из условий планируемого на спектрометре АРЕС эксперимента.

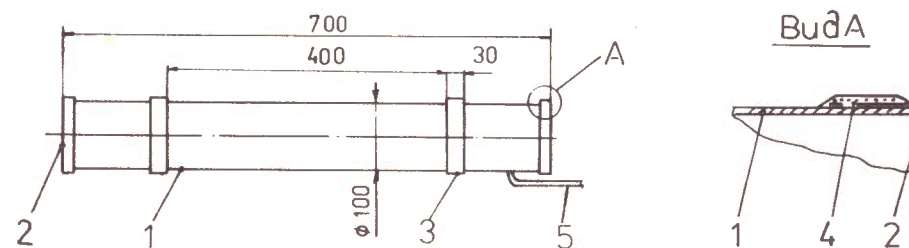


Рис.2. Схема вакуумной мишени:

1 - цилиндрическая часть, 2 - входное и выходное окна, 3 - бандажи, 4 - кевларовая нить, 5 - трубка для откачивания мишени.

Цилиндрическая часть (1) выполнена из композиции кевлар + эпоксидная смола и имеет толщину $1,1 \text{ мм}$. Входное и выходное окна (2) выполнены из лавсана толщиной $0,1 \text{ мм}$.

Цилиндрическая часть изготавливается по технологии, описанной ранее, но с двумя бандажами (3), о назначении которых будет сказано ниже. Готовое изделие окончательно полимеризуется (на оправке) при температуре 140°C в течение 8 часов.

Лавсановые окна формируются в специальной форме при 100°C (кипящая вода), их отогнутые края перфорируются для увеличения сцепления с цилиндрической частью трубы при их склейке эпоксидной смолой. Место склейки (по перфорации) обматывается кевларовой нитью (4).

Трубка для откачивания мишени (5) монтируется на цилиндрической части перед приклеиванием крышек.

Как показали испытания, устойчивость такого цилиндра без бандажей недостаточна — образец потерял устойчивость при $\Delta P = 0,7 \text{ кг/см}^2$.

Полученные из этого опыта прочностные характеристики использовались в расчетах, которые показали, что для обеспечения устойчивости мишени (без увеличения толщины стенок в центральной рабочей зоне длиной 400 мм) необходимо иметь на цилиндрической части два бандажа. При этом расчетная устойчивость сохраняется до $\Delta P \approx 2,4 \text{ кг/см}^2$.

Экспериментальная проверка полностью откачанной мишени на устойчивость производилась приложенным снаружи избыточным давлением $\sim 0,25 \text{ кг/см}^2$ ($\Delta P = 1,25 \text{ кг/см}^2$). Таким образом, эта мишень может быть использована в эксперименте при любых колебаниях атмосферного давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baranov V.A. et al. - NIM, 1986, v. B17, p. 438.
2. Баранов В.А. и др. - ОИЯИ, P15-90-179, Дубна, 1990.
3. Наполнители для полимерных композиционных материалов. Москва, "Химия", 1981, стр. 595.
4. Баранов В.А. и др. - ОИЯИ, P1-92-131, Дубна, 1992.
5. Белянкин Ф.П. и др. - Прочность и деформативность слоистых пластиков. Киев, "Наукова думка", 1964, стр. 14.

Коренченко А.С. и др.
Тонкостенные газовые мишени

P13-92-216

В работе описаны технологии изготовления тонкостенных мишеней из композиции кевлар + эпоксидная смола диаметром 100 мм и длиной до 700 мм. Приведены результаты их испытания на давление и вакуум.

Созданные мишени предполагается использовать на установке АРЕС для изучения взаимодействий мюонов и пионов с легкими ядрами и редких распадов пионов "на лету".

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Korenchenko A.S. et al.
Gas Targets with Thin Wall

P13-92-216

The technology of targets manufacture with thin wall diameter 100 mm and lengthwise 700 mm from composition kevlar + epoxy resin is described. The test's results on pressure and vacuum are reported.

The created targets are supposed to be used on the installation ARES for an investigation of muons and pions interactions with light nuclei and rare pions decay "on flying".

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992