

46

ՀԱՅԿՍՏԱՆԻ ԳՆԱԿԱԿԱՆԱԿ

Препринт ЕФИ-1373(3)-92

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE



AM9700008

Վ.Ս.ԱՎԱԳՅԱՆ, Ի.Վ.ՏՄՆՅԱՆ

КРУПНОГАБАРИТНАЯ ВАКУУМНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ  
ДИФФУЗИОННОЙ СВАРКИ И ПАЙКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕДИ

ЦНИИатоминформ  
Ереван 1992

**POOR QUALITY  
ORIGINAL**

VOL 28 № 13

**С** **Центральный научно-исследовательский институт информации  
и технико-экономических исследований по атомной науке  
и технике (ЦНИИатоминформ) . 1992 г.**

## I. Введение

Многочисленные современные исследования направленные на изучение свойств и способов соединения не смогли вытеснить медь и ее сплавы из широкой сферы их промышленного применения. Это объясняется их высокой тепло- и электропроводностью, стойкостью к коррозии, хорошими механическими свойствами и низкой стоимостью.

В данной работе использовался технологический перспективный тип пайки - диффузионная пайка меди, которую можно назвать соединением, образующимся за счет взаимной диффузии атомов через поверхность раздела фаз пайки в твердом, либо в жидком состоянии, если используется жидкий промежуточный материал. В обоих случаях пайка осуществляется за счет давления, которое оказывается на соединительные части, подвергнутые определенной температурой (ниже точек плавления материалов) в течение определенного времени.

Данная технология предполагает лучшее качество этих соединений при изготовлении оборудования для ускорительной техники, в частности, для изготовления ускоряющей секции, где медь находит

широкую область применения. Использование промежуточных материалов нацелено на улучшение качества соединений и оптимизацию основных параметров данного вида пайки, которыми являются температура, время и давление. В данной работе выбран промежуточный материал - серебро, который осажден классическим электрохимическим методом.

## 2. Оборудование для диффузионной сварки и пайки

Для получения вакуумноплотных прочных соединений ускоряющих секций, изготовленных из меди, была разработана и изготовлена крупногабаритная вакуумная установка для диффузионной сварки и пайки изделий [1-2]. Подробные расчеты вакуумных систем приводятся в работах [3-5].

В вакуумную систему установки входят: турбомолекулярный насос ТМН-500, вакуумный затвор, азотная ловушка, механический вакуумный насос ВМ ИГ, вакуумные вентили и трубопроводы, которые изготовлены из стали 12Х18Н10Т.

Вакуумная камера состоит из двух равных полуцилиндров, изготовленных из стали 12Х18Н10Т, внутренние размеры камеры: диаметр - 750 мм, высота 4800 мм.

Турбомолекулярные насосы и вакуумные системы на их основе позволяют получать практически свободный от углеводородов вакуум и имеют широкий диапазон рабочих давлений. Однако, известно, что при нагреве металла происходит газовыделение различных загрязнений, которые проводя через турбомолекулярный насос, загрязняют его и ухудшают работоспособность. [6].

Для надежной работы турбомолекулярного насоса между вакуумной камерой и турбомолекулярным насосом введена медная сетка,

скрученная в виде червяка, которая соединена с трубопроводом охлаждающаяся азотом. Благодаря этому в процессе работы установки, продукты загрязнения осаждаются на нем не загрязняя при этом турбомолекулярный насос.

Вакуумная система, применяемая на установке, позволяет получить разряжение воздуха в рабочем объеме  $1,3 \cdot 10^{-3}$  Па.

Нагрев изделия осуществляется индуктором, который согласован с высокочастотным генератором ВЧ Гб-60/0,44.

Давление на свариваемых изделиях осуществляется электроме- ханизмом усилием до 4кН.

Рабочая камера установки позволяет производить соединение изделий с размером диаметра - 200 мм и высотой - 4500 мм.

На установке можно производить распайку изделий с целью вос- становления и ремонта негерметичных соединений. Для визуально- го контроля в процессе сварки в вакуумной камере установлены несколько смотровых окон из кварцевого стекла. Максимальная температура нагрева изделий до 1773 К.

На рис. I показан внешний вид установки.

### 3. Технология пайки ускоряющей секции

Ускоряющая секция состоит из отдельных элементов, изготовлен- ных из медных чашек, которые собираются в пакет и паяются между собой серебряным припоем в среде вакуума. Для обеспечения тре- буемых электрических параметров и хорошего смачивания припоя предварительно в местах соединений медных чашек наносится галь- ваническим способом слой серебра. Кроме того, снаружи, в местах стыка накручивается серебряный припой (ПСр-72 или ПСр-50).

Применение промежуточного элемента в виде гальванического нанесения серебра, которое более мягкое, чем медь, приводит к локализации в ней пластической деформации сжатия. Фактический контакт образуется при этом преимущественно за счет активной деформации и ползучести серебра, заполняющего микронеровности соединяемых поверхностей, что существенно снижает минимально необходимый уровень давления сжатия и остаточной деформации изделий.

При соединении меди через тонкий слой серебра при температуре, несколько превышающей  $T_{пл.}$  эвтектики  $Ag-Cu$  (но остающейся ниже температуры плавления серебра), развивается процесс контактно-реактивного плавления. Большую роль играет здесь давление сжатия на соединяемые детали, воздействующие на физико-химические процессы протекающие в месте контакта. Из диаграммы состояния системы серебро-медь известно, что серебро обладает ограниченной растворимостью в меди не более 8%, поэтому толщина гальванического покрытия должна быть минимальной. Исследование показало, что толщина оптимального покрытия 5-8 мкм.

Дальнейшее увеличение толщины покрытия приводит к снижению прочности соединения. Соединение меди МБ через гальваническое покрытие серебра проводилось в вакууме  $P_B = 1,3 \cdot 10^{-3}$  Па при температуре равной 1053К, время пайки составляло 1 мин., давление сжатия 1 МПа, чистота обработки поверхности образца составляла  $\nabla 10$ . После пайки по приведенному режиму остаточная деформация деталей не превышает 0,05%. На рис.2 показана микроструктура зоны соединения меди МБ с медью МБ через жидкую фазу серебра. Из рисунка видно, что между промежуточным материалом

серебра, появляется разрыв, что объясняется структурными дефектами в зоне соединения, которые выявились в результате сильного химического воздействия, а не по причине неоднородности структуры промежуточных металлов.

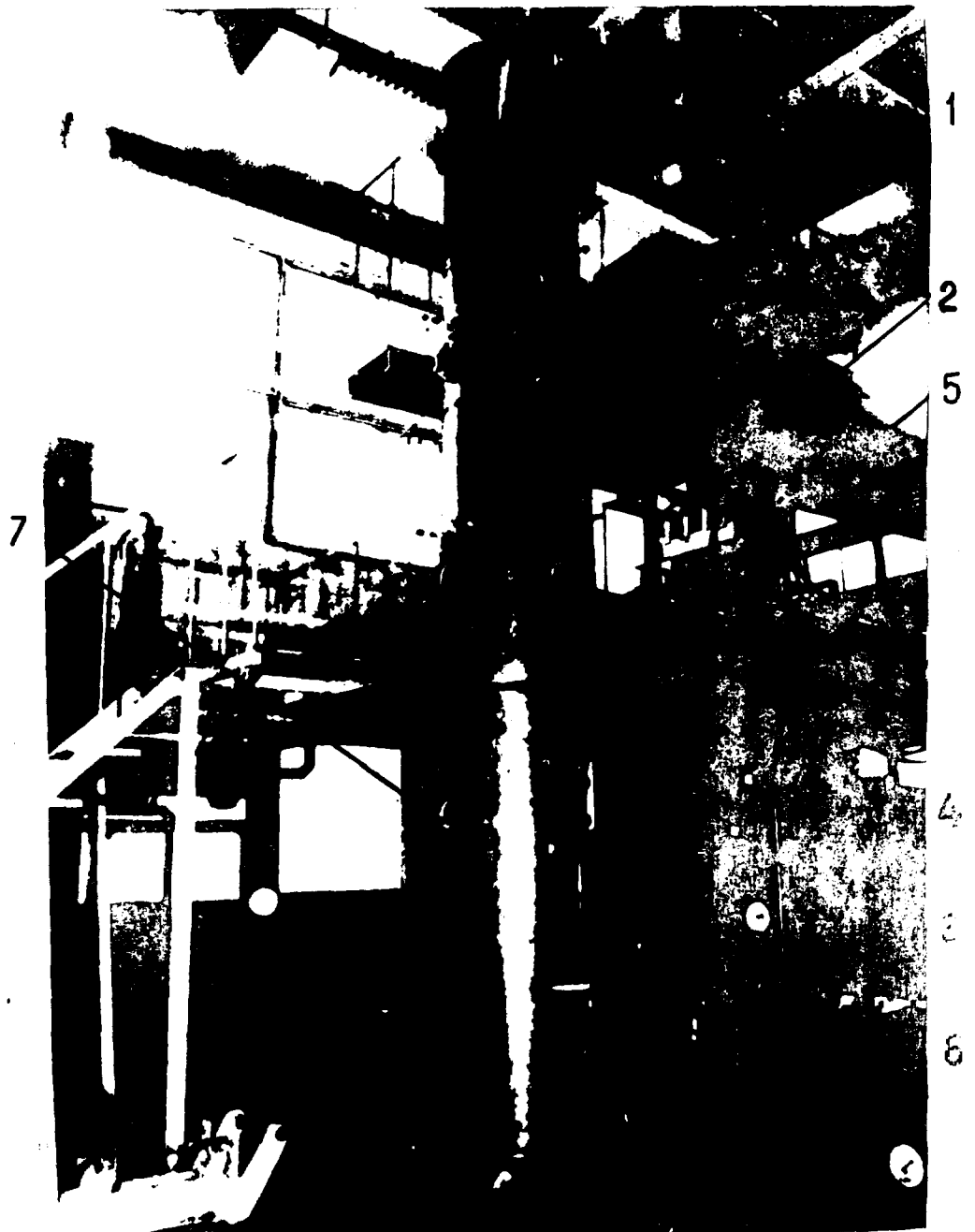


Рис. I Внешний вид крупногабаритной вакуумной установки для диффузионной сварки и пайки изделий I - рабочая камера, 2 - ввод т.в.ч., 3 - турбомолекулярный насос, 4 - вакуумный затвор, 5 - конденсаторный блок, 6 - пульт управления, 7 - смотровое окно



Рис.2 Микроструктура зоны соединения  $Cu + Ag + Cu$ ;  $\times 500$

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быстров Ю.А., Аванов С.А. Ускорительная и рентгеновские приборы. М.: Высшая школа, 1983, 288 с.
2. Авагян В.Ш., Антонов В.П. Установка диффузионной сварки в вакууме. В кн.: Тезисы докладов - XIII Всесоюзная научно-техническая конференция "Достижения и перспективы развития диффузионной сварки", М.: МДНТП, 1990, с.74-75.
3. Казаков Н.Ф., Жуков В.В. Оборудование диффузионной сварки, Москва, ПНИДЭСВ, МАТИ, 1973, с.263.
4. Розанов Л.Н. Вакуумная техника, М.: Высшая школа, 1982, 207 с.
5. Хаффер Р. Криовакуумная техника.:Пер. с нем., М.: Энергоатомиздат, 1982, 272 с.
6. Кеменев В.Н. Состояние и перспективы развития систем откачки. В кн.: Тезисы докладов, XII Всесоюзная научно-техническая конференция "Достижения и перспективы развития диффузионной сварки", М.: МДНТП, 1987, с.76-77.

Рукопись поступила 12 мая 1992 г.

The address for requests:  
Information Department  
Yerevan Physics Institute  
Alikhanian Brothers 2,  
Yerevan, 375036  
Armenia,

В.Ш.АВАГЯН, И.В.ТУНЯН

КРУПНОГАБАРИТНАЯ ВАКУУМНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ДИФфуЗИОННОЙ  
СВАРКИ И ПАЙКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕДИ

Редактор Л.П.Мукаян

Технический редактор А.С.Абрамян

---

Подписано в печать 2/IX-92

Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 0.5

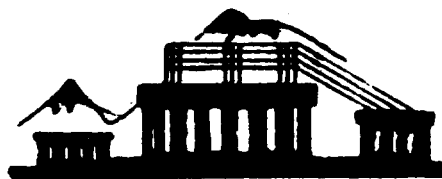
Тираж 110 экз. Ц. 15 л.

Зак. тип. № 50

Индекс 3649

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, ул. Братьев Аликханян, 2



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ