

**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

9-88-676

**К.Эдельманн*, У.Хардер*, А.В.Мажулин,
В.К.Антропов**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ СВОЙСТВ
ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ-20**

*Технический университет, Дрезден, ГДР

1988

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследование вакуумных свойств титанового сплава ВТ-20 проводилось в связи с предполагаемым использованием этого материала для изготовления камеры адгезатора вместо применяющегося в настоящее время сплава ОТ-4-1. Существенными отличиями титанового сплава ВТ-20 от сплава ОТ-4-1 являются большая механическая прочность и большее удельное электрическое сопротивление, что должно увеличить надежность конструкции камеры и снизить электрические потери при работе в импульсных магнитных полях^{1,1}.

2. ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ К ИСПЫТАНИЯМ И АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

Образцы сплава ВТ-20 представляют собой пластины толщиной 0,8 мм. Поверхность имеет серый цвет из-за наличия слоя окиси.

Химический состав сплава исследовался при помощи микроскопа типа SEMQ. Образец облучался пучком электронов, имеющих энергию 15 кэВ. Возникающее при этом характеристическое рентгеновское излучение дает информацию о химическом составе материала на глубине до одного микрона. Сведения о химическом составе сплава ВТ-20 представлены в табл.1.

Вакуумные свойства материала зависят в основном от состояния поверхности сплава и определяются способом производства, хранения и обработки поверхности. В данной работе исследовано влияние следующих способов обработки поверхности сплава:

а) последовательная механическая шлифовка абразивной бумагой следующих марок: 280, 320, 360, 400, 500 и окончательная полировка в 20% суспензии Al_2O_3 ;

б) пескоструйная очистка;

в) механическая шлифовка образцов на плоскошлифовальном станке;

г) химическое травление в течение 1 мин в растворе следующего состава: 10 мл HF,

Таблица 1

Элемент	Весовое содержание, %
Ti	97,5
Al	2,0
Zr	0,5

Институт физики
и химии
БИБЛИОТЕКА

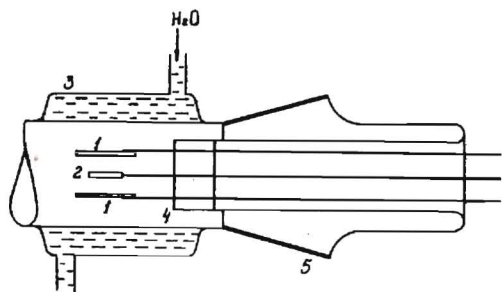


Рис.1. Схема обработки поверхности тлеющим разрядом: 1 – титановые электроды, 2 – держатель с образцом, 3 – водяное охлаждение, 4 – токоввод, 5 – коническое соединение.

60 мл H_2O_2 , 30 мл H_2O (дистилат). Предварительно образцы очищались в спирте;

д) покрытие поверхности слоем алюминия чистотой 99,999% путем конденсирования паров в специальной установке (тип Б-30 завода VEB Hochvakuum Dresden). Предварительно образцы очищались с помощью тлеющего разряда в среде аргона в течение 5 мин;

е) обработка поверхности сплава тлеющим разрядом. Схема установки дана на рис.1.

Состав смеси газов: 90% – Ar, 10% – O_2 . Плотность тока разряда при обработке $j = 0,3$ мА/см², напряжение между электродами и образцом $V = 300$ В. Давление газа при обработке $P = 20$ Па, время обработки – 1 час.

После проведения обработки проводилось измерение шероховатости поверхности образцов тонкой иглой по способу Вайскирхнера¹². Результаты измерений приведены в табл.2.

Качественный химический анализ состояния поверхности проводился методом ВИМС (спектрометрия с использованием вторичных ионов) и методом ОЭС (оже-электронная спектрометрия). Качественный анализ показал, что после химического травления на поверхности были обнаружены Ti, Al, Zr, а также Fe, Cr, Ni и O_2 , N_2 , Fy. Фтор появился,

вероятно, вследствие обработки раствором. Элементы Fe, Cr, Ni, вероятно, появились при вальцовке на заводе-изготовителе. После обработки поверхности тлеющим разрядом поверхность стала желтого цвета, и при исследовании на поверхности был обнаружен Та.

Таблица 2

Способ обработки поверхности	Средняя глубина неровностей (мкм)
"а"	0,25
"б"	5,0
"в"	0,6
"в" + "е"	6,6

3. ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ СПЛАВА НА УДЕЛЬНОЕ ГАЗООТДЕЛЕНИЕ В ВАКУУМЕ

Газоотделение образцов сплава ВТ-20 исследовалось на установке, схема которой показана на рис.2. Газовый поток от образца, расположенного в камере 3, проходит через канал 5, проводимость которого U является известной и создает перепад давлений ($P_7 - P_2$). Газовый поток определяется по формуле

$$Q = U(P_1 - P_2).$$

На рис.3 показана схема установки для прогрева образцов. Перемещения образцов и закрытие клапана 7 производится магнитными манипуляторами. Из полости 5 образцы поочередно подаются в зону прогрева 2 и после испытаний они сбрасываются в полость 3. Чтобы уменьшить га-

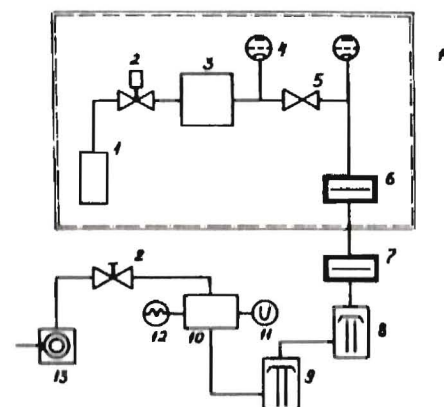
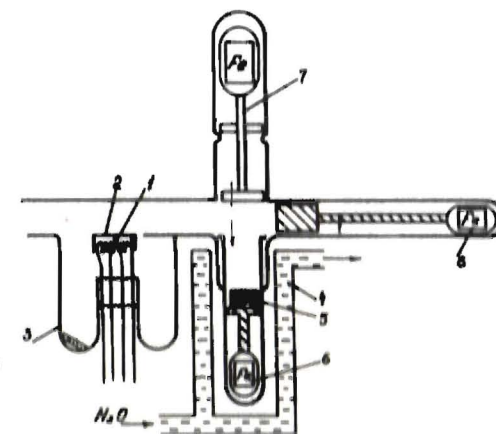


Рис.2. Схема установки для испытаний образцов на газоотделение: 1 – полость с образцами, 2 – магнитный клапан, 3 – камера с нагревателем, 4 – ионизационный манометр, 5 – клапан с известной проводимостью, 6,7 – ловушки, охлаждаемые жидким азотом, 8,9 – диффузионные насосы, 10 – форвакуумная камера, 11 – ртутный манометр, 12 – манометр Пирани, 13 – механический насос, 14 – нагреваемая зона ($t = 450^\circ C$).

Рис.3. Схема установки для нагрева образцов: 1 – термонара, 2 – нагреватель, 3 – полость для испытания образцов, 4 – водяное охлаждение, 5 – образцы перед испытаниями, 6 – магнитный манипулятор, 7 – магнитный клапан.



зовый поток от стенок испытательной камеры, производилось предварительное прогревание установки при температуре $t = 450^{\circ}\text{C}$. При этом образцы находились в полости 5, которая закрыта клапаном 7. Полость 5 во время прогрева охлаждалась проточной водой. После прогрева установка охлаждалась до комнатной температуры. Измерение газоотделения g происходит при температуре образца $t = 300^{\circ}\text{C}$:

$$g = \frac{Q}{A},$$

где A — площадь образца.

Средние значения величины \bar{g} , полученные от 3 образцов, даны в табл.3.

Таблица 3

№№ пп	Обработка образцов	(Па·л·с ⁻¹ ·см ⁻²)	%
1.	Необработанные	$1,8 \cdot 10^{-6}$	55
2.	Мех.полировка	$2,6 \cdot 10^{-6}$	30
3.	Мех.полировка + эл.разряд	$5,3 \cdot 10^{-6}$	55
4.	Мех.полировка + нанесение слоя алюминия	$7 \cdot 10^{-6}$	70
5.	Хим.травление	$4,7 \cdot 10^{-7}$	60
6.	Хим.травление + эл.разряд	$1,2 \cdot 10^{-6}$	75
7.	Хим.травление + нанесение слоя алюминия	$1,6 \cdot 10^{-6}$	110
8.	Мех.полировка + хим.травление	$2,7 \cdot 10^{-7}$	55

На рис.4 изображены графики зависимости удельного газоотделения образцов от времени при различных видах обработки. Как видно из табл.3, наилучшим способом обработки является механическая полировка поверхности с последующим химическим травлением. Из графиков (рис.4) видно, что во всех случаях удельное газоотделение зависит от времени по формуле $g \sim t^b$, где b — показатель, определяемый экспериментально. Значения коэффициента b даны в табл.4. Такую закономерность нельзя объяснить при помощи модели диффузии Калдера и Левина¹³ или модели адсорбции — диффузии Малева¹⁴.

Рис.4. Графики удельного газоотделения образцов после различного рода обработок поверхности: 1 — необработанный образец, 2 — механическая полировка, 3 — механическая полировка с последующей очисткой в электрическом разряде, 4 — механическая полировка с последующим нанесением алюминиевого слоя, 5 — химическое травление, 6 — химическое травление с последующей очисткой в электрическом разряде, 7 — химическое травление с последующим нанесением алюминиевого слоя, 8 — механическая полировка и химическое травление, 9 — нержавеющая сталь после механической полировки.

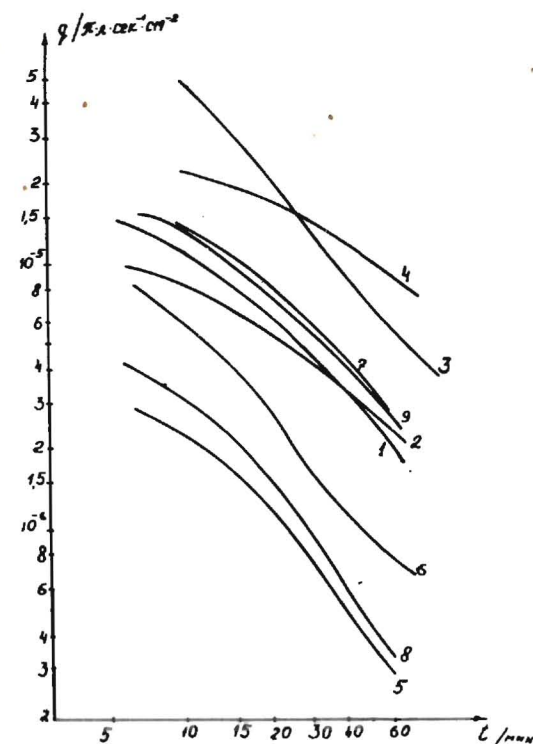


Таблица 4

№№ пп	Обработка образцов	Показатель экспоненты "b"
1.	Необработанный	0,97
2.	Мех.полировка	0,73
3.	Мех.полировка + эл.разряд	1,11
4.	Мех.полировка + нанесение алюминия	0,60
5.	Хим.травление	1,28
6.	Хим.травление + нанесение алюминия	0,90
7.	Мех.полировка + хим.травление	1,38

На рис.4 показан также график газоотделения из нержавеющей стали. Из анализа графиков можно заключить:

1) самая низкая скорость газоотделения получается после химического травления поверхности сплава ВТ-20;

2) газоотделение сплава ВТ-20 и нержавеющей стали после механической полировки их поверхности одинаково;

3) обработка сплава тлеющим разрядом и нанесение на его поверхность слоя алюминия не приводят к уменьшению газоотделения по сравнению с другими способами обработки поверхности.

В заключение авторы благодарят профессора В.П.Саранцева (ОНМО ОИЯИ) и профессора Шторбека (ТУ, Дрезден) за оказанное содействие в проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аугустин А., Гелер В. и др. Препринт ОИЯИ, 9-83-846, Дубна, 1983.
2. Nitsche K., Trumpold H. Einführung in die Längenmesstechnik, VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 1969, 6 Auflage.
3. Calder R., Lewin G. — Brit. J. Appl. Phys., 1967, 18, 10, 1459.
4. Малев М.Д. — ЖТФ, 1972, 12, 2589-2595.
5. Eisner E. Diplomarbeit, TU, Dresden, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 сентября 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.