

## **К ВОПРОСУ О ПОДАЧЕ КИСЛОРОДА ПРИ НАНЕСЕНИИ ТЕРМОБАРЬЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ НЕОХЛАЖДАЕМОЙ МИШЕНИ**

Г.В. Качалин, К.С. Медведев, В.А. Касьяненко

### **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

МАГНЕТРОННЫЙ РАЗРЯД, НЕОХЛАЖДАЕМАЯ МИШЕНЬ,  
ТЕРМОБАРЬЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ

## **ON THE ISSUE OF OXYGEN SUPPLY DURING THE APPLICATION OF THERMAL BARRIER COATINGS BY MAGNETRON SPUTTERING OF AN UNCOOLED TARGET**

G.V. Kachalin, K.S. Medvedev, V.A. Kasyanenko

### **KEYWORDS**

MAGNETRON SPUTTERING, UNCOOLED TARGET, THERMAL  
BARRIER COATINGS

Получение функциональных покрытий методом магнетронного распыления неохлаждаемых мишеней позволяет в 2-3 раза повысить скорости осаждения для металлических слоев и почти в 10 раз - оксидных термобарьерных покрытий.

В качестве термобарьерных покрытий для защиты высокотемпературных элементов газовых турбин широкое распространение получили покрытия на основе диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия. В последнее время, помимо оксида иттрия, такие покрытия легируются оксидами гадолиния или гафния, что позволяет снизить их теплопроводность.

Процесс синтеза оксидных термобарьерных покрытий методом магнетронного распыления эффективно происходит из неохлаждаемых мишеней в среде аргона и кислорода. Причем,

количество подаваемого кислорода, напрямую связано со свойствами получаемых покрытий. Действительно, при недостаточном количестве кислорода покрытия получают недоокисленными. Характерным свойством недоокисленных покрытий является наличие электрической проводимости, а при нагреве таких покрытий до температур 500 °С и выше, происходит их доокисление и отслоение. Поэтому формирование таких покрытий должно происходить с достаточным количеством кислорода. Однако, при значительных количествах кислорода, толщина пленки окисла, образующего на поверхности мишени, увеличивается, при этом магнетронный разряд ведет себя нестабильно или может полностью погаснуть.

Управлять подачей кислорода можно обычными способами, например, с помощью регуляторов расхода газа типа РРГ-10, или с помощью оптического контроля плазмы разряда. Последний способ авторам представляется более предпочтительным ввиду наличия обратной связи между оптическим сигналом и количеством кислорода.

В таблице 1 представлены результаты проведенных нами измерений парциального давления кислорода и оптического сигнала плазмы магнетронного разряда с неохлаждаемой протяженной мишенью Zr(92%)Y(8%) размерами 710×65×6 мм при мощности 9 кВт от количества кислорода, подаваемого в вакуумную камеру с помощью РРГ-10 (18нл/ч).

Таблица 1

Влияние расхода кислорода на оптический сигнал и парциальное давление

Расход O <sub>2</sub> , нл/час	0	1.8	3.6	5.4	6.3	7.2	8.1	9.0	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5
Оптический сигнал, %	100	100	100	100	97	96	94	90	82	73	70	53	29
Парциальное давление O <sub>2</sub> , %	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,75	1,12	3,5	5,7	15,6

Із при наведених результатів слідують, що при витратах кисню більше 9.9 нл/год його частковий тиск починає зростати, при цьому оптичний сигнал від магнетронного розряду зменшується на 20% і більше. Такі режими перспективні для отримання непровідячих окислених покриттів.

Робота виконана при фінансовій підтримці Міністерства науки і вищої освіти Російської Федерації в рамках державного завдання № FSWF-2023-0016 (Соглашение № 075-03-2023-383 від 18 січня 2023г.) в сфері наукової діяльності на 2023-2025 гг.

## **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Качалин Геннадий Викторович – кандидат технічних наук, ведучий науковий співробітник, доцент (ORCID: 0000-0001-9506-862X). Національний дослідницький університет «Московський енергетический інститут» (НІУ «МЭИ»), г. Москва, e-mail: KachalinGV@mpei.ru

Медведев Константин Сергеевич – ведучий інженер (ORCID: 0000-0003-1667-458X). Національний дослідницький університет «Московський енергетический інститут» (НІУ «МЭИ»), г. Москва, e-mail: MedvedevKS@mpei.ru

Касьяненко Владислав Александрович – ведучий інженер (ORCID: 0009-0000-7510-2106). Національний дослідницький університет «Московський енергетический інститут» (НІУ «МЭИ»), г. Москва, e-mail: KasyanenkoVA@mpei.ru