

ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫНЫҢ КҮШ ЭЛЕМЕНТТЕРІ ҮШІН ЭРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ЖАБЫНДАРДЫ ӘЗІРЛЕУ

Ерсайын Анар Зайдоллақызы

anaryersaiyn@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ физика-техникалық факультетінің «Ғарыштық техника және технологиялар» кафедрасының 3-курс студенті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Дүйсенғали Г.Б.

Бұл жұмыста ғарыш аппарат элементтерін стационарлық плазмалық қозғалтқыштар ағысынан туындайтын эрозия әсерінен қорғау үшін АД маркалы алюминий фольгасына микродоғалы оксидтеу (МДО) әдісімен қорғаныс жабын қолдану ұсынылады. Қорғаныс жабын алудың технологиялық режимдері жасалынды. Жабу үлгілеріне сақтау және пайдалану факторының әсеріне тестілік сынақтар жүргізілді. Зерттеулер МДО әдісімен алынған жабындардың сипаттамалары талаптарды қанағаттандыратынын және ғарыш аппараттарында қорғаныс жабындары ретінде пайдаланылуы мүмкін екендігін көрсетті.

Ғарыштық аппарат, антенналардың рефлекторлары, радио шағылыстырғыш жабындар, эрозияға қарсы қорғаныс, микродоғалы оксидтеу.

Белсенді өмір сүрудің бүкіл мерзімі ішінде ғарыш аппаратының жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін пайдалану процесінде аппаратуралар мен жүйелердің бірқатар параметрлерінің тозуы оның мақсатты пайдаланылуын бұзуға әкеп соқпауы қажет. Масса, энергия құрылысы бойынша талаптарды қатайту, ғарыш аппаратының ресурсына және сенімділігіне қойылатын талаптарды арттыру оның құрамдас схемасын тығыздауға алып келеді. Соның салдарынан түзету қозғалтқыштары ретінде қолданылатын стационарлық плазмалық қозғалтқыштардың (СПК) конструкциялық-ғарыштық аппарат элементтерінің материалдарына эрозия әсері артады. Ғарыш техникасы нарығында бәсекелестіктің шиеленісуі талап етілетін сипаттамалары бар қорғаныс жабындарының жаңаларын әзірлеу және қолданыстағыларын жаңғырту қажеттілігін туғызады. Газ иондарымен ұзақ бомбалаудың нәтижесінде конструкция материалының тозуынан тұратын СПК плазмалық ағысының эрозиялық әсері олардың қалыңдығының азаюына және ҒА сыртқы беттерінің тоздандану өнімдерімен ластануына алып келеді. Әсер етудің осы түрінің негізгі сипаттамасы эрозия тереңдігі, яғни шашыраған қабаттың қалыңдығы болып табылады. Күн батарея панельдерінің және ҒА термореттеу жүйесіндегі радиатор жабындарының бетінде эрозиялық-ластаушы әсер етуі мүмкін екенін көрсетті. СПК плазмалық ағысының тағы бір теріс әсері ҒА термореттегіш жабындары бар электр өткізгіш қабаттың эрозиясымен (ЭӨК) сипатталады, бұл статикалық зарядтың жиналуына және ҒА бетінде электр ақаулардың пайда болуына әкеледі. Осылайша, ғарыш техникасы бұйымдарын дайындау сапасын арттыру мақсатында ҒА күрделі беттерінде СПК плазмасының эрозиялық әсеріне жоғары төзімділігі бар жабындарды әзірлеу қажет.

Қазіргі уақытта геостацтонарлық орбиталарда жұмыс істейтін ҒА үшін конструкция элементтерінің эрозиясынан қорғау үшін Л1-ПМ (ТР №370-762-48-274) жабысқақ қабаты бар полиимидті үлдір қолданылады, бірақ эрозиялық тұрақтылығы бойынша қазіргі заманғы талаптарды толық қанағаттандырмайды. Жүргізілген талдау негізінде инертті газдардан (аргон, ксенон) тұратын плазмалық ағынға қарсы жоғарғы тұрақтылыққа ие алюминий оксиді (Al_2O_3) екенін көрсетті. ҒА-ның 15 жыл үздіксіз жұмыс істеу үшін Al_2O_3 -тен тұратын жабын қабаты 30 мкм болу керек.

Бұл жұмыста СПК плазмасының әсеріне түсетін ҒА конструкциясының элементтерін МДО әдісімен алюминий оксидінен (30 мкм) тұратын алюминий фольгасымен (100 мкм-ге дейін) қаптау ұсынылады. Жабын МДО процесін жеңілдететін анодты және катодты токтың құрауыштарын тәуелсіз реттеуді жүзеге асыратын және бір мезгілде осы токтың орташа шамаларын тұрақтандыруға мүмкіндік беретін ИАТ-Т қондырғысында жасалынды. Бұл

қондырғысының техникалық сипаттамаларына тоқталсақ: реттелетін кернеу диапазоны – (0-800 В); реттелетін ток диапазоны – (0-120) А/дм²; токтың тұрақтану қателігі 5 % дейін.

Төсем ретінде 160x130 мм және қалыңдығы 100 мкм болатын ақ фольгасының үлгілері қолданылады. Өңдеу уақыты 10-60 мин. Жабын қалыңдығын ТТ260 құрылғысымен, ал оптикалық микроскоп көмегімен көлденең шлифті бақыладық. МДО көмегімен жасалған қорғаныс жабының микроқұрылымдары СИАМ металлографиялық зерттеу кешеніндегі ЛабоМет И2 оптикалық микроскоп негізінде зерттедік.

Металлографиялық талдау жабын екі қабаттан тұратынын көрсетті:

1. беткі қабат оксидтер қоспасынан $Al_2O_3 + SiO_2$;
2. металға жанасатын және құрамында $\gamma-Al_2O_3$ мен $\alpha-Al_2O_3$ екі модификациялы алюминий оксиді бар қатты қабаттан.

Қорғау жабындарын сақтау және пайдалану факторларының әсеріне сынау жүргізу үшін мемлекеттік стандарт (ГОСТ 478474) бойынша 100x100 мм өлшемдегі АД алюминий фольгасында қорғаныс жабының үлгілері дайындалады.

Жабындар сынақтың келесі түрлеріне ұшырады:

1. диаметрі 20 мм циклдік бүгілуі;
2. климаттық сынаулар;
3. радиациялық әсер;
4. термоциклденуі.

Климаттық сынақтар алдында қорғау жабындарының үлгілері диаметрі 20 мм цилиндрдің бүйір беті бойынша циклді бүгуге ұшыраған. Цикл саны 50. Жабынның сыртқы түрі әсер еткеннен кейін өзгерген жоқ. Үлгілердің сыртқы түрін қарау визуалды түрде жүргізілді. Көзбен шолып қарау кезіндегі сызықтар, қабаттардың болуы, түстің сақталуы бақыланды. Түзету қозғалтқыштары плазмасының деструктивті әсерін бағалау үшін плазманың оптикалық қасиеттерге және төмендегі атап көрсетілген материалдардың эрозиялық тұрақтылығына әсерін анықтауға мүмкіндік беретін эксперименттер жүргізілді:

– экрандық вакуумды жылу оқшаулағыштың сыртқы қабаты ретінде қолданылатын полиимидті пленка;

– жоғары эрозиялық төзімділікке ие жабын нұсқасы ретінде бір жақты микродоғалы оксидті АД1 алюминий фольгасы.

Плазманың полиимидті пленкаға әсері 2 мк бөлу бағасымен көп айналымдағы индикаторды пайдалана отырып, контактілі тәсілмен сынауға дейін және кейінгі үлгілердің қалыңдығын өлшей отырып, эрозияның терңдігі бойынша анықталады. Оптикалық қасиеттердің өзгеруі 250-ден 2500 нм-ге дейінгі толқын ұзындығының диапазонында үлгілерді өткізудің спектрлік коэффициентінің өзгеруі бойынша анықталады. Сынақтарды жүргізу кезіндегі үш материалдың беріктігін салыстырды: алюминий фольгасы (АД1 алюминий FA беттерінің көпшілігін жабады), полиимидті пленка (ПП–қазіргі уақытта СПҚ плазмасының әсерінен қорғау жабыны ретінде пайдаланылады) және МДО жабыны бар адюминий үлгілері. Илндар шоғырының өзгерісін HR-202 прецизионды электрондық таразыда көп айналымдық индикаторды пайдалана отырып, контактілі тәсілмен қалыңдығын өлшеу жүргізілді. Үлгілердің қалыңдығы бірнеше нүктелерде өлшеніп, орташа мән есептелінді. Плазмамен тозаңдану нәтижесінде үлгі массасының өзгеруінің пайыздық мәні мынадай формула бойынша есептеледі:

$$\Delta M = \frac{M_{\text{дейін}} - M_{\text{кейін}}}{M_{\text{дейін}}} * 100\%$$

Мұндағы, $M_{\text{дейін}}$ –сынауға дейінгі жабын үлгісінің салмағы, г;

$M_{\text{кейін}}$ – сынаудан кейінгі жабын үлгісінің салмағы, г.

Зерттелетін үлгілердің салмағы мен қалыңдығының өзгеруі бойынша алынған эксперименталды деректер 1 және 2-кестелерде келтірілген.

Үлгілер массасының өзгерісі

Үлгілер		Салмақ		Өзгерісі, г $M_{\text{дейін}} - M_{\text{кейін}}$	$\Delta M, \%$
		$M_{\text{дейін}}$	$M_{\text{кейін}}$		
ПП	1	0,22837	0,22679	0,00158	0,692
	2	0,23180	0,23021	0,00159	0,686
	3	0,23860	0,23713	0,00147	0,616
	4	0,23080	0,22951	0,00129	0,559
Орташа мән				0,00148	0,638
О МД	1	0,42791	0,42728	0,00053	0,124
	2	0,42808	0,42751	0,00067	0,156
	3	0,46758	0,46683	0,00075	0,160
	4	0,45172	0,45112	0,00060	0,133
Орташа мән				0,00079	0,154
АД1	1	0,41936	0,41904	0,00032	0,076
	2	0,4213	0,42104	0,00031	0,073
	3	0,42358	0,42329	0,00029	0,068
	4	0,42582	0,42552	0,00030	0,070
Орташа мән				0,00031	0,072

Үлгілердің қалыңдығының өзгерісі

Үлгілер		Қалыңдығы, мм		Өзгерісі ($T_{\text{дейін}} - T_{\text{кейін}}$), мм
		$T_{\text{дейін}}$	$T_{\text{кейін}}$	
ПМ	1	0,097	0,096	0,001
	2	0,105	0,098	0,007
	3	0,103	0,099	0,004
	4	0,100	0,097	0,003
Орташа мән				0,00375
МДО	1	0,100	0,099	0,001
	2	0,100	0,099	0,001
	3	0,125	0,125	0
	4	0,111	0,110	0,001
Орташа мән				0,00075
АД1	1	0,096	0,095	0,001
	2	0,096	0,095	0,001
	3	0,096	0,092	0,004
	4	0,096	0,094	0,002

Зерттеулер нәтижесін қорытындыласақ, плазманың әсерінен кейін микродоғалы алюминий фольга үлгілерінің беті өзгеріссіз қалды. Полиимидті пленка үлгілерінің массасы мен қалыңдығы барынша өзгерді. МДО үлгілері алюминий фольга үлгілеріне қарағанда үлкен массаны жоғалтты, бұл МДО жабындарының кейбіргигроскопиялығымен түсіндіруге болады.

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Суминов И.В. Технология тонких пленок (теория, технология, оборудование)// – М.ЭКОМЕТ, –2005. – С.368.
2. Суминов И.В. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) // – М. ЭКОМЕТ, –2005. – С.368.