

خوردگی و تخریب مواد در فضا و راه‌های کنترل آن

دکتر رضا شجاع رضوی

و

دکتر بهروز موحدی

سرشناسه: شجاع رضوی، رضا، ۱۳۵۷ -

عنوان و نام پدیدآور: خوردگی و تخریب مواد در فضا و راههای کنترل آن / رضا شجاع رضوی، بهروز موحدی.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۱.

مشخصات ظاهری: ص. ۳۱۰

یادداشت: کتابنامه: ص. ۳۱۰.

وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: فضاپیماها- مواد صنعتی- فرسودگی

موضوع: مواد صنعتی- اثر محیط زیست فضا

موضوع: فضاپیماها- مواد صنعتی- حفاظت

شناسه افزوده: سوحدی، بهروز، ۱۳۵۱ -

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی مالک اشتر

کتابشناسی ملی: ۳۹۱۹۷۱۹

رده بندی دیویی: ۶۲۹/۴۷۲

رده بندی کنگره: ۱۳۵۱ خ ۳۹۱/۵۳۷ TL



انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

دانشکده مهندسی مواد

عنوان کتاب: خوردگی و تخریب مواد در فضا و راههای کنترل آن

مولفین: دکتر رضا شجاع رضوی، دکتر بهروز موحدی

ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر

طرح روی جلد: رضا بحرودی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر

صفحه آرایي رایانه ای: مهدی ملایی

ویراستار ادبی: زری کاویدی آلسعدي

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ: اول، پاییز ۹۱

قیمت: ۱۳۰۰ ریال

ISBN: 978-600-5665-36-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۶۵-۳۶-۹

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مرکز فناوری اطلاعات و خدمات علمی تهران

مدیریت انتشارات: تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

پیش گفتار مؤلفان

حفظ و نگهداری ماهواره‌ها، سامانه‌ها و سیستم‌های فضایی یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های طراحان و مهندسان هوا فضا است، زیرا محیط خارج از جو زمین به طور کلی با شرایط حاکم بر روی زمین کاملاً متفاوت است. از این رو یک ماهواره فضایی باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که بتواند در محیط‌های خشن و در شرایط سخت عملکرد بهینه‌ای داشته باشد. ماهواره‌های فضایی در طول مدت مأموریت خود در فضا، در معرض گستره وسیعی از شرایط متغیر محیطی قرار می‌گیرند و لازمه کارایی بهینه آنها، مقاومت و دوام در برابر این شرایط است. اکسیژن اتمی، تابش فرابنفش، زیاله‌های فضایی، میکروشهاب، شگ‌ها، تابش ذرات باردار، سیکل‌های حرارتی و آلودگی‌ها از جمله مواردی هستند که ماهواره‌های فضایی با آن در فضا مواجه می‌شوند که همه این موارد با عنوان خوردگی در فضا شناخته شده‌اند. روش‌های مختلفی برای حفظ ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی در برابر عوامل فوق وجود دارند که بیشترشان مستلزم صرف هزینه و وقت بسیار زیادی بوده و باعث افزایش وزن ماهواره‌ها می‌گردد. با توجه به گسترش روز افزون حوزه دانش و فناوری در علوم فضایی در دنیا، همچنین در چند سال اخیر در ایران و دستیابی دانشمندان ایرانی در شکستن انحصار این فناوری و راه‌یابی به این عرصه با بومی سازی آن در داخل کشور و فرستادن موفقیت آمیز ماهواره‌های مخابراتی به فضا، فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در این عرصه در داخل دانشگاه‌های کشور ضروری به نظر

می‌رسد. فقدان منابع جامع و آموزشی در حوزه علوم فضایی و به خصوص در زمینه شناسایی و انتخاب مواد در شرایط سخت و طاقت‌فرسای حاکم در محیط فضا، ما را بر آن داشت که به عنوان اولین اقدام، به تدوین و گردآوری کتابی در این زمینه بپردازیم. به جرات می‌توان گفت که کتاب حاضر تنها مرجع فارسی در زمینه پدیده خوردگی در فضا است و در آن سعی شده است با یک زبان ساده و روان، عوامل مخرب فضایی بر مواد به کار رفته در فضاپیماها معرفی و راه کارهای مقابله با آنها ارائه شود.

فهرست مطالب

فصل نخست: مقدمه.....	۳
فصل دوم: مقدسای بر ماهواره ها و سفینه های فضایی.....	۹
۱-۲ مروری بر تحولات علوم فضایی.....	۹
۲-۲ کاربردهای بین المللی ماهواره ها.....	۱۴
۳-۲ اهمیت و کاربرد ماهواره ها در نبردهای آینده.....	۱۵
۴-۲ انواع فضاپیماهای متداول در جهان.....	۱۹
۱-۴-۲ فضاپیمای گذرنده.....	۱۹
۲-۴-۲ فضاپیمای مدارگرد.....	۲۰
۳-۴-۲ فضاپیمای جوی.....	۲۰
۴-۴-۲ فضاپیمای سطح نشین.....	۲۰
۵-۴-۲ فضاپیمای سطح کاو.....	۲۱
۶-۴-۲ فضاپیمای سطح نورد.....	۲۱
۷-۴-۲ فضاپیمای رصدگر.....	۲۱
۸-۴-۲ فضاپیمای ارتباطات و جهت یابی.....	۲۲
۹-۴-۲ فضاپیمای سرنشین دار.....	۲۲

۲-۵ طراحی ماهواره ها و زیرسیستم های آن	۲۲
فصل سوم: شناسایی و انتخاب مواد	۲۷
مقدمه	۲۷
۱-۳ کاربرد آلومینیم و آلیاژهای آن در فضا	۲۷
۱-۱-۳ ساخت-تولید و احتیاطها برای آلیاژهای آلومینیم	۲۸
۲-۳ کاربرد مس و آلیاژهای آن در فضا	۳۱
۱-۲-۳ ساخت-تولید و احتیاطها برای آلیاژهای مس	۳۲
۳-۳ کاربرد نیکل و آلیاژهای آن در فضا	۳۲
۱-۳-۳ ساخت-تولید و احتیاطها برای آلیاژهای نیکل	۳۶
۴-۳ کاربرد تیتانیم و آلیاژهای آن در فضا	۳۷
۱-۴-۳ ساخت-تولید و احتیاطها برای آلیاژهای تیتانیم	۳۷
۵-۳ فولادها و کاربرد آن در فضا	۳۸
۱-۵-۳ ساخت-تولید و احتیاطها برای فولادها	۳۹
۶-۳ فولادهای زنگ‌نزن و کاربرد آن در فضا	۴۰
۱-۶-۳ ساخت-تولید و احتیاطها برای فولادهای زنگ‌نزن	۴۱
۷-۳ آلیاژهای سبک و کاربرد آن در فضا	۴۲
۸-۳ مواد پرکننده جوشکاری و لحیم کاری و کاربرد آنها در فضا	۴۴
۱-۸-۳ احتیاطها در استفاده از مواد پرکننده	۴۶
۹-۳ چسبها، پوششها، لعابها، عایقها و کاربرد آنها در فضا	۴۶
الف) لایه خارجی	۴۹

ب) لایه‌های میانی	۴۹
ج) لایه جداساز	۴۹
د) لایه داخلی	۵۰
۱-۴-۳ احتیاط‌ها در استفاده از چسب‌ها، پوشش‌ها و لعاب‌ها	۵۰
۱۰-۳ رنگ‌ها و کاربرد آن در فضا	۵۱
۱-۱۰-۳ اجزای تشکیل دهنده رنگ	۵۳
الف) رزین (رنگ‌بایه)	۵۳
ب) رنگ‌دانه	۵۴
ج) حلال‌ها	۵۵
د) مواد افزودنی	۵۶
۲-۱۰-۳ خواص رنگ‌های به کار رفته در ماهواره	۵۶
الف) مقاومت به حرارت (کنترل حرارت)	۵۶
ب) خواص الکتریکی	۵۶
ج) خواص اپتیکی	۵۷
د) خواص مکانیکی	۵۷
ه) مقاومت به تبخیر سطحی	۵۷
۳-۱۰-۳ انواع رنگ‌های کنترل حرارتی به کار رفته در ماهواره	۵۸
۴-۱۰-۳ رنگ کنترل حرارتی سفید Z-93	۵۹
۵-۱۰-۳ رنگ کنترل حرارتی سفید YB-71	۶۱
۶-۱۰-۳ رنگ کنترل حرارتی سفید S13G / LO-1	۶۲
۷-۱۰-۳ رنگ سفید کنترل حرارتی NS43G	۶۳

۸-۱۰-۳	رنگ سفید کنترل حرارتی A276	۶۴
۹-۱۰-۳	رنگ کنترل حرارتی سیاه	۶۴
۱۰-۱۰-۳	رنگ کنترل حرارتی سیاه سیلیکونی رسانا با نام PNC	۶۵
۱۱-۱۰-۳	رنگ سیلیکونی سیاه آنتی استاتیک با نام PNAS	۶۶
۱۲-۱۰-۳	رنگ سیلیکونی سیاه غیر رسانا با نام PN	۶۶
۱۳-۱۰-۳	رنگ کنترل حرارتی سیاه Aeroglaze L300	۶۷
۱۴-۱۰-۳	رنگ کنترل حرارتی سیاه MAP-PU1	۶۸
۱۵-۱۰-۳	رنگ کنترل حرارتی سیاه سیلیکونی رسانا با کربن سیاه متخلخل	۶۸
۱۶-۱۰-۳	احتیاطها در استفاده از رنگها	۷۰
۱۱-۳	لاستیکها و کاربرد آن در فضا	۷۱
۱-۱۱-۳	احتیاطها در استفاده از لاستیکها	۷۱
۱۲-۳	ترموپلاستیکها و کاربرد آن در فضا	۷۲
۱-۱۲-۳	احتیاطها در استفاده از ترموپلاستیکها	۷۲
۷۵	فصل چهارم: عوامل مخرب محیطی و خوردگی در فضا	
۷۵	مقدمه	
۸۰	۱-۴ تخریب محیطی و خوردگی ناشی از اکسیژن اتمی	
۸۵	۱-۱-۴ واکنش اکسیژن اتمی با مواد	
۸۷	۲-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پلیمرها	
۹۲	۱-۲-۴ تأثیر اکسیژن اتمی بر کپتون	
۱۰۲	۲-۲-۴ اثر باردارشدن سطح بر سرعت خوردگی پلی آمید توأم با پرتودهی اکسیژن اتمی	

۳-۲-۴ اثر تنش پسماند بر اضمحلال پلی‌آمید در تابش همزمان ذرات پرسرعت و اکسیژن اتمی	۱۰۵
۴-۲-۴ اثر اکسیژن اتمی بر تفلن	۱۰۵
۵-۲-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پلی سولفون	۱۰۸
۶-۲-۴ اثر باردار شدن سطح بر نرخ خوردگی پلی‌سولفون توأم با تابش اکسیژن اتمی	۱۰۸
۷-۱-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پلیمر مایلار	۱۰۹
۸-۲-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پلیمر پیک	۱۰۹
۹-۲-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پلیمر کیولار	۱۱۱
۳-۴ اثر اکسیژن اتمی بر کامپوزیت‌ها	۱۱۱
۱-۳-۴ اثر اکسیژن اتمی بر کامپوزیت‌های زمینه پلیمری	۱۱۳
۲-۳-۴ اثر فرسایش اکسیژن اتمی بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های زمینه پلیمری	۱۱۶
۳-۳-۴ اثر اکسیژن اتمی بر کامپوزیت‌های زمینه فلزی	۱۲۱
۴-۳-۴ اثر اکسیژن اتمی بر کامپوزیت‌های کربن/کربن	۱۲۲
۴-۴ اثر اکسیژن اتمی بر فلزات	۱۲۴
۱-۴-۴ اثر اکسیژن اتمی بر نقره	۱۲۸
۲-۴-۴ اثر اکسیژن اتمی بر آلومینیم	۱۲۸
۵-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پوشش‌ها	۱۲۹
۱-۵-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پوشش‌های هوشمند VO_n	۱۳۱
۲-۵-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پوشش‌های سیلیکونی و سرامری	۱۳۵
۳-۵-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پوشش‌های کنترل حرارتی	۱۴۲
۴-۵-۴ ماندگاری رنگ SCK5 در محیط اکسیژن اتمی	۱۴۶

- ۵-۵-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پوشش های فلزی..... ۱۵۰
- ۶-۵-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پوشش های سیلیکونی ۱۵۱
- ۷-۵-۴ اثر اکسیژن اتمی بر پوشش های سرامیکی ۱۵۱
- ۶-۴ تخریب محیطی و خوردگی ناشی از پرتو فرابنفش (UV) در فضا..... ۱۵۳
- ۱-۶-۴ اثر پرتو فرابنفش بر پلیمرها در فضا ۱۵۴
- ۲-۶-۴ اثر پرتو فرابنفش بر پلیمرهای فلوردار ۱۵۵
- ۳-۶-۴ اثر پرتو فرابنفش بر پلی آمید کتون ۱۵۷
- ۴-۶-۴ اثر پرتو فرابنفش بر نفلن ۱۵۷
- ۵-۶-۴ اثر پرتو فرابنفش بر پلیمر مایلاز ۱۵۸
- ۷-۴ اثر پرتو فرابنفش بر کامپوزیت ها در فضا ۱۵۸
- ۸-۴ اثر پرتو فرابنفش بر فلزات در فضا ۱۶۱
- ۹-۴ اثر پرتو فرابنفش بر سرامیک ها در فضا ۱۶۱
- ۱۰-۴ اثر پرتو فرابنفش بر پوشش ها در فضا ۱۶۱
- ۱-۱۰-۴ اثر پرتو فرابنفش بر پوشش های کنترل حرارتی ۱۶۱
- ۲-۱۰-۴ اثر پرتو فرابنفش بر فیلم سیلیکونی DC93-500 ۱۶۲
- ۳-۱۰-۴ اثر پرتو فرابنفش بر خواص و ساختار شیمیایی فیلم پلی اتیلن ترفتالات (PET) ۱۶۳
- ۱۱-۴ اثر همزمان اکسیژن اتمی و تابش فرابنفش ۱۶۴
- ۱-۱۱-۴ اثر همزمان اکسیژن اتمی و تابش فرابنفش بر پلی آمید و پلی اتیلن ۱۶۴
- ۲-۱۱-۴ اثر همزمان اکسیژن اتمی و تابش فرابنفش بر نفلن ۱۶۹
- ۱۲-۴ تخریب محیطی و خوردگی ناشی از تابش یونیزه کننده در فضا ۱۷۲

۱۷۳.....	۱-۱۲-۴ منابع تابش یونیزه کننده در فضا
۱۷۳.....	الف) تابش پرتو ایکس محیط جرقه خورشیدی
۱۷۳.....	ب) محیط تابش ذره باردار
۱۷۴.....	۲-۱۲-۴ اثر تابش یونیزه کننده بر تجهیزات فضایی
۱۷۵.....	۳-۱۲-۴ اثرات باردار شدن ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی
۱۷۶.....	الف- شارژ سطحی
۱۷۶.....	ب- شارژ بدنه
۱۷۷.....	ج- تخلیه الکتریکی
۱۷۷.....	د- آلودگی
۱۷۷.....	۴-۱۲-۴ اثر تابش الکترون بر تغییر سطحی مواد
۱۷۸.....	۱۳-۴ اثر تابش یونیزه کننده بر پلیمرها
۱۸۰.....	۱-۱۳-۴ اثر همزمان تابش پروتون و الکترون بر پلیمر متیل سیلیکون
۱۸۳.....	۱۴-۴ اثر تابش پروتون، الکترون و نوترون بر کاپوزیت‌ها
۱۸۴.....	۱۵-۴ اثر تابش پروتون، الکترون و نوترون بر فلزات
۱۸۴.....	۱۶-۴ اثر تابش پروتون، الکترون و نوترون بر سرامیک‌ها
۱۸۶.....	۱۷-۴ اثر تابش پروتون، الکترون و نوترون بر پوشش‌ها
۱۸۹.....	۱-۱۷-۴ اضمحلال اپتیکی سیلیکون در رنگ سفید ZnO/Silicone در اثر تابش پرتو پروتونی
۱۹۷.....	۲-۱۷-۴ اثر پرتو الکترونی بر پوشش کنترل حرارتی ZnO/K ₂ SiO ₃
۲۰۲.....	۳-۱۷-۴ اثر تابش الکترون بر پوشش محافظ سیلیکونی سلول‌های خورشیدی
۲۰۴.....	۱۸-۴ تخریب محیطی و خوردگی ناشی از ذرات موجود در فضا

۲۰۶.....	۱-۱۸-۴ اثر ذرات موجود در فضا بر سطح باتری های خورشیدی و لوله های گرمایی
۲۰۹.....	۱۹-۴ اثر ذرات موجود در فضا بر پلیمرها
۲۱۱.....	۲۰-۲ اثر ذرات موجود در فضا بر کامپوزیت ها
۲۱۲.....	۲۱-۴ اثر ذرات موجود در فضا بر فلزات
۲۱۳.....	۲۲-۴ اثر ذرات موجود در فضا بر اجزاء اپتیکی
۲۱۶.....	۲۴-۴ تخریب محیطی و خوردگی ناشی از تبخیر سطحی
۲۱۸.....	۲۵-۴ اثر تبخیر سطحی بر پلیمرها
۲۲۰.....	۲۶-۴ اثر تبخیر سطحی بر کامپوزیت ها
۲۲۳.....	۲۷-۴ اثر تبخیر سطحی بر فلزات
۲۲۴.....	۲۸-۴ اثر تبخیر سطحی بر سرامیک ها
۲۲۵.....	۲۹-۴ تخریب محیطی و خوردگی ناشی از سیکل حرارتی
۲۲۷.....	۳۰-۴ اثر سیکل حرارتی بر پلیمرها
۲۲۸.....	۳۱-۴ اثر سیکل حرارتی بر کامپوزیت ها
۲۳۴.....	۳۲-۴ اثر سیکل حرارتی بر فلزات
۲۳۴.....	۳۳-۴ اثر سیکل حرارتی بر سرامیک ها
۲۳۷.....	۳۴-۴ اثر سیکل حرارتی بر پوشش ها
۲۴۰.....	۳۵-۴ تخریب محیطی و خوردگی ناشی از آلودگی ها
۲۴۵.....	فصل پنجم: راه کارهای کنترل و ممانعت از خوردگی در فضا
۲۴۵.....	مقدمه

۱-۵- راه کارهای جلوگیری از تخریب ناشی از اکسیژن انمی در فضا	۲۴۶
۱-۱-۵- انتخاب صحیح مواد	۲۴۶
۲-۱-۵- انتخاب پوشش مناسب	۲۴۶
۳-۱-۵- طراحی مناسب	۲۴۸
۲-۵- راه کارهای ممانعت از تخریب ناشی از پرتو فرابنفش در خلا	۲۴۹
۱-۲-۵- انتخاب صحیح مواد و ترکیب های مقاوم به خوردگی	۲۴۹
۲-۲-۵- انتخاب پوشش های مناسب	۲۵۰
۳-۵- روش های جلوگیری از تخریب ناشی از ذرات یونیزه کننده	۲۵۱
۱-۳-۵- انتخاب مواد و ترکیب های مناسب	۲۵۱
۲-۳-۵- انتخاب پوشش مناسب	۲۵۲
۳-۳-۵- طراحی مناسب جهت جلوگیری از ناش های مخرب	۲۵۳
۴-۵- راه های جلوگیری از تخریب ناشی از ذرات موجود در فضا	۲۵۵
۱-۴-۵- حفاظت غیر فعال (پسیو)	۲۵۵
۲-۴-۵- حفاظت فعال (اکتیو)	۲۵۷
۳-۴-۵- حفاظت عملیاتی	۲۵۸
۵-۵- راه های ممانعت از تخریب ناشی از تبخیر سطحی	۲۵۹
۱-۵-۵- انتخاب صحیح مواد و ترکیب های مقاوم به خوردگی	۲۵۹
۲-۵-۵- انتخاب پوشش های مناسب	۲۵۹
۶-۵- راه های ممانعت از تخریب ناشی از سیکل های حرارتی	۲۶۰
۱-۶-۵- انتخاب صحیح مواد	۲۶۰

- ۲۶۱-۲-۶-۵- انتخاب پوشش های مناسب..... ۲۶۱
- الف - تعیین قابلیت نشر و جذب پوشش های کنترل حرارتی..... ۲۶۲
- ب - تأثیر زبری سطح و ضخامت پوشش ۲۶۲
- ج - انتخاب پوشش بر اساس ارزیابی اطلاعات پرواز و آزمون های آزمایشگاهی..... ۲۶۲
- د - آنالیز و ارزیابی آلودگی های فضاپیما به منظور تعیین مقدار و نوع آنها..... ۲۶۳
- ه - ویژگی های الکتریکی ۲۶۳
- ۲۶۴-۳-۶-۵- طراحی مناسب ۲۶۴
- الف) لوله های انتقال گرم ۲۶۷
- ب) هواکش های گرمگرای ۲۶۷
- ج) آینه سطحی ثانویه ۲۶۸
- د) صفحه های سرد ۲۶۸
- و) گرمکن الکتریکی ۲۶۹
- ه) رادیاتورها ۲۶۹
- ۲۷۱-۷-۵- راه کارهای ممانعت از تخریب ناشی از آلودگی ۲۷۱
- ۲۷۱-۱-۷-۵- انتخاب صحیح مواد و ترکیب های مقاوم ۲۷۱
- ۲۷۱-۲-۷-۵- استفاده از پوشش های مناسب ۲۷۱
- ۲۷۲-۳-۷-۵- ملاحظات در طراحی ۲۷۲
- الف) کنترل تابش اکسیژن اتمی ۲۷۳
- ب) کنترل وضعیت ماهواره ۲۷۳
- ج) کنترل دمای ماهواره ۲۷۴
- ۲۷۷- فصل ششم: آزمون های ارزیابی رفتار خوردگی در فضا..... ۲۷۷

۱-۶- آزمون اکسیژن اتمی	۲۷۷
۲-۶- آزمون تابش UV و ذرات یونیزه کننده بر طبق استاندارد-ECSS-Q-ST	
70-06	۲۸۱
۱-۲-۶- بررسی شرایط آزمون تابش UV و ذرات یونیزه کننده	۲۸۶
۳-۶- آزمون‌های سیکل حرارتی در ارزیابی مواد مورد استفاده در فضا، فرایندها و	
قطعه‌های مکانیکی	۲۸۷
۱-۳-۶- آزمون سیکل حرارتی طبق استاندارد ECSS-Q-ST-70-04	۲۸۷
۲-۳-۶- شرح آزمون سیکل حرارتی	۲۹۱
۳-۳-۶- بررسی شرایط آزمون سیکل حرارتی	۲۹۱
۴-۶- آزمون تبخیر سطحی در خلأ حرارتی برای مواد مورد استفاده در کاربردهای	
فضایی	۲۹۲
۱-۴-۶- آزمون تبخیر سطحی در خلأ حرارتی طبق استاندارد ECSS-Q-70-02A	۲۹۲
۲-۴-۶- تجهیزات مورد نیاز آزمون تبخیر سطحی در خلأ حرارتی	۲۹۴
۳-۴-۶- روش انجام آزمون تبخیر سطحی در خلأ حرارتی	۲۹۴
۴-۴-۶- بررسی شرایط آزمون تبخیر سطحی در خلأ حرارتی	۲۹۹
منابع و مراجع	۳۰۱

فصل نخست: مقدمه

حفظ و نگهداری ماهواره‌ها، سامانه‌ها و سیستم‌های فضایی یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های طراحان و مهندسان هوا فضا است. زیرا محیط خارج از جو زمین به طور کلی با شرایط حاکم بر زمین کاملاً متفاوت است. از این رو یک ماهواره فضایی به گونه‌ای باید طراحی و ساخته شود تا بتواند در محیط‌های خشن و در شرایط سخت عملکرد بهینه‌ای داشته باشد. ماهواره‌های فضایی در طول مدت مأموریت خود در فضا، در معرض گستره وسیعی از شرایط متغیر محیطی قرار می‌گیرند و لازمه کارایی بهینه آنها، مقاومت و دوام در برابر این شرایط است. اکسیژن اتمی، تابش فرابنفش، زباله‌های فضایی، میکروشهاب سنگ‌ها، تابش ذرات باردار، سیکل‌های حرارتی و آلودگی‌ها از جمله مواردی هستند که ماهواره‌های فضایی با آن در فضا مواجه هستند. همه این موارد با عنوان خوردگی در فضا شناخته شده‌اند. روش‌های مختلفی برای حفظ ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی در برابر عوامل یادشده وجود دارند که بعضی از آنها مستلزم صرف هزینه و وقت بسیار زیادی بوده و باعث افزایش وزن ماهواره‌ها می‌شود.

یک ماهواره در صورت استقرار در مدار پایینی زمین^۱، در معرض خطر فرسایش ناشی از اکسیژن اتمی قرار می‌گیرد. اکسیژن اتمی ساختارهای فلزی را اکسید کرده و همچنین انرژی کافی برای شکستن پیوندهای پلیمری را دارا است و می‌تواند باعث خوردگی ساختارهای پلیمری شود. از آنجا که اتمسفر زمین همه‌ی تابش فرابنفش

^۱ Low Earth Orbit

خورشیدی را که طول موجی کمتر از 0.3 میکرومتر دارد جذب می‌کند؛ ماهواره‌های فضایی که خارج از اتمسفر زمین حرکت می‌کنند کاملاً در معرض طیف فرابنفش خورشیدی قرار می‌گیرند. از سوی دیگر سطوحی از ماهواره‌ها که در معرض دید مستقیم پرتو خورشیدی قرار ندارند و روبه‌روی زمین هستند نیز ممکن است در معرض تأثیرات فرابنفش خورشیدی به علت بازتاب به وسیله زمین قرار گیرند. از این رو علاوه بر خطر حمله اکسیژن اتمی، ماهواره‌ها باید در برابر تابش فرابنفش خورشیدی نیز حفاظت شوند، زیرا تابش فرابنفش با ایجاد اضمحلال در مواد مختلف، قابلیت آنها را برای جذب تابش خورشیدی افزایش می‌دهد. ماهواره‌های فضایی به جهت موقعیت‌های مختلفی که در فضا اختیار می‌کنند، دماهای متفاوتی را نیز تجربه می‌نمایند. سطحی از ماهواره که به سمت خورشید است به واسطه جذب مستقیم تابش خورشیدی گرم می‌شود؛ در حالی که سمت دیگر ماهواره که به سمت فضای خالی است به سبب نشر پرتو گرمایی سرد می‌شود. چنانچه دمای ساختار خیلی گرم یا خیلی سرد شود، انحراف‌هایی در سازه اتفاق می‌افتد که باعث کاهش توانایی و کارایی سیستم‌های آن می‌گردد. دمای زیاد در حدود 200 درجه سانتی‌گراد باعث آسیب رسیدن به سیستم‌های الکترونیکی و تخریب آنها می‌گردد و دمای پایین حدود $150-$ درجه سانتی‌گراد به یخ‌زدگی سیستم‌های متحرک و خطوط انتقال سوخت و انفجار منجر می‌شود. از این رو کنترل گرمای ورودی به ماهواره و سایر سامانه‌های فضایی از اهمیت بسزایی برخوردار است.

مشکلات ایجاد شده برای ماهواره‌ها یا سفینه‌های فضایی، زمانی رخ می‌دهد که مواد سازنده آنها برای تحمل فشار اعمالی خیلی نازک یا خیلی ترد شوند یا موقعی که لایه‌های فیلم محافظ ترک خورده و جدا شوند. سیستم عامل‌های دمایی سامانه‌های فضایی باید دارای ملزومات سطحی از قبیل ضریب جذب خورشیدی پایین و شدت نشر گرمایی بالایی باشند. ضریب جذب خورشیدی (α_s) کسری از انرژی خورشیدی

است که به وسیله سطح جذب می‌شود. شدت نشر گرمایی (E) معادل نسبت انرژی تابش شده از یک سطح نسبت به انرژی تابش شده از یک جسم سیاه است. اضمحلال خواص ترموپاتیکی مواد باعث تغییر نامطلوب در دمای سامانه‌های فضایی یا اجزاء آنها می‌شود؛ به عنوان مثال: کاهش قدرت انتقال در پوشش شیشه‌ای باتری‌های خورشیدی که به وسیله آلودگی ایجاد می‌شود، می‌تواند باعث کاهش بازده آنتن‌های خورشیدی و در نتیجه تنزل قدرت کلی سامانه گردد. پوشش پلیمری عایق سیستم‌های الکتریکی بیرون سفینه فضایی نیز، تحت تأثیر پرتوهای رادیویی و فرابنفش تخریب می‌شوند. اینها مواردی از تأثیرات نامطلوب محیط فضا بر مواد مورد استفاده در ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی است. مطالعات آزمایشگاهی زمینی می‌تواند برای بررسی اختصاصی تأثیرات محیط با ترکیب اثرات محیطی استفاده شود. ترکیب عوامل محیط فضا، مطالعات آزمایشگاهی و محاسبات موردی غالباً برای اطمینان از دوام و پایداری مواد موجود در ماهواره‌ها و سفینه‌های فضایی مفید است. این مجموعه شامل شناسایی عوامل مخرب محیط فضا، تأثیر نامطلوب آنها بر مواد گوناگون و راهکارهای جلوگیری یا کاهش تأثیر این عوامل است. تاکنون مطالعات صورت گرفته از طریق در معرض نهادن مواد در فضا یا شبیه‌سازی عوامل محیطی در زمین انجام شده است. تأکید زیاد، بر روی مطالعه و بررسی این نوع تأثیرات در مدار پایینی زمین است؛ زیرا اکثر مأموریت‌های فضایی در این مدار انجام می‌شود. لازم به ذکر است که اکثر این فعالیت‌ها بر تأثیرات محیطی بر سطوح خارجی فضاپیما متمرکز شده است و سیستم‌های داخلی نسبت به سطوح خارجی از عوامل محیطی، تأثیر کمتری می‌پذیرند.

در فصل‌های آینده این کتاب، ابتدا به مقدمه‌ای بر تحولات علوم فضایی و آشنایی با آن پرداخته می‌شود، سپس در فصل سوم این کتاب عمده موادی که در ماهواره‌ها و سامانه‌های فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند به اجمال بیان شده و خواص آنها مورد

بررسی قرار گرفته است. در فصل چهارم این کتاب که در حقیقت بخش اصلی این کتاب به حساب می آید سعی شده است که عوامل مخرب در محیط فضا به طور مفصل توضیح داده شود و نتایجی که تاکنون در این زمینه به دست آمده است، مورد بحث و بررسی قرار داده شود. در دو فصل انتهایی این کتاب ابتدا راه کارهای مقابله با عوامل مخرب فضایی بیان شده و در ادامه آزمون های استاندارد که در این زمینه در شرکت های معتبر فضایی بر روی مواد انجام می گیرد، ارائه شده است.