



پوسته تخم‌مرغ، الگوی شگفت‌انگیز برای محافظت از فضاپیماها

افزایش چشمگیر سفرهای فضایی و ارسال کاوشگرها به مدار زمین، خطر برخورد بقایای سرگردان با فضاپیماها را به شدت افزایش داده است؛

افزایش چشمگیر سفرهای فضایی و ارسال کاوشگرها به مدار زمین، خطر برخورد بقایای سرگردان با فضاپیماها را به شدت افزایش داده است؛ مسئله ای حیاتی که ضرورت ابداع فناوری ها و سپرهای محافظتی سبک و مقاوم را برای تضمین ایمنی مأموریت ها بیش از پیش نمایان می سازد.

به گزارش ایسنا، در حال حاضر نزدیک به یک میلیون قطعه زباله فضایی با ابعادی بزرگ تر از یک سانتی متر در مدار نزدیک زمین شناور هستند. این بقایا شامل قطعات جدا شده از ماهواره ها، راکت ها و ابزارهای فرسوده پیشین هستند که با سرعت بسیار سرسام آوری در فضا حرکت می کنند. با تداوم ارسال فضاپیماها و تلسکوپ ها برای کاوش در اعماق کیهان، حضور متراکم این زباله ها خطری جدی و دائمی به شمار می آید، زیرا حتی کوچک ترین برخورد در چنین سرعت های بالایی می تواند خسارات جبران ناپذیر و فاجعه باری به بدنه ابزارهای فضایی وارد کند.

ضرورت تحقیق و سرمایه گذاری علمی در این حوزه، از نیاز حیاتی به توسعه سپرهای محافظتی کارآمد سرچشمه می گیرد. تجهیزات فضایی برای خروج از جو زمین نیازمند سازه هایی بسیار سبک وزن هستند تا مصرف سوخت بهینه ای داشته باشند، اما هم زمان باید در برابر ضربات شدید و سریع نیز بالاترین مقاومت مکانیکی ممکن را ارائه دهند. یافتن موادی که بتوانند تعادلی بی نقص میان سبکی وزن و توانایی خنثی سازی انرژی برخورد ایجاد کنند، چالشی بسیار بزرگ است که پژوهشگران را به سوی بررسی ساختارهای طبیعی و مهندسی نوین سوق داده است.

در همین راستا، گروهی از پژوهشگران به سرپرستی یوکسین وانگ از دانشگاه فناوری دالیان در کشور چین، دست به ابتکاری نوین زده و ظرفیت ساختاری الهام گرفته از پوست تخم مرغ را به عنوان گزینه ای بالقوه برای محافظت از بدنه فضاپیماها بررسی کرده اند. این دانشمندان با تکیه بر این ایده که ساختارهای زیستی موجود در طبیعت طی فرآیند انطباق بلندمدت خود توانمندی شگفت انگیزی در جذب انرژی پیدا کرده اند، به مطالعه چگونگی بازآفرینی این ویژگی طبیعی پرداختند تا بتوانند راهکاری نوآورانه و مطمئن برای مهار ضربات پرسرعت فضایی ارائه دهند.

روش اجرای این پژوهش بر پایه مدل سازی، ساخت چند سازه با چاپ سه بعدی و شبیه سازی های دقیق آزمایشگاهی استوار بود. پژوهشگران پوسته هایی آلومینیومی به شکل تخم مرغ طراحی کردند که درون آن ها با آب پر شده بود. سپس این تخم مرغ ها در یک آرایش و چیدمان منظم بین دو صفحه ضربه گیر آلومینیومی قرار گرفتند، به گونه ای که بخش پهن تر آن ها رو به پایین مستقر شد. محققان عملکرد این ساختار را در سناریوهای مختلف مقایسه کردند؛ این آزمون ها شامل بررسی عملکرد صفحات آلومینیومی ساده و تنها، کره های آلومینیومی پر از آب قرار گرفته بین دو صفحه، و در نهایت همین ساختار لایه ای متشکل از پوسته های تخم مرغی پر از آب بود تا واکنش هر کدام در برابر برخورد گلوله های پرسرعت ارزیابی شود.

یافته های حاصل از این بررسی ها نشان دادند که ساختار لایه ای متشکل از پوسته های تخم مرغی آلومینیومی پر از آب، برترین عملکرد حفاظتی را در مقایسه با سایر نمونه ها به نمایش می گذارد. این سازه توانست نیروهای حاصل از بارهای سنگین را به خوبی تحمل کند و سرعت پرتابه ورودی ناشی از برخورد را تا نزدیک به ۶۵ درصد کاهش دهد. این در حالی بود که صفحات آلومینیومی معمولی و بدون این ساختار درونی، تنها توانسته بودند سرعت پرتابه را حدود ۵۱ درصد کم کنند.

بر اساس تحلیل نتایج، در میان حالت های گوناگون جهت گیری این پوسته ها، الگوهایی از ابرسازه ها که در آن ها تخم مرغ ها به صورت ایستاده قرار گرفته و انتهای باریک تر آن ها با صفحه بالایی در تماس بود، بیشترین کارایی و اثرگذاری را به ثبت رساندند. در این سازه، انرژی حاصل از ضربه به جای متمرکز شدن در یک نقطه، به تدریج درون ماده پخش می شود و پوسته ها به نوبت و پشت سر هم فرو می ریزند و تغییر شکل می دهند تا نیروی تخریبی خنثی شود.

شاید در نگاه نخست، بهره گیری از الگوی شکننده پوست تخم مرغ برای تقویت استحکام غیرمنطقی به نظر برسد، اما سازوکار دفاعی این آرایش شبکه ای کاملاً متفاوت است؛ یک تخم مرغ منفرد تحت نیروی متمرکز محلی به سادگی می شکند، اما تغییر شکل هماهنگ و زنجیره ای این واحدهای تخم مرغی باعث می شود بار ناشی از ضربه به یک اتلاف انرژی گسترده در سراسر سازه تبدیل شود. علاوه بر این، وجود آب در درون این پوسته ها نقش حیاتی دارد؛ هنگام برخورد پرسرعت، آب داخل پوسته دچار

تلاطم شدید شده و از انتشار امواج ضربه ای جلوگیری می کند. این برهم کنش پویا میان آب و پوسته آلومینیومی، انرژی ویرانگر ضربه را به شکل چشمگیری جذب و پراکنده می سازد.

البته محققان تاکید دارند که پیش از به کارگیری عملیاتی این ماده به عنوان سپری سبک وزن در بدنه فضاپیماها، هندسه سازه و نوع پرکننده آن باید باز هم بهینه سازی شده و تحت آزمایش های تکمیلی ضربه قرار گیرد. در حال حاضر، این تیم پژوهشی مشغول بهبود و تنظیم دقیق ضخامت پوسته های آلومینیومی، نسبت ابعاد و نحوه چیدمان آن ها هستند تا میزان جذب انرژی محافظتی را باز هم افزایش دهند. این دستاورد به روشنی ثابت کرد که ابرسازه های سبک و زیست الهام، مسیری بسیار نویدبخش برای ایجاد محافظت مطمئن در برابر برخوردهای فوق سریع به شمار می روند و می توانند توجه جامعه مهندسی را به سازه های الهام گرفته از طبیعت جلب کنند.

این یافته های ارزشمند علمی و پژوهشی در نشریه معتبر Journal of Applied Physics منتشر شده است؛ مجله ای تخصصی که تحت نظارت انتشارات انستیتو فیزیک آمریکا (AIP Publishing) فعالیت می کند.