

ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГЕОМЕТРИЧНИХ, ФУНКЦІОНАЛЬНИХ І РЕОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

Денис Русланович Козельський

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7950-0492>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Анна Романівна Козельська

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5789-0195>

Фаховий коледж ракетно-космічного машинобудування Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, Дніпро

Василь Юхимович Шевцов

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3617-940X>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

В існуючих на сьогодні теоретичних моделях і в інженерних методиках розрахунків конструкцій на міцність значення руйнівних напружень вважається сталою величиною незалежно від геометричних, функціональних та реологічних факторів. Виключенням є лише напруження місцевої чи загальної стійкості, критичне значення яких суттєво залежить від координатних співвідношень розмірів конструкції, що працює на стійкість.

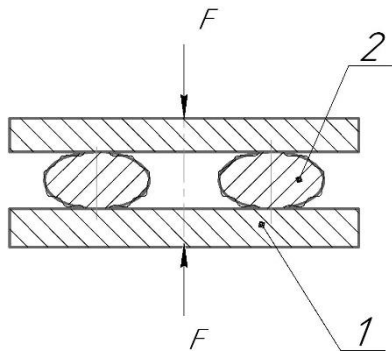


Рисунок 1

При проведенні експериментів на герметичність фланцевих з'єднань із ущільнюючими прокладками з "м'якого" алюмінію був зафіксований ефект зростання значень напружень текучості при наближенні товщини прокладок до розміру їх кристалічних зерен. Профіль течії матеріалу прокладки 2 (рис. 1) під дією F на фланці 1 був

подібним до профілю течії рідини, але на ньому можна було побачити в мініатюрі поверхню, що нагадувала поверхню “еластичного мішка наповненого картоплею”. Подібний профіль поверхні є свідченням течії неоднорідного двофазового середовища, що складається з кристалів і несформованої суміші матеріалу прокладки з різноматеріальними включеннями й різного роду дефектами його суцільності.

В зазначених дослідях використовують прокладки товщиною від 4 мм до 1 мм. При цьому межа текучості змінювалась від приведеної в довідниках до значень, що більше ніж втричі перевищувала початкові значення при зменшенні товщини прокладки до 1 мм, або майже до розмірів кристалічних зерен матеріалу конструкції. Звичайно, на характер течії та на зусилля деформації впливало тертя між прокладкою і фланцями, але, зважаючи на характер геометрії профілю течії та на зростання напружень деформації, необхідно зробити висновок про те, що для конструкцій, розміри яких наближаються до розмірів мікрозерен їх матеріалу, необхідно враховувати зміну механічних властивостей, в тому числі й в розрахунках на міцність.

Найбільш небезпечними факторами для втрати функціональності конструкцій являються непрогнозовані за наслідками зміни фізико-механічних характеристик конструкційних матеріалів. Дані фактори можна розділити на дві групи: на ті, що відбуваються при функціонуванні конструкції в процесі експлуатації під дією зовнішніх і функціональних навантажень, і ті, що є наслідками змін характеристик в часі і які називаються реологічними.

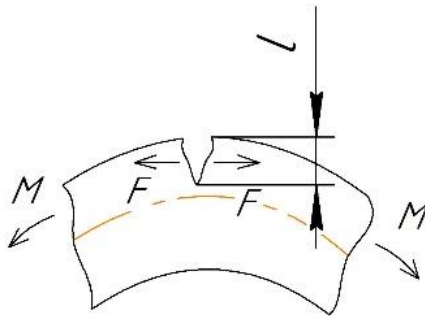


Рисунок 2

Серед факторів першої групи на надійність аерокосмічної техніки найбільше впливають знакозмінні навантаження, що викликають ефект «втомлюваності». Швидке падіння величини тимчасової міцності зі зростанням кількості циклів навантаження обумовлено

появою мікротріщин на поверхні, що розтягується. Якщо не зупинити розростання тріщин, швидкість росту яких пропорційна місцевим моментам на тріщинах, а саме росту плеча l (рис.2), то це веде до руйнації конструкції в цілому. Для запобігання чи зменшенню впливу тріщиноутворення можна скористатись або покриттям деталі більш пластичним і пружним матеріалом, або заповненням «зародкових» поверхневих тріщин матеріалом із «змочувальним» ефектом. Розростання тріщин також можна зупинити шляхом застосування багатопшарового виконання конструкції, межа між шарами якого буде перепороною для розростання тріщин. При лікуванні тріщин шляхом їх заповнення спорідненим матеріалом, умовою успішного лікування має бути «прибирання» адгезійної плівки з поверхні тріщин, що лікуємо. Найбільш ефективною технологією для того, щоб позбавитись адгезійної плівки, є «лікування» в вакуумованому просторі.

Наступним за важливістю і непрогнозованістю фактором є зміни в структурі конструкційного матеріалу з часом. За кімнатної температури експлуатації в матеріалі конструкції завжди присутня нерівноважна концентрація «дислокацій» і «вакансій», що утворились при високій температурі. Завдяки процесу їх дифузії і «конденсації» спостерігається зміна властивостей конструкцій, що теж може мати негативні наслідки.

Посилання

1. Линник А. К. Конструювання корпусів рідинно-паливних балістичних ракет: Навчальний посібник – Дніпропетровськ: Видавництво ДНУ, 1994.
2. Ashby, Michael F., Hugh Shercliff, and David Cebon. *Materials: engineering, science, processing and design*. Butterworth-Heinemann, 2018.
3. Міцність ракетних конструкцій: Навч. посібник для машинобудівних спец. вузів // В. І. Мосаковський, А. Г. Макаренков, П. І. Нікітін та ін; За ред. В. І. Мосаковського. - Москва: Вища школа, 1990.