

УДК 620.179.14

*С.П. Нощенко, студент гр. ПК-51
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

АНАЛІЗ КЛЕПАНИХ З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЯК ОБ'ЄКТІВ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. Метою доповіді є аналіз особливостей клепаних з'єднань літальних апаратів, суттєвих для організації їх контролю вихрострумовим методом.

Ключові слова: вихрострумовий контроль, клепане з'єднання, дефект, тріщини.

ВСТУП

Більшість вузлів авіаційних конструкцій являють собою багатошарові нероз'ємні частини, які потребують використання клепаних з'єднань і є зоною концентрації напружень. Тому кожне з'єднання потребує індивідуальної технічної оцінки для загальної безпеки конструкції літака. Найбільш раціональним видом неруйнівного контролю для таких об'єктів контролю (ОК), за часом та якістю є вихрострумовий. Суттєвою особливістю цього методу є можливість виявлення дефектів втоми та корозійного ураження внутрішніх шарів багатошарових конструкцій. Значною перевагою також є те, що методи вихрострумового контролю не потребують попереднього демонтажу елементів кріплення, а безпосередньо застосовуються під час загальної перевірки вузлів літака.[1,2]

ОГЛЯД РІЗНИХ ВИДІВ ОБШИВКИ ЛІТАКА ТА ЇХ З'ЄДНАННЯ

Обшивка – це оболонка, яка утворює зовнішню поверхню корпусу і оперення літального апарату, служить для надання йому обтічної форми. Від якості поверхні обшивки певною мірою залежать аеродинамічні характеристики планера літака. Обшивка сучасних літальних апаратів виготовляється з окремих листів або панелей з алюмінієвих сплавів (а також неіржавіючої сталі та титану), відформованих по поверхні фюзеляжу або крил. Незнімні листи або панелі кріпляться до каркасу найчастіше потайною клепою, знімні - гвинтами з голівкою «впотай». З'єднання листів обшивки проводиться встик. Для обшивальних фюзеляжів, також вживають крупномонолітні оребрені панелі. Обшивка крила в залежності від типу конструкції може бути тонкою, підкріпленою стрингерним набором, або товстою, виконаною з монолітної пресованої або фрезерованої панелі. Простір між обшивкою заповнюється спеціальними сотами з фольги, пінопласта, спеціальною гофрою та ін. Обшивка крила повинна бути жорсткою і зберігати задану форму. Утворення складок на обшивці веде до значного збільшення аеродинамічного опору. Під дією згинального моменту верхня обшивка крила навантажена циклічними стискаючими зусиллями, а нижня – розтягуючими. Тому для верхніх панелей зазвичай використовуються високоміцні матеріали, які добре працюють на стискання. Для нижньої розтягнутої обшивки використовують матеріали, що мають високі втомні характеристики. Для надзвукових літаків матеріал обшивки вибирається також з урахуванням нагрівання в польоті - теплостійкі алюмінієві сплави, титан, або сталь або звичайні алюмінієві сплави.

Обшивка фюзеляжу обирається в залежності від діючого навантаження. Верхня зона обшивки сприймає розтягуючі зусилля всією площею обшивки і стрингерів, а нижня зона - стискаючі навантаження тільки частиною обшивки, що приєднана до стрингерів. У герметичному фюзеляжі товщина обшивки вибирається з урахуванням внутрішнього надлишкового тиску. Для підвищення живучості конструкції фюзеляжу на обшивці часто застосовуються стрічки-стопери для зупинки поширення тріщин.

З'єднання елементів каркасу і обшивки. Можливі три способи з'єднання обшивки з каркасом:

- обшивка кріпиться тільки до стрингерів,
- обшивка кріпиться і до стрингерів, і до шпангоута,
- обшивка кріпиться тільки до шпангоута.

У першому випадку утворюються тільки поздовжні заклепувальні шви, а поперечні шви відсутні, що покращує аеродинаміку фюзеляжу. Незакріплена на шпангоутах обшивка втрачає стійкість за менших навантажень, що призводить до збільшення маси конструкції. Щоб уникнути цього часто обшивку пов'язують зі шпангоутом додатковою накладкою - компенсатором. Третій спосіб кріплення використовується тільки в обшивальних фюзеляжах. Крило з багатошаровою обшивкою може виявитися легше крила з одношарової обшивкою, підкріпленою стрингерами. Якість поверхні з багатошаровою обшивкою є вищою через відсутність клепаних швів. Багатошарова обшивка має хороші теплоізоляційні властивостями, що робить вигідним її застосування на схильних до великого аеродинамічного нагрівання крилах надзвукових літаків, внутрішні об'єми яких заповнені паливом. Але багатошарова обшивка має і суттєві недоліки: технологія виготовлення багатошарової обшивки складна; складний контроль якості заклепаних з'єднань; значна трудомісткість ремонту обшивки; технологічні складності забезпечення стиків частин багатошарової обшивки і стику її з елементами силового набору крила.

ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИСТІВ ОБШИВКИ ТА ДЕФЕКТІВ В НИХ

Характеристика листів обшивки. Металева обшивка літаків найчастіше виконується з листів. Товщина її змінюється в діапазоні від 0,5 мм в мало навантажених місцях, до 4 ... 6 мм і навіть більше в сильно механічно навантажених місцях. Найбільшого поширення в сучасному літакобудуванні отримала обшивка з високоміцних алюмінієвих сплавів. На літаках, що літають на великих надзвукових швидкостях, застосовується обшивка з жароміцних сталей і титанових сплавів, що не втрачає своїх механічних властивостей за підвищених температур в умовах аеродинамічного розігріву конструкції. Найчастіше для обшивки використовують сплави В95, В93, Д16Т. Спеціально для заклепок розроблений сплав В94, що володіє хорошою розклепуваністю в штучно зістареному стані і опором зрізу в розклепуваному стані. Всі ці матеріали мають питому електропровідність орієнтовно $\sigma = 3.5 \cdot 10^7$ См/м.

Ознака наявності дефекту клепаних з'єднань елементів обшивки. Під впливом акустичних і вібраційних навантажень на обшивці крила, фюзеляжу

можуть з'являтися тріщини і випадати заклепки. Особливо ретельно перевіряють стан обшивки каналу всмоктування повітря, де може відбуватися обрив заклепок, які у випадку потрапляння в двигун можуть викликати вибоїни на лопатках компресора. Основною ознакою ослаблення заклепок є відшаровування лакофарбного покриття навколо головки, згин назовні країв потайної головки та появи навколо неї темних слідів. Ослаблені заклепки підтягуються, а якщо такої можливості немає, то вони видаляються, а замість них встановлюються заклепки більшого діаметра.

ОГЛЯД СПОСОБІВ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ ЗОНИ ЗАКЛЕПОК

Статичний спосіб. Для реалізації процесу контролю використовуються вихрострумові перетворювачі (ВСП) кільцевого типу. Конструкція таких ВСП представлена на рис.1 і складається з двох послідовно з'єднаних генераторних катушок 3, та двох диференційно підключених вимірювальних катушок 2. Однією з особливостей є наявність отвору 4 в корпусі ВСП, який відповідає діаметру заклепки 5, що з'єднує багатошарову конструкцію 1. Такий ВСП здатний виявляти тріщини довжиною 5 мм в другому шарі конструкції з алюмінієвого сплаву товщина першого шару якого становить 1,8 мм, в зоні заклепки діаметр головки якої дорівнює 8 мм.

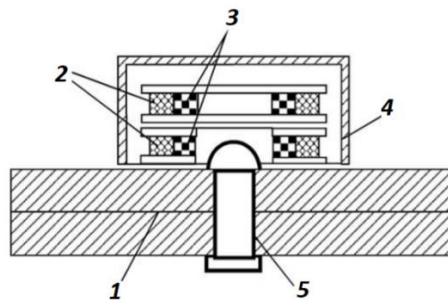


Рисунок 1. Система “ВСП кільцевого типу — клепане з’єднання.”

Ковзаючий спосіб. При використанні ВСП такого типу його переміщують вздовж ряду заклепок, які знаходяться на одній осі та мають однаковий діаметр головки. ВСП на рис.2 складається з однієї центральної котушки збудження 4 та

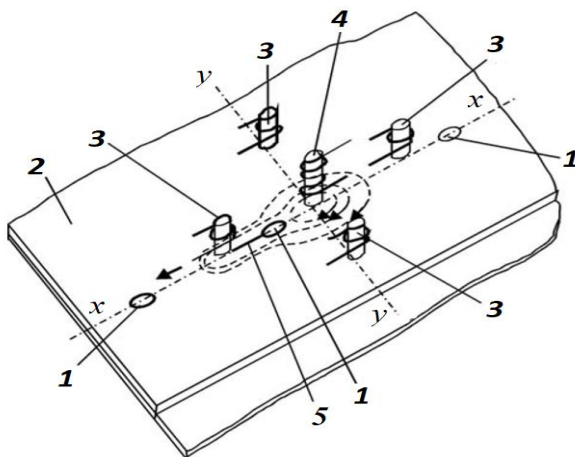


Рисунок 2. Взаємне розташування ОК та ВСП ковзаючого типу

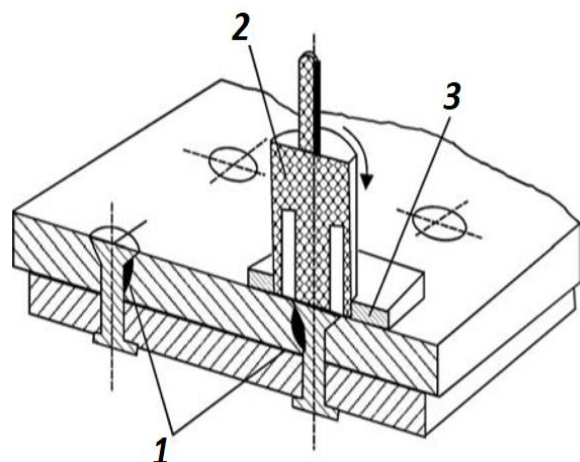


Рисунок 3. Взаємне розташування ОК та ВСП обертаючого типу

чотирьох вимірювальних 3, розташованих симетрично та підключених послідовно. ВСП встановлюють на багатошаровий вузол 2 з рядом заклепок 1. Сканування проводиться по осі x-x, яка з'єднує центри заклепок. За наявності дефекту типу тріщини 5, відбувається перерозподіл вихрових струмів в дефектній ділянці ОК, що дозволяє вирізнити цю ділянку.

Обертаючий спосіб. Найвищою чутливістю при контролю зони заклепки мають ВСП, що обертаються навколо заклепки. Згадані вище ВСП давали змогу виявляти тріщини, які виходять за границі головки заклепки. Розміри таких тріщин вже можуть бути критичними. На основі мультидиференційних низькочастотних ВСП стало можливим виявлення тріщин, які не виходять за межі головки заклепки. Методика налаштування вихрострумових дефектоскопів передбачає використання особливих конструкцій ВСП, які забезпечують високий рівень небаланса і установку його співвісно з заклепкою. На рис.3 ВСП 2 встановлюють співвісно з заклепкою за допомогою спеціальної діелектричної підставки 3, спостерігаючи за зміною сигналу при обертанні ВСП. В результаті обертання над бездефектною ділянкою баланс не порушується. За наявності дефекта 1 баланс порушується. Для реалізації цього методу достатньо обертання ВСП відносно ОК на 90° в обидві сторони.

ВИСНОВОК

Під час експлуатації в клепаних з'єднаннях виникають тріщини. Для виявлення дефектів такого типу раціональним є використання вихрострумового методу неруйнівного контролю з ВСП обертаючого типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] В.М. Учанін Накладні вихрострумові перетворювачі подвійного диференціювання. – Львів:СПОЛОМ, 2013. –268 с.
- [2] Вікіпедія – вільна енциклопедія [Електронний ресурс].– https://ru.wikipedia.org/wiki/Обшивка_летательного_аппарата.
- [3] Куц Ю.В. Проектування засобів електромагнітного неруйнівного контролю / Куц Ю.В., Протасов А.Г., Лисенко Ю.Ю.// І науково-технічна конференція “НК в контексті асоційованого членства України в ЄС”, 2017 р., м. Люблін, Польща. – с. 43-48.

Науковий керівник, проф. каф. ПСНК Куц Ю. В.