

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Гладьо Сергія Володимировича

“Оцінка впливу дорнування отворів на довговічність елементів крила
транспортного літака”,

представлену на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук,

01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла

Актуальність роботи. Проблема втоми матеріалів і конструкцій набула особливого значення внаслідок швидкого розвитку багатьох галузей промисловості, таких як авіа-, автомобіле- та машинобудування. Вимоги безпечної експлуатації конструкцій мають особливе значення за циклічного навантаження і високих напружень.

Аналіз літературних джерел показав, що в ряді випадків існуючі технологічні методи обробки є ефективним засобом підвищення втомної довговічності конструктивних елементів з одиничними отворами. Більшість з методів полягає в обробці елементів конструкції в зоні отворів шляхом пластичного деформування шару матеріалу.

Робота Гладьо С.В. виконувалася відповідно з планами держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і одного додатку.

У вступі автором обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та основні задачі дослідження, визначено наукову новизну та зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Також, у вступі наведено особистий внесок здобувача та дані про апробацію отриманих результатів.

У першому розділі проаналізовано літературні джерела за тематикою роботи. Зокрема методи поверхневого пластичного зміцнення шару матеріалу та його вплив

на параметри циклічної тріщиностійкості. Розглянуто основні місця ймовірного втомного руйнування силових елементів конструкції крила транспортного літака. На підставі огляду літературних джерел сформульовано основні напрямки досліджень.

В другому розділі дисертаційної роботи описано розроблені методики досліджень. Випробування втомуою проводили на сервогідравлічній машині типу СТМ-100, керованій за допомогою ПК. Досліджували алюмінієвий сплав Д16чТ за сталоамплітудного циклічного одновісного розтягу. Веслоподібні зразки з центральним отвором для випробувань втомуою виготовляли з прокатних листів алюмінієвого сплаву Д16чТ товщиною 6 мм.

Для поверхневого пластичного деформування циліндричної поверхні отворів використовувалося квазістатичне дорнування. Для квазістатичного дорнування зразків використовували прес РУЕ-100.

Довговічністю до зародження втомної макротріщини вважали таку кількість циклів, коли на поверхні зразка з'явиться видима тріщина довжиною 0,25 мм. За зародженням та поширенням втомних тріщин спостерігали використовуючи дві системи змонтовані на базі промислової телевізійної установки ПТУ-44.

Мікрогеометрію поверхні руйнування було досліджено на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106И.

Для дослідження НДС в околі функціонального отвору під час і після дорнування з різним відносним натягом була створена скінченно-елементна модель чверті досліджуваного плоского зразка з центральним отвором.

В третьому розділі оцінювали вплив параметрів дорнування та діаметру отворів на довговічність до зародження та швидкість поширення поверхневих втомних тріщин. Виявлено, що довговічність до зародження втомної тріщини від отворів у зразках підвищується із збільшенням відносного натягу дорнування. Отримано основні залежності довговічності до зародження, видимої на кромці отвору, втомної макротріщини довжиною $\approx 0,25$ мм та кількості циклів до зруйнування зразка від натягу дорнування для отворів діаметром 8 мм та 10 мм.

Проаналізовано поверхню втомного руйнування зразків з дорнованими і не дорнованими отворами. Виявлено, що форма фронту і траєкторія поширення

втомної тріщини в дорнованих і не дорнованих зразках з отворами відрізняється.

Фронт втомної тріщини в зразках з отворами після механічної обробки наближений до півеліптичного. Тріщина зароджується переважно в середині (по товщині) ділянці отвору і поширюється в тіло зразка. Фронт тріщини набуває півеліптичної форми.

В дорнованих зразках тріщина виникає на кромці отвору, переважно з боку входу дорна в отвір, і поширюється в тіло зразка. Фронт тріщини на першому етапі набуває чвертьеліптичної форми, а в подальшому стає півеліптичним. Треба зазначити, що втомна тріщина в зразках з дорнованими отворами спочатку не виходить на тильну поверхню в околі отвору, а проростає до протилежної стінки зразка на відстані 1-2 мм від отвору. При цьому залишається тонка незруйнована смужка вздовж отвору, товщиною 1-2 мм. Такий ефект виникає внаслідок дії залишкових стискувальних напружень в околі отвору дорнованих зразків.

В четвертому розділі описано результати розрахунку методом скінчених елементів локальних напружень в околі функціональних отворів діаметром 8 мм і 10 мм без дорнування за натягу дорнування 1%, 2%, 3% за одновісного циклічного розтягу.

Побудовано розподіл розмаху максимальних σ_{yy}^{max} та мінімальних σ_{yy}^{min} напружень в околі функціонального отвору діаметром 8 мм та 10 мм для 2 півциклу навантаження на поверхні отвору з боку входу дорна.

Побудовано криві втоми алюмінієвих пластин зі зміцненими отворами від максимальних локальних напружень σ_{yy}^{max} та від розмаху локальних напружень $\Delta\sigma_{yy}$.

Виявлено, що довговічність пластин до зародження втомної тріщини довжиною 0,25 мм від отвору діаметром 8 мм та 10 мм за натягу дорнування $i = 1\%$ підвищується у 1,5-3 разів проти недорнованих пластин з отворами. Аналогічна залежність спостерігається для дорнування з натягом $i = 2\%$. З подальшим підвищенням натягу дорнування (до $i = 3\%$) довговічність до зародження втомної тріщини підвищується у 7-10 разів проти недорнованих пластин з отворами.

З аналізу змісту дисертації можна зробити висновок, що сформульовані автором на основі проведених розробок наукові положення достатньо обґрунтовані,

наведено теоретичне узагальнення і вирішення наукової задачі, що полягає у підвищенні втомної довговічності силових конструктивних елементів крила транспортного літака з функціональними отворами за рахунок створення залишкових напружень стиску в поверхневих шарах матеріалу в околі отвору.

Практична цінність роботи полягає у розробці практичних рекомендацій з вдосконалення технології зміцнення пластичним деформуванням функціональних отворів силових конструктивних елементів крила транспортного літака. Результати дисертаційної роботи, в частині методики прогнозування періоду зародження втомної тріщини та повного руйнування з урахуванням залишкових стискаючих напружень після поверхневого пластичного зміцнення за сталоамплітудного навантаження, використовуються лабораторією випробувань на міцність АНТК ім. О.К. Антонова при розрахунках живучості силових конструктивних елементів крила транспортного літака з функціональними отворами, а також при визначенні характеристик циклічної тріщиностійкості алюмінієвих сплавів.

Достовірність одержаних в дисертації результатів і висновків забезпечується строгістю та послідовністю постановки задачі дослідження, коректністю застосовуваних методів механіки деформівного твердого тіла; використанням сучасних методик експериментальних досліджень з автоматизованою обробкою отриманих результатів; задовільним узгодженням експериментальних умов випробувань з експлуатаційними напрацюваннями.

Основні результати дисертації повною мірою відображені в 13 опублікованих наукових роботах, 6 з яких у фахових виданнях з переліку МОН України. Особистий внесок здобувача у спільних публікаціях відображено в дисертації і авторефераті. Основні наукові результати, які викладені в спільних публікаціях, отримані дисертантом самостійно. Матеріали дисертації достатньо апробовані і доповідались автором на наукових конференціях та семінарах як всеукраїнського так і міжнародного рівня.

Дисертаційна робота та автореферат оформлені відповідно до вимог МОН України. Виклад матеріалу дисертації супроводжується всіма необхідними посиланнями в тексті роботи на першоджерела та запозичення з праць інших

дослідників. Зміст автореферату правильно достатньо повно відображає основний зміст дисертації.

Зауваження:

1. У науковій новизні доцільно було б писати не «виявлено вплив натягу дорнування», а «досліджено вплив натягу дорнування», адже встановлено не якісні, а кількісні показники.
2. Методику розрахунку МСЕ розмаху локальних напружень в околі функціонального отвору варто було б подати не в науковій новизні, а в практичній цінності.
3. В підрозділі про особистий внесок здобувача у дисертації та авторефераті потрібно було б прив'язати усі пункти до відповідних публікацій.
4. На ст. 36 таблиця переходить на ст. 37, але не зазначено «продовження таблиці»
5. У дисертації значна кількість рисунків розірвані (початок на одній сторінці, закінчення на іншій), що ускладнює їх аналіз та інтерпретацію.
6. Часто у обговоренні результатів трапляється словосполучення на зразок «... на рисунку видно...», доцільно було б писати «дослідження показали...» з наступним посиланням на рисунок.
7. Висновки за розділом 3 доцільно скоротити.
8. Залежності у розділі 4 (рис. 4.11-4,14) встановлено за 2-3 точками, що викликає запитання про рівень їх математичної адекватності. Незрозуміло, чи точки на кривих є математично усередненими результатами кількох експериментів, чи кожна відповідає одному випробовуванню.
9. Список літератури повинен починатися із власних публікацій, оскільки їх потрібно перераховувати у вступі.

Однак, наведені зауваження носять рекомендаційний характер і не ставлять під сумнів значимість головних положень роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Висновок

Дисертація Гладь С.В. є завершеною кваліфікаційною науково-дослідною роботою, в якій вирішено актуальну науково-практичну задачу, що полягає в виявленні основних закономірностей впливу дорнування отворів на довговічність елементів крила транспортного літака і розробці практичних рекомендацій з вдосконалення технології зміцнення отворів пластичним деформуванням. Основні положення, що викладені у дисертації досить повно відображені у її авторефераті.

За науковим рівнем і новизною робота відповідає спеціальності 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла, а також вимогам пунктів 11, 12 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" МОН України до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а Гладь Сергій Володимирович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри хімії,
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу
МОН України,

Л.Я. Побережний