

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен „Доктор”

Област на висшето образование – Технически науки

Професионално направление – Машинно инженерство

Специалност – Технология на машиностроенето

Тема: Технологични възможности на нов инструмент за повърхностно пластично деформиране на малки отвори.

Автор: маг. инж. Добри Иванов Петков

Рецензент: проф. д-р Михаил Колев Кършаков

1. Актуалност на дисертационния труд.

Довършващото механично обработване чрез повърхностно пластично деформиране (ППД) обхваща изключително широк клас от методи, които се различават според: начина на деформиране; схемата на контактуване на деформиращото тяло с повърхността на детайла; условията на триенето в контакта; формата на работните части на деформиращото тяло; връзката на деформиращото тяло с източника на движение; начина на предаване на енергията към инструмента. Тези методи непрекъснато се развиват и обогатяват, както се вижда от научните изследвания и публикации през годините. Значителният интерес в тази научно-приложна област се подклажда от изключителната ефективност на това обработване. Неговата актуалност се определя и от възможностите, които предлагат съвременните техника и технологии.

Авторът на дисертационния труд е насочил своето внимание към проблем, който е свързан със сигурността на авиационната техника и, по-конкретно, с надеждността на детайлите и възлите, изграждащи въздушните транспортни средства. Известно е, че те са подложени на циклично натоварване с различна интензивност, дължащо се на неизбежните вибрации, възникващи по редица причини. Това налага да притежават висока якост на умора, която се постига както с избора на материал, така и с прилагане на подходящ метод за довършващо обработване на повърхнините, тъй като разрушаването от умора започва от тях.

Положително влияние върху якостта на умора оказват уякчаването, остатъчните напрежения на натиск в повърхностните слоеве, по-малката височина на грапавините и по-големите радиуси на профила им. ППД притежава предимството да осигурява целия комплекс от геометрични и

физико-механични характеристики на качеството при висока производителност. Последното е от съществено значение като се има предвид огромния брой скрепителни отвори в самолетните детайли и необходимостта от постигане на стабилност на качеството за всеки от тях. Малкият диаметър на отворите е сериозен проблем за прилагането на ППД, тъй като силно стеснява областта на възможните технически решения за избор на метод и инструмент за реализирането му. Освен това е необходимо да се докаже, че с него се постигат благоприятни характеристики на качеството на повърхнините, гарантиращи достатъчно висока якост на умора.

В настоящия дисертационен труд успешно се решават тези проблеми и се създават възможности за практическо прилагане на високопроизводително обработване на скрепителните отвори с помощта на комбиниран инструмент, реализиращ рязане и ППД.

Като цяло намирам дисертацията за актуална и с конкретни научно-приложни и приложни постижения.

2. Степен на познаване състоянието на проблема.

Анализът на състоянието на проблема се базира на литературно проучване на 104 източника, от които 50 на кирилица. От последните само 5 датират след 2000 година. Прави впечатление, че от тези, които са на латиница, с няколко изключения, всички са след 2000 г. като почти половината от тях са след 2010 г. Това говори, че съществува определен интерес към разглежданите в дисертацията проблеми и авторът ѝ познава съвременните достижения в тази област.

В литературното проучване са разгледани основните фактори и условия, характеризиращи обработването чрез ППД, постиженията и възможностите за осигуряване на високо качество на обработените повърхнини с различни размери и форма при ниска себестойност на обработването. От литературните източници на кирилица се вижда, че докторантът познава развитието на метода в исторически аспект и постиженията на български автори. Специално внимание е обърнато на възможните методи и инструменти за обработване на отвори с малки диаметри и е констатирано, че не са намерени изследвания на състоянието на повърхнините им при високо-яки алуминиеви сплави и ротационно ППД, реализирано в условия на плъзгане.

Тези празноти са дали основание за правилно формулиране на целта и задачите на дисертационния труд.

3. Методика на изследване.

Като се има предвид сложността на зависимостите на характеристиките на качеството на повърхнините и повърхностния слой метал от вида на деформиращите елементи, начина на триенето им и режимните параметри на процеса ППД докторантът е постъпил методически правилно като е избрал експериментално-аналитичен подход за изследване. Изследванията са насочени към избор на методика, подготовка на инструментална екипировка, режими, регистриране и анализ на резултатите от проведените опити.

Измерванията са осъществени със съвременни технически средства с подходяща за конкретните условия точност.

За постигане целите на експерименталните изследвания са използвани елементи от материалознанието, приложената математическа статистика, планиране на експеримента, дисперсионен и регресивен анализ. Извършено е моделиране, свързано с уместно използване на метода на крайните елементи.

Определено считам, че изборът на методи за експериментално и аналитично изследване е обоснован компетентно, дава възможност да се постигне целта на дисертационния труд и гарантира достоверност на получените резултати.

4. Кратка характеристика на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Дисертационният труд съдържа увод, списък на използваните означения, четири глави, класификация на приносите, публикации по дисертацията, списък на литературните източници – общо 104 страници. В труда са използвани 52 фигури, 11 таблици и е добавено едно приложение. В първа глава е представен литературният обзор по темата, съдържанието на който е коментирано в т.2 на настоящата рецензия.

Втора глава е посветена на експериментално изследване на процеса ППД на малки отвори (диаметър от 4 до 12 mm), изработени във високо-яка алуминиева сплав 2024-T3. Обект на изследване са технологичните възможности на инструмент за ППД, работещ чрез ротационно главно движение, при което деформиращите му елементи контактуват с повърхнината на отвора в условия на триене при плъзгане в окръжно и осово направления. Това е разновидност на процеса дорноване и представлява новост в практиката на довършващото обработване на отвори чрез ППД.

За установяване на характера на влияние и определяне на диапазоните на изменение на управляващите режимни параметри са проведени предварителни еднофакторни експерименти, при които са отчитани стойностите на параметрите на грапавостта и на силовите фактори. Получената информация е използвана за избор на управляващи фактори и композиционен план на експеримент, в който изходен параметър е този на грапавостта, имаща пряко отношение към якостта на умора на детайлите. Избран е подходящ регресионен модел и са извършени коректно регресионен и статистически анализи на модела, като е доказана неговата адекватност.

В резултат от проведените опити са получени оптимални, по отношение на грапавост и силови параметри, елементи на режима на ППД и с тях е обработена партида детайли. Регистрирано е разсейване на грапавостта в сравнително тесни граници, което потвърждава правилността на направените анализи и предположения, извършени при предпланирането и практическата приложимост на предлаганите схема и инструмент за ППД.

В трета глава са изследвани остатъчните напрежения, възникващи в стените на скрепителните отвори в резултат от деформационното въздействие на инструмента за ППД. Въз основа на кратко и критично разглеждане на

известните методи за определяне на остатъчни напрежения обосновано е избран крайно-елементен подход, който позволява да се получи информация както за окръжните, така и за осовите и радиалните остатъчни напрежения. Симулиран е процес на ППД на отвор с диаметър 8 mm с инструмент, съдържащ 4 деформиращи профили (стени). За целта е разработен 3D модел, включващ заготовката и инструмента. Моделирано е и еласто-пластичното състояние на заготовката като е дефинирано нелинейно кинематично уякчаване на материала. При натоварване, съответстващо на стегнатост 0,05 mm са определени големината, знакът и разпределението на напреженията в окръжно, радиално и осово направления.

Получените резултати дават основание да се заключи, че с предлаганите схема и инструмент за ППД се формират благоприятни натискови остатъчни напрежения в повърхностните слоеве на отворите. Разпределението и в трите направления е аналогично на това при прилагане на метода дорноване, който, в конкретния случай, е неприложим от технико-икономически съображения.

Въз основа на представения в трета глава материал считам, че изследването е извършено методически правилно и крайните резултати са достоверни.

В четвърта глава е направен сравнителен анализ на уморната дълготрайност на специално подготвени образци от изследваната алуминиева сплав, чиито централни отвори са обработени чрез различни подходи, включващи както ППД с предлагания профилен инструмент, така и процеса симетрично студено разширение (ССР), патентован като метод в научно-преподавателския колектив, в който е разработен настоящият дисертационен труд. Приложен е пулсиращ цикъл на натоварване по опънова схема с честота 10 херца и нулева минимална сила. Максималната сила е избрана с оглед еквивалентното напрежение в повърхността на отвора да достига границата на провлачване на материала.

Получените резултати са илюстрирани прегледно и са коментирани аналитично. От тях става ясно, че максимална якост на умора имат образците, при които, в последователността от процеси за обработване на един отвор, е включен процеса ССР или негова модификация, но, поради относителната сложност на приложението им, те се неприемливи в настоящия случай. Резултатите от обработването само чрез рязане и ППД дават основание предлаганите подход и комбиниран инструмент да бъдат внедрени в практиката.

5. Приноси на дисертационния труд.

Приносите на дисертационния труд оценявам като научно-приложни и приложни. Приемам формулировката им, предложена от автора, но считам, че те биха звучали по-ясно и убедително с направената от мен редакция, която, разбира се, не е задължителна. За класифицирането на приносите използвам следните съкращения:

ПНФ – получаване и доказване на нови факти;

СНКТ – създаване и доказване на нови конструкции и технологии.

Научно-приложни приноси:

1. Създаден е нов профилен инструмент за уякчаващо обработване на малки отвори във високо-яки алуминиеви сплави чрез повърхностно пластично деформиране (ППД), предназначен за аероиндустрията като е изследвана и доказана неговата работоспособност.(СНКТ)

2. Получен е регресионен модел на зависимостта на грапавостта от режимните параметри при обработване на скрепителни отвори във високо-яка алуминиева сплав 2024-T3 чрез ППД в условия на плъзгане при ротция и трансляция.(ПНФ)

3. Разработен е крайно-елементен модел за симулиране поведението на инструмента и състоянието на заготовката при реализиране на процеса ППД с профилен инструмент, работещ в условия на триене при плъзгане.(ПНФ)

4. Установени са разпределението и големината на въведените полезни, натискови остатъчни напрежения в окръжно направление в повърхностните слоеве на скрепителни отвори във високо-яка алуминиева сплав 2024-T3, обработени чрез ППД с профилен инструмент.(ПНФ)

5. Доказано е експериментално, че обработването на малки отвори във високо-яки алуминиеви сплави чрез ППД с профилен инструмент увеличава якостта на умора на изследваните образци (съгласно ASTM E466-07), най-малко с 26%.(ПНФ)

Приложни приноси:

6. Проектирани, изработени и изпитани са гама профилни инструменти за ППД на малки отвори с различен брой на деформиращите стени(елементи).(СНКТ)

7. Намерени са оптимални технологични параметри на процеса ППД на малки отвори във високо-яка алуминиева сплав 2024-T3 чрез профилен инструмент.(СНКТ)

8. Създаден е комбиниран инструмент за еднопроходно обработване на малки скрепителни отвори във високо-яки алуминиеви сплави, съчетаващ процесите свредловане, райбероване и ППД.(СНКТ)

6. Публикации по дисертационния труд.

По дисертационния труд са представени 5 публикации, от които една е самостоятелна, а останалите са в съавторство с научните ръководители на докторанта. Една от публикациите е отпечатана в научно списание, две в сборници на научни трудове на ТУ-Габрово и Югозападен университет – Благоевград и две са докладвани на Национална научна конференция – Варна. В публикациите са отразени основни моменти от дисертационната работа – цитирания не са представени.

7. Авторство на получените резултати.

Не са ми известни никакви обстоятелства, които да предизвикват съмнения в авторството на дисертационния труд. Познавайки възможностите и

работите на научния колектив, спомогнал да се роди и развие идеята на настоящата разработка приемам, че личното участие на докторанта в нея е несъмнено и достатъчно.

8. Забележки и препоръки по дисертационния труд.

Те са следните:

1. Съответствието на съдържанието с целта на дисертационния труд би било по-пълно, ако последната претърпи следната редакция: "Да се създаде и приложи инструмент за ППД на малки скрепителни отвори във високо-яка алуминиева сплав 2024-T3 и да се изследват технологичните му възможности за подобряване характеристиките на качеството и експлоатационните свойства на обработените повърхнини".

2. Обикновено е прието критичните бележки, възникнали в хода на литературния обзор да бъдат формулирани като изводи, което в този случай не е направено.

3. На стр.35 е посочено, че точната геометрия на профила на напречното сечение на секцията за ППД е показана на фиг.2.1, но там фигурират само някои буквени параметри, които не са достатъчни да се получи контура на К – профила. Ако тези данни представляват интелектуална собственост това би трябвало да се отбележи в текста, тъй като те отсъстват и на чертежа на комбинирания инструмент.

4. Необходимо е по-категорично да се изясни в какви граници трябва да бъде грапавостта на повърхнините на скрепителните отвори, постигната в резултат от ППД – такава, която осигурява максимална якост на умора в конкретния случай или тази, посочена като техническо изискване от конструктора.

5. От принципната схема за измерване на силовите параметри на процеса ППД на фиг.2.6 не става ясно как се отчита въртящия момент.

6. Ограничаването на максималната стойност на стегнатостта от съображения за непревъртане на присъединителната част на профилния инструмент за ППД не звучи убедително и обезсмисля квадратното сечение в края ѝ – тук съображенията могат да бъдат якостни и технологични.

7. Получените от предварителните експерименти регресионни зависимости на осовата сила, въртящия момент и грапавостта от изследваните параметри за управление на процеса ППД видимо са криволинейни, при което, в интерес на коректността, е необходимо плавният им характер в графично изпълнение да се обоснове, че е направен регресионен анализ и са определени доверителните интервали на разсейване на резултатите при определен брой повторения на опитите във всяка точка.

8. Необходимо е да се обясни защо в крайно-елементния модел за симулиране на процеса ППД е заложен профилен инструмент с 4 стени, а не 5, както е обосновано от планирания експеримент и дали това ще се отрази на получените резултати. Освен това не е изяснено как стегнатостта се

преобразува в дискретна сила на притискане на стените към повърхнината на отвора.

9. За по-голяма убедителност на коментара, че в реални условия уморната дълготрайност на образците, в резултат от ППД, ще нарастне повече от установените 26% би могло да се изпита образец при максимална стойност на цикличното натоварване, по-ниска от тази, достигаща границата на провлачване на материала, при която са изпитвани останалите образци.

10. Не би било излишно да се провери дали температурата на нагряване на повърхностните слоеве в резултат от триенето при ППД не е причина за по-малката степен на уякчаване и от там, по-ниска якост на умора в сравнение с метода симетрично студено разширение, но за това са необходими измервания.

11. За да е по-добре обосновано създаването на комбинирания инструмент би трябвало да се изследва разсейването на диаметрите на отворите след свредловане и след райбероване, тъй като последното е чувствително към прибавката за обработване и се отразява пряко върху стегнатостта при ППД.

12. Посочените на чертежа на комбинирания инструмент изисквания за радиално биене са недостатъчни и са трудно изпълними, ако той не се установява между центри, което не личи от приложената маршрутна карта за изработването му. Освен това считам прилагането ѝ за излишно, още повече, че в нея отсъстват някои от необходимите операции.

Обобщавайки искам да отбележа, че тематиката на дисертационния труд е интересна и благодатна за изследвания, което също обяснява наличието на сравнително голям брой забележки и препоръки и е повод за обсъждане с докторанта и колегите от научното звено. Това не променя становището ми, че дисертационният труд представлява завършена теоретико-експериментална разработка в областта на технологията на машиностроенето и по-конкретно, в областта на довършващото обработване на отвори чрез ППД. Винаги има какво още да се желае и направи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Считам, че представеният от маг. инж. Добри Иванов Петков дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в РБ. Предлагам на уважаемия разширен катедрен съвет, след изслушване на защитата му, да даде ход на процедура за официална защита пред научно жури.

29.03.2018 г.

Подпис:

**Заличено обстоятелство,
на основание чл.2 от ЗЗЛД**

(проф. инж. И. Кършаков)