

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен
„доктор”

Област на висше образование – Технически науки

Професионално направление – Машинно инженерство

Специалност – Технология на машиностроенето

Тема: „Технология за довършващо обработване на отвори, реализираща метода сферично дорноване”

Автор: маг. инж. Милка Григорова Атанасова

Рецензент: проф. д-н инж. Йордан Тодоров Максимов

Актуалност на разработения в дисертацията проблем

Научният труд е посветен на нова уякчаваща технология за обработване на отвори в жилаво-пластични метали посредством пластично деформиране, основана на процеса сферично дорноване, при който инструментът извършва суперпозиция от движение с една неподвижна точка (сферично движение, което е дало и името на метода) и праволинейна трансляция в координатната система на заготовката. Технологията се реализира върху конвенционални машини с несложна инструментална екипировка, което я прави лесна за внедряване. Обработената повърхнина има всички предимства на довършващото обработване посредством повърхностно пластично деформиране, а като допълнение полезните остатъчни окръжни нормални напрежения са разположени в по-голяма дълбочина в сравнение с който и да е метод на ППД. Причината е в непрекъснатия контакт в напречно сечение между инструмента и повърхнината на отвора, осигуряващ значителна стойност на окръжната линейна деформация в точките от повърхността на отвора. По този начин методът сферично дорноване съчетава предимствата на повърхностното пластично деформиране с всички полезни ефекти върху обработената повърхнина и предимствата на методите за въвеждане на полезни остатъчни напрежения на голяма дълбочина около скрепителни отвори. Предвид широкото разпространение на отвори изобщо в машиностроенето, считам, че разглеждания в научния труд проблем е актуален, а решението му е безспорно полезно за инженерната практика.

Познава ли дисертантът състоянието на проблема

Направените в дисертацията проучвания, обосновки, изследвания и използвани методи за анализ излизат от рамките на общоприетото за научната специалност „Технология на машиностроенето” и засягат основни постулати от механика на материалите, механика на твърдото деформируемо тяло, експериментална механика, метод на крайните елементи. В този аспект дисертацията има поли-дисциплинарен характер. Предвид последното, и съдейки по използваните литературни източници (общо 97 на брой), значителна част от

които в списания на Elsevier, смятам, че дисертантът познава задълбочено изследвания проблем.

Методика на изследване

От гледна точка на механика на твърдото деформируемо тяло изследваният проблем е достатъчно сложен, за се изкуши човек да използва чисто аналитичен подход за определяне на необходимата осова сила, остатъчни напрежения и премествания. В случая три варианта могат да доведат до постигане на целта: крайно-елементарен подход в съчетание с експерименти; чисто експериментален подход; теоретико-експериментален подход. Предвид технологичната насоченост на дисертацията, напълно правилно е възприет третият подход. Аналитични изследвания са приложени към модел, в чиято основа лежи кинематика и геометрия, което от всяка гледна точка е правилно решение. Въведените в модела неизвестни величини, чиито производ е комбинация от премествания, деформации и напрежения, са определени експериментално.

Кратка характеристика на материала, върху който са формулирани приносите

Дисертационният труд съдържа въведение, списък на използвани символи и съкращения, 5 глави, класификация на приносите, публикации по дисертацията, използвана литература, общо на 140 страници. В труда са включени 81 фигури и 47 таблици.

В Глава 1 е направен анализ на процеса ППД – основни характеристики, механизъм и качество на повърхностния слой. Посредством диференциално-морфологичния метод е извършен анализ на съществуващите методи за ППД в аспект на схеми и технологични възможности и са набелязани направления за развитие на ППД. Направен е обзор на метода „сферично дорноване”: същност, кинематика, параметри на процеса, реализация върху конвенционални машини, какви изследвания са направени до момента. На тази база дисертантът правилно дефинира целта на изследването и задачите за постигането ѝ.

Глава 2 е посветена на теоретико-експериментален подход за моделиране на осовата сила и въртящия момент. От гледна точка на Теоретичната механика, движението на деформиращия елемент в неподвижна координатна система, свързана със заготовката, е суперпозиция от праволинейна трансляция и въртене около моментна ос на въртене, преминаваща през пресечната точка на осите на отвора и оста на собствено въртене на деформиращия елемент. Поради спецификата на кинематиката, във всеки един момент екваторът на деформиращия елемент има две зони. Едната, наречена „пластична”, има скорости на точките от екватора, които сключват остър ъгъл с трансляционната скорост, поради което се извършва пластична деформация на повърхността на отвора. Втората зона, наречена „еластична”, има скорости на точките от екватора, които сключват тъп ъгъл с трансляционната скорост, т.е. тези точки преминават през вече пластично деформирана област от повърхността на отвора. Това дава основание сложният деформационен процес да се представи като суперпозиция от два последователни процеса със само трансляционно движеща се деформираща сфера. С методите на Теоретичната статика са изведени формули за определяне на осовата сила и въртящия момент, в които неизвестни са специфичните съпротивления от двата „заменящи” деформационни процеса. Тези неизвестни са определени чисто експериментално. Обработени са 5 вида жилаво-пластични сплави. Изследвано е влиянието на стегнатостта, относителната височина и параметъра c_f върху технологичните съпротивления и върху осовата сила при процеса

сферично дорноване. Получени са регресионни модели и са направени съответните изводи. Накрая е изследвано влиянието на смазката и четири вида покрития върху деформиращата сфера, върху получаваната осова сила.

Глава 3 е посветена на експериментално изследване на процеса „сферично дорноване” в производствени условия и на изследване на качеството на обработената повърхнина за 5 вида жилаво-пластични сплави. Създадена е специална измервателна система, адаптирана за универсална фреза. От петте основни фактора, влияещи върху осовата сила за даден материал, а именно честота на въртене на машинното вретено (респ. преносна ъглова скорост), подаване за оборот, стегнатост (респ. максимална окръжна линейна деформация в точка от повърхността на отвора), безразмерен параметър c_r и относителна височина на отвора, са избрани първите три (последните два параметъра са присъщи и на класическото дорноване). Това е правилно решение, тъй като за сферичното дорноване е важна корелацията на технологичните параметри (честота и подаване) със стегнатостта. Изследванията са проведени на основата на планиран експеримент – избран е ротатабелен план, синтезиран чрез QstatLab. Избраните целеви функции са осова сила, получени грапавост и микротвърдост на обработената повърхнина, точност на обработените отвори. Получени са съответните регресионни модели на целевите функции. Извършена е многоцелева оптимизация с управляващи фактори технологичните параметри и стегнатостта и вектор на оптимизационния критерий, съдържащ два компонента – осова сила и получавана грапавост. Като резултат са намерени оптимални технологични параметри и стегнатост за всеки от петте вида жилаво-пластични материали, като оптималната стегнатост е намерена като функция на диаметъра на отвора. Тези оптимални параметри осигуряват минимална грапавост. След това е направена оптимизация по критерий отклонения от кръглост и максимална износоустойчивост. Последният критерий е в пряка корелация с получаваната микротвърдост на обработената повърхнин ана отвора. Накрая е изследвано влиянието на смазката (общо 5 вида смазки) върху съответните целеви функции и са направени необходимите изводи.

В Глава 4 са извършени крайно-елементни (KE) симулации на деформационния процес при сферично дорноване и са намерени остатъчните окръжни нормални напрежения и остатъчните премествания. Независимо, че е разработен 3D KE модел със симулация на сферичното движение от Максимов и Дунчева, публикуван в международното научно списание *Finite Elements in Analysis and Design* на Elsevier, в дисертационната работа е използван ососиметричен 2D KE модел. Обосновката е напълно резонна: 3D моделът със сферично движение изисква огромен ресурс от оперативна памет и компютърно време, докато 2D моделът е много по-маневрен и подходящ за теоретико-експерименталният подход за замяна на действителния деформационен процес чрез два последователни деформационни процеса, реализирани с трансляционно движещ се инструмент. Няколко са опорните точки на KE модел, които ме убеждават в неговата адекватност. Първо, използвано е нелинейно кинематично уякчаване на материала, като е въведена информация за двойки „истинско напрежение – логаритмична деформация”. Второ, между заготовката и опората, и между инструмента и отвора, е дефиниран е „master – slave” нормален контакт с възможност за отделяне и тангенциален контакт с Кулоново триене, като за целта посредством комбиниран подход е определен коефициента на триене между деформиращата сфера и заготовката. Трето, топологията е съобразена с изискванията на техниката „master – slave”. Проведен е планиран числен експеримент за определяне на

интензивностите на технологичното съпротивление, на чиято база е съставен теоретико-експерименталния модел на осовата сила. Адекватността на получените резултати за осовата сила е доказана посредством сравнение с чисто експериментални данни за измерена осова сила. Получени са крайно-елементни резултати за полето на полезните остатъчни напрежения и радиални премествания. Последните са количествена мярка за отклонение от формата в надлъжно сечение.

Последната Глава 5 е еманацията на целия труд. В тази глава са систематизирани получените резултати под формата на електронен справочник – софтуер, предназначен за технолозите от практиката, който софтуер е най-прекия път за внедряване в производството на разработената технология. В зависимост от обработвания материал, конфигурацията на заготовката с отвор (отвори) за обработване посредством сферично дорноване, номиналния диаметър и допусковото поле на отвора (отворите), автоматично се получава информация за диаметъра и допусковото поле на отвора, които трябва да бъдат осигурени преди сферичното дорноване, за полето на окръжните нормални напрежения на натиск, отклонение от цилиндричност на отвора, максимална стойност на необходимата осова сила, диаметър на екватора на деформиращия елемент. Отделните стъпки от алгоритъма за използване на електронния справочник са визуализирани в дисертацията. Накрая са показани три примера, илюстриращи ползата от разработения софтуер.

Приноси на дисертацията

Научно-приложните приноси класифицирам в следните групи:

А. Създаване на нови класификации, методи, конструкции, технологии, схеми, модели:

- Систематизиране на методите за довършващо обработване на отвори чрез ППД посредством прилагане на диференциално-морфологичния метод;
- Теоретико-експериментални модели на осовата сила на процеса „Сферично дорноване” за пет вида жилаво-пастични сплави, получени при апроксимация на реалния процес в лабораторни условия с два последователни процеса на деформиране само с трансляционно движение;
- Експериментална установка за измерване и визуализиране на осовата сила на процеса СД в реално време посредством трансфер и обработване на информацията от механична и измервателна част;
- Регресионни модели за пет вида жилаво-пастични сплави на: осовата сила на процеса „Сферично дорноване”; получената грапавост; отклоненията от кръглост на обработените отвори; степента на уякчаване по входната и изходната страна на обработените отвори; остатъчните премествания и отклонението от идеална цилиндричност на обработените отвори; интензивностите на технологичните съпротивления;
- Разработен ососиметричен крайно-елементен модел на процеса СД;
- Специализиран технологичен софтуер (Електронен справочник) за потребителите на технологията, реализираща метода СД;

Б. Получаване и доказване на нови факти:

- Оптимални технологични параметри и оптимална стегнатост на процеса СД за пет вида материали.

Приложните приноси са от категорията:

В. Приноси за внедряване на конструкции и технологии

- База данни за изменението в реално време на осовата сила на процеса СД за пет вида материали, получени при апроксимацията му с два последователни процеса на деформиране само с трансляционно движение;
- База данни за изменението на микротвърдостта след СД по челните повърхнини на заготовки от пет вида жилаво-пастични сплави;
- Избрани оптимални смазки за пет вида материали на основа на апроксимация на процеса СД в лабораторни условия с два последователни процеса на деформиране само с трансляционно движение;
- Експериментални диаграми „сигма-епсилон $\sigma - \epsilon$ ” на пет вида жилаво-пастични сплави, получени на основа на експериментален тест на едномерен опън.

Публикации по дисертацията

Основните резултати от дисертацията са публикувани, достатъчно добре разгласени и обсъдени, и напълно удовлетворяват Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Технически университет Габрово.

Посочен е списък с 6 публикации. Трудовете са отпечатани в национални списания. Една от статиите е самостоятелна.

В каква степен дисертационния труд и приносите са лично дело на дисертанта

Дисертацията е направена под вещото ръководство на научните ръководители проф. д-р Галя Дунчева и доц. д-р Иван Амуджев. Смятам, че всичко, което е трябвало да се извърши лично от докторанта, е направено.

Автореферат

Авторефератът е направен според изискванията, установени през годините и правилно отразява основните положения в дисертацията и научните приноси.

Бележки по дисертационния труд

Съществени забележки към дисертационния труд нямам. Решението на една инженерна задача има долна граница, под която не бива да се слиза, но горна граница няма. Винаги има какво да се желае.

Други въпроси

Категорично смятам, че образователната функция на докторантурата е изпълнена. Докторантът е повишил знанията си по технология на машиностроенето и е придобил нови познания по механика на материалите и метод на крайните елементи в нелинейната статика на твърдо деформируемо тяло. За това свидетелстват не само дисертационния труд и публикациите по него, но и разговорите, които съм имал с нея.

Заклучение

Разработената дисертация „Технология за довършващо обработване на отвори, реализираща метода сферично дорноване” с автор маг. инж. Милка Григорова Атанасова отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Предлагам на уважаемото научно жури да присъди на инж. Милка Григорова Атанасова образователната и научна степен „доктор” в област на висше образование „5. Технически науки”, професионално направление „5.1. Машинно инженерство”, научна специалност “Технология на машиностроенето”.

Февруари 2016
Габрово

Рецензент:

(проф. д-р инж. Й. Т. Максимов)

Заличено обстоятелство,
на основание чл.2 от ЗЗЛД