

СТАНОВИЩЕ

за дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен "доктор" в

Област на висше образование **5. Технически науки**
Професионално направление **5.1. Машинно инженерство**
Докторска програма „Металорежещи машини и системи”

Автор: маг. инж. Христо Христов Якимов

Тема: Обработване на зъбни профили върху машини с цифрово програмно управление

Член на научното жури: доц. д-р инж. Димитър Стефанов Димитров

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Известно е, че зъбните предавки са едни от основните и най-разпространени механизми в техниката. Съответно елементите на зъбните предавки и в частност на зъбните колела представляват един постоянен обект на интересите на изследователите във връзка с тяхното развитие, като видове, конструкции, приложения и технологии за изработване. Не случайно по отношение на зъбните предавки и елементи са въведени стандарти и общоприети норми. Както при всяко производство и при производството на зъбни колела предизвикателство представлява постигането на желаната ефективност на процеса на изработване за конкретната производствена програма и условия. В случая, при условие, че осигуряването на качеството е задължително условие, усилията се насочват към себестойността и производителността на производството. Последното е особено неблагоприятно при изработване на някои зъбни профили (напр. вътрешни) за условията на широкономенклатурно дребно- и средносерийно производство, което е характерно през последните десетилетия за машиностроенето в България.

Тук сериозно предимство имат и са се наложили универсалните и многофункционални машини (обработващи и стругови центри) с ЦПУ. В случая, освен замаяната на кинематичните връзки и управление на преводите с цифрово управлявани следящи преводи, се отварят възможности за търсене на специфични технологични решения, използващи възможностите за работни движения, настройване и управление на машините с ЦПУ.

В същото време високата цена на машинното време за такъв тип оборудване поставя изискване за отчитане, анализиране и намиране на вариант на технология при възможно най-малка големина на разходите. Решаването на такава задача предполага търсенето, разработването, изследването, популяризирането и внедряването на полезни за практиката оригинални идеи, както и адаптиране на традиционни подходи.

Направеният литературен преглед на състоянието на въпроса установява недостатъчна информация за възможностите, които евентуално имат режещи инструменти, проектирани за определен метод на зъбообработване чрез зъбодълбене да бъдат използвани за друг (съчетаване на стъргане с фрезование) и свързаните с това гранични условия както технологични, така и по отношение на качеството ми позволява да считам, че представения ми дисертационния труд **отговаря на изискването за актуалност на дисертационния труд.**

2. Методика на изследване

Дисертационният труд ми е предоставен в PDF формат. Той включва текст от 155 страници, 99 фигури и 12 таблици и е структуриран в 4 глави, както следва:

ГЛАВА I „АНАЛИЗ И ПРОБЛЕМАТИКА ПРИ ОБРАБОТВАНЕ НА ЗЪБНИ КОЛЕЛА В СЪВРЕМЕНОТО МАШИНОСТРОЕНЕ“. Представява обзорна част относно състоянието на въпроса. Посочени са 105 литературни източника. От тях 21 заглавия са на кирилица, 84 на латиница, а останалите 12 са от интернет. Направен е преглед и класификация на методите за обработване на зъбни колела, на използваните машини и инструменти, както и някои техни предимства и недостатъци. Главата завършва с изводи, а въз основа на тях са формулирани целта на работата и задачите за изпълнение.

ГЛАВА II „ТЕХНОЛОГИЧНИ ОСНОВИ НА МЕТОДА ЗЪБОСТРУГОВАНЕ“. Разгледани са и са анализирани някои технологични предпоставки относно обосноваване на скоростта на рязане при получаване на зъбни профили чрез „зъбоструговане” с помощта на зъбодълбачен инструмент, реализирано върху стругово-фрезови обработващ център.

ГЛАВА III „ПРОФИЛИРАНЕ НА ЗЪБОСТРУГОВ ИНСТРУМЕНТ“. Представени са двата подхода при профилиране на зъбообработващ инструмент – математически и графически чрез инженерен софтуер, като е описана последователността на работа в CAD среда на Inventor на Autodesk.

ГЛАВА IV „ИЗСЛЕДВАНЕ, МОДЕЛИРАНЕ И ОПТИМИЗИРАНЕ НА ПРОЦЕСА ЗЪБОСТРУГОВАНЕ“. Съдържа описание на проведени експериментални изследвания, моделиране и прилагане на оптимизация с цел извеждане на най-подходящи режими на рязане с оглед осигуряване на точността.

Така представените в дисертационният труд изследвания, като структуриране, обем и съдържание показват, че докторантът има необходимите умения и компетенции да работи по инженерен проблем, налагащ прилагане на научен подход и изследване, като за целта използва различни видове инженерен и изследователски софтуер за аналитично и графично моделиране (симулиране), експериментиране и оптимизация, свързани с тематиката на дисертационния труд.

3. Приноси на дисертационния труд

С дисертационния труд установявам следните приноси, които аз оценявам, като научно-приложни и приложни:

Научно-приложни приноси:

- Аналитично доказаната и експериментално потвърдена възможност за получаване на зъбни профили чрез „зъбоструговане” с помощта на зъбодълбачен инструмент, реализирано върху стругово-фрезови обработващ център.
- Приложената многоцелева оптимизация за определяне на оптимални условия за реализация на метода на „зъбоструговане” чрез зъбодълбачен инструмент, реализиран върху стругово-фрезови обработващ център.

Приложни приноси:

Построените диаграми за брой зъби на инструмента и ъгъл на кръстосване, осигуряващи препоръчителни режими при рязане

Представените резултати при проведените експериментални изследвания, доказващи и определящи границите на приложимостта на подхода.

Разработената управляваща програма за реализация на решението върху стругово-фрезови обработващ център T2500

Определените оптимални условия за реализация на метода чрез многоцелева оптимизация по концепцията за Парето оптималност търсене и метода на обобщената функция на полезност.

4. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Докторантът е представил списък от пет публикации (две от публикациите засягат един конкретен въпрос, представен в две части), свързани с дисертационния труд.

Всички публикации са на български език, като една от тях е в съавторство, а останалите са самостоятелни.

Всички публикации са изнесени или включени в сборници с трудове от научни форуми.

Чрез проверка в базата с данни на Google Scholar не са установени цитирания на публикация на докторанта.

Считам, че с посочените публикации е осигурена необходимата публичност, а описаните в тях изследвания и постигнати резултати, представени пред специализираната научна общност в достатъчна степен отразяват работата по темата.

5. Авторство на получените резултати

Представените публикации по дисертацията, сред които четири са самостоятелни, а в съвместната докторантът е на първо място сред съавторите, **потвърждават авторството на получените резултати.** Публикациите и полученият краен резултат са постигнати в рамките на няколко години, което свидетелства и предполага една продължителна, последователна и целенасочена работа с активното участие на автора.

6. Мнения, препоръки и забележки по дисертационния труд

Считам, че тематиката, по която докторантът е работил, е интересна от изследователска и особено полезна от инженерно-приложна и практическа гледна точка. Налице са и теоретични изследвания, моделиране, разработки и експерименти, при които се демонстрират сериозни умения за анализ и работа с изследователски софтуер, с който се повишава производителността на изследванията и проектирането. Текстът е богато онагледен със схеми и фигури, което улеснява неговото осмисляне и възприемане.

Съществени забележки по дисертационния труд нямам.

Бих препоръчал при оформлението на дисертационния труд да се избягват термини, означения и мерни единици, които не са в съответствие със стандартите или общоприетите. В обзора, вместо описание на съществуващите методи за зъбообработване би следвало да се наблегне на разкриването на проблем/и, който към момента няма решение или се предполага възможност за ново такова, водещо до формулиране на цел и задачи (анализи, изследвания и експерименти). В глава 2 бих препоръчал, при зададени граници на скоростта на рязане (представляваща взаимно относително преместване на режещия ръб на инструмента в зоната на рязане спрямо заготовката), отчитащи препоръчителните стойности за съответен вид, геометрия и материал на режещия инструмент, материал на заготовката и вида на технологичния

преход да се установят съответните гранични стойности за настройване на металорежещата машина и сравнят с възможностите на конкретния модел. При натурните експерименти и последвалите ги измервания е редно да се упомене какви мерки са взети за ограничаване или отчитане влиянието на смущаващите фактори, дължащи се на точността и стабилността на технологичната система (напр. геометрична точност на машината, точност на инструмента, схемата на установяване и първоначално настройване) също и неопределеността при измерванията, за които има процедури, за да бъдат приети за достоверни получените резултати. При експерименти препоръчвам да се прилага, ако е възможно, определяне и минимизиране на неопределеността, внасяна от измерванията, да се прилага принципа възпроизводимост, данните да се проверяват за груби грешки, за изчисляване на полето на разсейване при ограничен и особено при по-малък брой наблюдения, да се използват съответните корекционни коефициенти.

Считам, че коментар на резултатите би бил по-полезен от приложените трудно четими снимки на протоколи от измерванията. На тях като че ли са регистрирани доста големи отклонения в профила на детайла (особено на десния FB). При проектирането на зъбообработващия инструмент с винтови зъби не става ясно дали е заложена асиметрия на левия и десния профил и дали дъното на междузъбието ще участва в зъбонарязването. Не е пояснено какво налага проектираният инструмент (фиг. 3.22) с винтови зъби да е заменен с друг, с прави зъби (фиг. 4.3) при експериментите, и дали последният притежава подходящ профил и оформление на режещите ръбове за обработвания вид зъбно колело и материал на заготовката.

В глава 4 е необходимо да се поясни защо и кои показатели на точността на зъбното колело са избрани, да се анализира и обясни влиянието на изследваните фактори, напр. защо ъгълът на кръстосване и подаването влияят на отклонението в стъпката на профила и радиалното биене?

Препоръчвам продължаване и в бъдеще на работата по тематиката в посока фрагментиране и формулиране на очертаващите се множество изследователски задачи с цел осигуряване на пълнота на изследванията за евентуалното валидиране или отхвърляне на предложения подход.

7. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание да **предложа да бъде придобита образователната и научна степен „ДОКТОР”** от **маг. инж. Христо Христов Якимов** в област на висше образование - **5. Технически науки, професионално направление - 5.1 Машинно инженерство, докторска програма - Металорежещи машини и системи**

08.06.2023 г.

Подпис: /п/
/доц. д-р инж. Димитър Ст. Димитров/