

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд

ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕТАЛООБРАБОТВАЩ ЦЕНТЪР ОБСЛУЖВАН ОТ ВИСОКОСКОРОСТНИ ЛИНЕЙНИ РОБОТИ

за придобиване на образователна и
научна степен „ДОКТОР” на

маг. инж.БОРИСЛАВ АЛБЕНОВ КАРОВ

Научна специалност 02.01.10 – ТЕХНОЛОГИЯ НА МАШИНОСТРОЕНЕТО

Член на журито: Проф. д-р инж. Петър Иванов Хаджийски

Дисертационният труд е оформен в увод, 6 глави, общи изводи, списък на използваната литература от 104 заглавия, от които 16 на кирилица и 88 на латиница, изложени в 148 страници, включително 138 фигури, 57 таблици и 8 математични зависимости. Цитирани са 83 електронни сайта. Представен е Автореферат и Списък с 6 публикации по дисертационния труд. Представени са също така документи, свързани с участието на докторанта в разработването и внедряването на машина за обработване на профилен механичен шифър тип ”ямков секрет” и тип „вълнообразен канал” на ключове за секретни ключалки.

Трудът е разработен в ТУ-Варна под ръководството на доц. д-р инж. Евстати Лефтеров Лефтеров. Докторантът маг.инж.Борислав Албенов Каров, работи във фирма „Трейд Майстер ЕООД” на длъжност инженер консултант.

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Работата е посветена на проектирането, разработването и внедряването на автоматичен металообработващ комплекс, обслужван от високоскоростни линейни роботи за фрезование на механичен шифър тип ”ямков секрет” и тип „вълнообразен канал” на ключове за секретни ключалки, обслужван от високоскоростни линейни роботи. Актуалността на дисертационния труд се определя не само от сложността на разглеждания обект на производство-изработване на шифър с високо ниво на повтаряемост, но особено от постигането на индустриално решение с използвания съвременен подход за решаване на такива задачи, базиран на инструментариума на виртуалното инженерство - CAD моделиране, определяне на параметрите, симулиране на поведението на обекта след неговото сглобяване, определяне на параметрите на възлите на машината, изследване за колизия и др. с приложението на CAE. Особено ценен принос на работата е внедряването на високотехнологичното решение - линейни роботи за задвижване на всички станции на машината, което по същество е много точно високоефективно научно-приложно решение.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

С цел проучване на необходимата информация свързана с разработването на машина за фрезование на профилен механичен шифър тип „ямков секрет” и тип „вълнообразен канал” на ключове за секретни ключалки докторантът в своя литературен обзор е направил анализ на предлаганите на пазара ръчни копирни машини, такива с електромеханично задвижване на осите

и програмно управление с кодови таблици, напълно автоматични полу-индустриални машини с фиксирани захвати за рязане, маркиране и сортиране на различни видове ключове, напълно автоматични полу-индустриални машини с въртящи се захвати за рязане, маркиране и сортиране на различни видове ключове. Разгледани са и напълно автоматични индустриални машини за рязане, маркиране и сортиране на различни видове ключове. В заключение от направения анализ в литературния обзор са определени основните изисквания към параметрите на машината за нарязване на „ямков секрет“ и секрет тип „вълнообразен канал“:

- да бъде комплектована със следните работни станции: Фрезоване, Зареждане, Маркиране, Почистване, Полиране, Разтоварване в палети и Манипулатор, който да транспортира, зарежда, разтоварва и позиционира ключовите заготовки, обслужвайки работните станции на машината;
- захватите на работната станция фрезоване трябва да осигуряват надеждно закрепване. Да може да се регулира ъгъла на ямките, да е снабдена със система за проверка на режещия инструмент;
- работна станция Маркиране да има маркиращо устройство за изписване на информация върху главата на ключовете, като кодовите номера на секрета, номер на кодова таблица и друга постоянна и променлива информация;
- машината трябва да е произведена съгласно изискванията на директива 98/37/ЕС – „Безопасност на машините“;
- машината да се обслужва от един оператор.;
- трябва да осигурява възможност за бързо пренастройване – не повече от 15мин, минималната производителност трябва да бъде разчетена за технологичен такт 10s. Да осигурява точност на обработка на функционалните размери ± 0.01 [mm].

Същността на дисертационната работа предполага използване на съвременни методи за проектиране и анализ, поради което докторантът правилно е направил задълбочено разглеждане на основните етапи и използвани продукти при създаване на едно изделие с използването на технологиите на виртуалното инженерство. Това е показано при разработването на останалите глави в дисертацията. Основно е използвана 3D CAD системата Solid Works поради това, че тя е лесна за усвояване и нейните възможности напълно удовлетворяват изискванията в разглеждания случай. Особено внимание е отделено на предимствата на линейните мотори, те са може би най-важен компонент на високоскоростните линейни работи, изпълняващи различните операции на технологичния цикъл.

3.Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси

В резултат на направения литературен обзор и анализ са формулирани целта и задачите на дисертационния труд:

Цел: Проектиране и изследване на металообработващ център обслужван от високоскоростни линейни работи за фрезоване на профилен механичен шифър тип „ямков секрет“ и тип „вълнообразен канал“ на ключове за секретни ключалки.

Задачи: 1. Виртуално проектиране и определяне на параметрите на възлите на машината за нарязване на профилен механичен шифър тип „ямков секрет“ и тип „вълнообразен канал“ на ключове за секретни ключалки, отговарящи на изискванията, дадени в предходната точка;

2. Виртуално симулиране на моделирания обект за откриване наличие на колизии, определяне на транспортните скорости и работните скорости на манипулатора, който транспортира, зарежда, разтоварва и позиционира ключовите заготовки, обслужвайки работните станции. Валидиране на виртуално проектирания модел;

3. Изследване параметрите на машината за профилен механичен шифър тип „ямков секрет“ и тип „вълнообразен канал“ на ключове за секретни ключалки в реални условия с физически модел: Транспортни и работни скорости, изследване за повтаряемост и точност на позициониране на обслужващия манипулатор; износване на инструмента и производителност на машината;

В Глава 2 като е използван CAD моделиерът Solid Works е направено виртуално проектиране на възлите на машината в съответствие на техническото задание. Създадена е конфигурацията на машината. Тя е изградена на модулен принцип. Всеки модул изпълнява специфични за конкретното работно място функции. Основните модули, които се включват са: Станция Зареждане, фрезование N1, фрезование N2, Работна станция Маркиране N3, Работна станция Почистване N4, Работна станция Полиране N5, Работна станция Палети N6, Линеен манипулатор, който транспортира, зарежда, разтоварва и позиционира ключовите заготовки, обслужвайки работните станции, База (корпус) и защитни елементи на машината. Разстоянията между работните станции са определени като е отчетена възможността всеки модул да бъде обслужван и сервизиран, а също така и да е с възможно най-малки габаритни размери. Подготовката на станцията да работи с различни ключови заготовки се състои в смяната на слайдера и магазина, и смяната на програмата за управление на цикъла. Фрезовите станции са с 4 работни оси- (X, Y, Z и В – въртяща). Маркиращото устройство е с CNC.

В глава 2 са направени следните изводи: на базата на симулационното моделиране на отделните станции на обработващия център са определени препоръчителните работни времена за постигане на максималната производителност, както следва: за станция Зареждане - 0.8 [s], за станция Фрезование - 6.1 [s]; за станция Маркиране – 3.8 [s]; за станция Почистване 0.72 [s]; за станция Полиране – 0.72 [s]; за станция Палети – 2.5 [s], при преминаване на палет 6 [s]. За постигане на технологичен такт 10.[s] е необходимо използването на втора станция фрезование.

В глава 3 докторантът е направил теоретично определяне на технологичния такт и е определил времената за транспортиране на заготовките от линейните манипулатори. След определяне на последователността на обработка, работните времена на основните манипулации и оптималната компоновка на машината трябва да се определят и времената на спомагателните манипулации като се вземе предвид ограничението от технологичния такт. Докторантът се е справил перфектно и с тази задача след, което е определил работния цикъл и времената на линеен манипулатор 1. $t_{ЛМ1} = 0.7s$. По аналогичен начин са определени и времената за ЛМ2 и ЛМ3. Скоростта и ускорението на линейните манипулатори са определени чрез виртуално симулиране на 3D модела като е използван „инструментариума“ Motion Study и Motion Analysis на SolidWorks. Получените графики са експортирани в Excel и са определени максималните скорости и ускорения. В същата глава са избрани и линейни мотори. Избрани са мотори на FANUC, които са с много високо качество и в този смисъл подходящи за целта.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

От прочита на работата на докторанта Маг. инж. Борислав Албенев Каров веднага става ясно, че той познава много добре процеса и машините за нарязване на профилен механичен шифър тип „ямков секрет“ и тип „вълнообразен канал“ на ключове и секретни ключалки, поради което дисертационният му труд е на много високо ниво. Съществено значение за това има високата му инженерна подготовка получена по времето на следването и след това, което се доказва с отличното владение на инструментариума на виртуалното проектиране и анализи с

едни от най-добрите продукти достъпни у нас и по специално за нашите студенти. Това се доказва и от представените материали, доказващи неговото участие в проектирането на машината TS8001, нейното внедряване и обучение на персонал във фирма „Трейд Майстер“ ЕООД.

Определям формулираните в дисертацията приноси като значими за науката и практиката. Те отразяват основни съществени постижения в дисертационния труд и ще спомогнат за обогатяване на научното знание в тази област. Част от тях ще бъдат особено полезни и за практиката и както се вижда от приложените удостоверения те вече са внедрени в производството с положителни отзиви за тях.

1).Служебна бележка N21/08.05.2013г./ в уверение на това, че докторантът Маг. инж. Борислав Албенов Каров е участвал във: Виртуалното проектиране и симулиране на някой от възлите и детайлите на машина “TS8001”. Проектиране на станций Почистване, Полиране, Палети, корпуса и защитните елементи на машината и разположението на работните станции една спрямо друга. Извършил е симулации на линеен манипулатор; Участвал е в разработването на проектно-конструкторска документация за изработване на оригинални детайли и възли; Извършил е монтажа и настройката на отделните възли и окомплектовката на машината; Участвал е в написването на техническата документация на машината за поддръжка и експлоатация; Участвал е в проведени 72-часови изпитвания при внедряването на машина за нарязване на прфилен механичен шифър тип „ямков секрет” и тип „вълнообразен канал” на ключове и секретни ключалки “TS8001”. Провел е обучение на персонала, който ще се занимава с поддържането, настройването и обслужването на този тип машини;

2).Служебна бележка N002-5/29.04.2013г./ в уверение на това ,че на 10.02.2012 г. е извършено внедряването на машина TS8001 в производствените мощности на предприятието („Мауер Локинг Системс” ООД, гр.Варна);

3.) Награда от фирма „Дитра” с плакет за иновация на годината за използване на програмния продукт SolidWorks по иновативен начин за проектиране на уникален металообработващ център, обслужван от високоскоростни линейни роботи.

Фирма „ДиТра” е официален представител и дистрибутор на CAD/CAM софтуерни продукти SolidWorks,Delcam и др. за България и Македония.

5. Научни и/или научно-приложни приноси на дсертационния труд

Въз основа на анализа на получените при теоретико– експерименталните изследвания резултати, докторантът в своята работа е формулирал 16 приноси, от тях 7 научно-приложни и 9 приложни приноси. Приемам за много добре обосновани така формулираните приноси. Те може да се групират както следва:

5.1. Формулиране и обосноваване на нов научен проблем (област) или нова теория (хипотеза). Считам, че дисертацията няма приноси в тази област;

5.2 . Доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории;

5.2.1. Проектиран и изработен е сложен металообработващ комплекс, с използване на линейни манипулатори, управлявани от единна CNC система на FANUC, предназначен за масово производство;

5.2.2. Създаден е симулационен модел за решаване на оптимизационна задача за изграждане на металообработващия комплекс и структурните му компоненти;

5.2.3. Разработен е нов подход при 3D моделирането, като са открити причинно следствените

вързки, позволяващи компоновката на сложни многофункционални металорежещи машини;

5.2.4. Предложен е симулационен подход при проектирането, позволяващ да се определят и оптимизират скоростите и ускоренията на отделните манипулатори, да анализират и избегнат вероятните аварии (сблъсъци) при движение на отделните елементи на ситемата;

5.2.5. Предложена е методика за избор на линейни мотори, задвижващи захранващите системи на машината при предварително определени цикли и времена за тяхното изпълнение;

5.2.6. Във средата на Excel е въведена методика за по-бърз и по-лесен избор на линейни мотори Fanuc;

5.2.7. Предложен е подход намаляващ времето за симулационно моделиране посредством опростяване и лесно манипулиране с голям брой подвижни елементи (1610бр.), състоящ се в следното: разделяне на отделните подвижни възли и съхраняването им, като отделна единица.

Приложни приноси

5.3.1. Проектирана и реализирана е високопроизводителна машина за нарязване на профилен механичен шифър (от типа „ямков секрет“) и „вълнообразен канал“) съдържащ над 13000 компоненти, от които 1000 уникални;

5.3.2. Създаден е обработващ център, извършващ следните операции: зареждане, нарязване, маркиране, почистване на чеплъци с профилни пластини и четки, селектиране, разтоварване в палети с контейнери, транспортиране, зареждане, разтоварване и позициониране на ключовата заготовка в отделните станции чрез манипулатора;

5.3.3. Доказана е ефективността на използването на линейни мотори за задвижване при изграждане на CNC центри за цялостна обработка на сложни по форма изделия за масово производство;

5.3.4. Разработен е обработващ център, обработващ заготовки от месинг, мелхиор, галванично покрити с никел месингови заготовки при честота на въртене на работните вретена на машината от 8000–40000 [min^{-1}], позволяващо високоскоростно фрезование;

5.3.5. Разработена е система за периодична проверка на състоянието на режещия инструмент посредством периодична проверка на режещия му връх;

5.3.6. Определено е времето за използване и такта на подмяна на инструментите, извършващи профилната обработка;

5.3.7. Предложен е подход за намаляване на времето за проектиране на сложни металообработващи системи и изчислителната мощност на използвания компютър;

5.3.8. Повишена е производителността на труда многократно, като обработката на една заготовка се извършва за 8.73 [s];

5.3.9. Внедрена е проектираната и реализирана машина за нарязване на профилен механичен шифър “TS8001” в производствените мощности на „Мауер Локинг Системс“, като качеството на готовата продукция е повишено, а производителността се увеличила с 180%.

Считам, че дисертационният труд и приносите в него са лично дело на докторанта, постигнати под ръководството на научният му ръководител.

6. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Направените 6 публикации (1 на английски) надхвърлят минималните изисквания. Три от публикациите са самостоятелни, а останалите са в съавторство с научния ръководител. От тях 1 (един) научен доклад, изнесен на научна конференция и „5 са публикувани в научни списания (сп.СИО и сп. Машиностроителна техника и технологии). Считам, че публикациите отразяват основните моменти на дисертационния труд и постиженията на автора са известни

на научната общност. Авторефератът по дисертацията е направен съгласно изискванията и отразява основните положения и научните приноси.

7. Някои незначителни забележки и препоръки:

- срещат се незначителни грешки от редакционен характер, които авторът не е отстранил в ръкописа;
 - има известно дублиране в приносните моменти, които произтичат от съдържанието на приложни приноси 5.3.1., 5.3. 2 и 5.3.4;
 - би било добре да се помисли за система, която, да корегира режима на рязане в зависимост от степента на износване на инструментите;
 - Като се има предвид високата точност, която се изисква за функционалните размери трябва да се помисли за компенсиране на грешките от топлинни деформации;
- Тези забележки и препоръки ни най – малко не омаловажават достоинства на дисертационния труд.

8. Заключение:

Оценявам високо работата на докторантът Маг. инж. Борислав Албенев Каров и като се има предвид, че някои от резултатите по дисертационния труд вече са внедрени в практиката, т.е. налице е индустриална апробация предлагам на почитаемото жури да му бъде присъдена образователната и научна степен „ДОКТОР” по специалност 02.01.10 Технология на машиностроенето.

Дата: 11.01.2017г.
гр.София

РЕЦЕНЗЕНТ:
(проф.д-р инж. Петър Хаджийски)