

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен
„доктор”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Тодор Тодоров Тодоров

Тема на дисертационния труд: Моделиране и изследване процеса на запълване на формообразуващи инструменти чрез виртуален прототип

Рецензент: доц. д-р инж. Григор Стефанов Стамболов, катедра Технологии на машиностроенето и металоорежещи машини (ТМММ), Машинно-Технологичен Факултет (МТФ), ТУ-София

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

Разработеният в дисертационния труд проблем е актуален, свързан с решаване на въпроси при моделирането и изследването на процеса на запълване на формообразуващи инструменти чрез използването на виртуални прототипи за процесна и точностна оптимизация. Целите на дисертационния труд са свързани с изследване и анализиране на съществуващите към момента проблеми по време на шприцване на пластмасови изделия, както и своевременното им отстраняване чрез помощта на модерни програмни софтуери за симулация на процесите на шприцване на сложни геометрични форми. Анализирани са предимствата и недостатъците на виртуалното прототипиране при шприцване, като са изведени и съответните изводи, оформени в научно-приложни и приложни приноси.

Използването на виртуални инструменти в машиностроителното производство е област, която се развива особено интензивно в последните години, където водещо направление е проектирането на високо-технологични процеси, характерни със своята прецизност към повишаване както на качеството на произвежданите изделия, така и осигуряващи възможности за тяхното оптимизиране чрез моделирането и изследването им в прецизно генерирана виртуална реалност.

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

Дисертационният труд е в обем от 189 стр., като включва въведение (увод), четири глави, общи изводи, авторска справка за приносите на дисертацията, както и списък с публикации по дисертационния труд. Цитирани са 93 литературни източника, от които 41 на латиница, 18 на кирилица и информационни сайтове. Работата включва общо 189 фигури и 36 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в

дисертационния труд. Направеното литературно проучване показва обстойно запознаване на докторанта с поставения проблем в съответната област, а избрания подход на предварителни теоретични и експериментални изследвания, служещи за изследване и анализиране на съществуващите към момента проблеми по време на шприцване на пластмасови изделия, както и своевременното им отстраняване чрез помощта на модерни програмни софтуери за симулация на процесите на шприцване на сложни геометрични форми е правилно формулиран. Анализирани са предимствата и недостатъците на виртуалното прототипиране при шприцване, като са направени обосновани изводи и са посочени нерешени проблеми. На тази основа докторантът правилно е формулирал целта на дисертационната работа и задачите за нейното постигане.

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

Решаването на поставените задачи в дисертационния труд се базира на използването на утвърден съвременен инструментариум – известни технологични методи и процедури, критерии и приложен софтуер. Разработена е методология за предвиждане и оптимизация на процесни параметри и точностни показатели при изработването на сложни пластмасови изделия чрез виртуално прототипиране, като след практическа имплементация на предложената методологична последователност е установено, че съществуват реални възможности за управление на деформационните процеси чрез съответен подбор на определени основни параметри на процеса. След провеждане на експериментални изследвания е установена нужда от добавяне към методологията на нова стъпка, отнасяща се за процеса на валидация между виртуалния и физически прототип, която включва изработване на предварителен формообразуващ инструмент, чрез който да се потвърдят желаните резултати преди пристъпването към окончателно изграждане на инструментална екипировка. Считаю, че избраните методи и експериментални подходи дават достоверен отговор на поставената цел и задачи в дисертационния труд.

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

Резултатите от дисертационният труд имат научно-приложен и приложен характер с пряко значение за практиката, като дават възможност за повишаване на качеството и производителността при изработването на сложни пластмасови изделия чрез виртуално прототипиране. На основата на анализ на известни разработки е разработена методологична последователност за

предвиждане и оптимизация на процесните параметри и точностни показатели на сложни пластмасови изделия чрез виртуални прототипи, като чрез практическа имплементация на предложената методика е установено, че съществуват възможности за управление на деформациите чрез установяване на прецизен подбор на параметрите на процеса. На базата на проведени експериментални изследвания е установена нужда от допълнителна стъпка към разработената методика, изразяваща се във валидация между виртуалния и физически прототип чрез изработване на предварителен формообразуващ инструмент, чиято цел е да потвърди желаните от проектанта резултати преди пристъпване към окончателното изграждане на инструменталната екипировка. За решаване на задачите от отделните етапи са предложени подходящи средства. Особено място в работата заемат предложените подходи за бързо определяне на работни параметри при процеса шприцване, при които се отчитат основни фактори на влияние при процеса на запълване, както и за намиране на устойчиво решение за установяване на подходяща форма и размери на охлаждащата система, което да доведе до използването на минимум на брой итерационни симулации. Достоверността на резултатите от направените изследвания са представени чрез практически примери, като са представени анализи на възможностите за виртуално прототипиране при изследване процесите на шприцване на инструмент със сложна форма, с цел избягване дефектите на изделието, както и оптимизиране геометрията при шприцване на такива модели. Изложението на получените резултати е в методична последователност, като те са коментирани подробно и са подкрепени със съответни графични, таблични и числени данни и доказателства. На тяхна основа са направени съответните изводи и заключения.

Добрата теоретична осведоменост на докторанта, използваните методи за изследвания, полученият богат експериментален материал, неговата обработка, представяне и творческата му интерпретация, говорят за висока професионална квалификация на докторанта и придават на дисертационния му труд качества на достоверно и научно издържано теоретично-експериментално изследване, което е със значителна практическа насоченост.

5. Научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд:

Основните научно-приложни и приложни приноси, съдържащи се в дисертационният труд могат да бъдат обобщени по следния начин:

5.1. Научно-приложни приноси

- Разработена е методология за определяне и последващи стъпки на оптимизиране на основни параметри и точностни показатели при процеса

формоване (шприцване) на сложни пластмасови изделия чрез използването на виртуални прототипи.

- Предложен е подход за определяне на основните работни параметри при процеса шприцване, който осигурява изграждането с голяма степен на точност на виртуален прототип, където е възможно да бъдат отчитани основни фактори на влияние върху процеса на запълване на формата.

- Предложен е подход за намиране на адекватно решение за установяване на необходимата форма и размери на охлаждащата система чрез оптимизиране на два параметъра – дълбочина на охлаждащите канали спрямо запълващата кухина и стъпка на охлаждащите канали един спрямо друг, което позволява използването на минимален брой итерационни симулации на фаза виртуално прототипиране.

5.2. Приложни приноси

- Получени са експериментални резултати чрез виртуален експеримент, при който е установено, че при зададени еднакви параметри на процеса шприцване, конформните охладителни системи показват по-добри показатели от конвенционалните по отношение на ефективност на охладителната система, температури на материала след процес на пълнене и охлаждане, както и по отношение на деформационни стойности.

- Представени са резултатите от прилагането на разработената методология за провеждане на изследвания и симулационни анализи при виртуално прототипиране относно изследване процеса на шприцване на инструмент със сложна форма, с цел избягване дефектите на изделието, както и оптимизиране геометрията при шприцване на такъв модел на базата на експериментални изследвания.

- Доказано е по експериментален път несъответствие между виртуалните симулации и реалните измервания от физически изработена рамка на очила от предварителен тестов формообразуващ инструмент относно свиването на материала, извършено с цел валидация на специфична геометрия „еластична панта“.

- Обоснована е необходимостта от планиране и осъществяване на предварително прототипиране на формообразуващ инструмент за валидация на процеса и геометрията на изделието чрез изработване на „мек“ инструмент, който да потвърди желаните резултати преди преминаване към фаза окончателно изграждане на инструментална екипировка.

Признатите от мен три научно-приложни и четири приложни приноса в дисертационния труд се отнасят към създаване на нови класификации, доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни

проблеми, създаване на нови методики и модели и получаване на потвърдителни факти.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Участието на докторанта при разработването на поставените проблеми е несъмнено. Тази моя убеденост се потвърждава от личните ми срещи и разговори с маг. инж. Тодор Тодоров, както и с научните му ръководители. Считам, че дисертационният труд, разработените идеи, научните публикации, резултатите и приносите са лично дело на докторанта, получени под компетентното ръководство на научните му ръководители.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани.

Авторът е представил четири публикации, от които една е самостоятелна, а останалите са колективни, на три от които е първи автор, и на една – трети автор. Всички са публикувани в България, като две от тях в списание „Машиностроене и електротехника“ на български език. Останалите две са публикувани в научните сборници на International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth, налична в научната база данни SCOPUS, както и наличие на цитат, и 29th International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance, и двете на английски език. Направената справка в научната база данни SCOPUS показва наличие на още една публикация на докторанта, както и два цитата, което показва, че маг. инж. Тодор Тодоров е млад учен с ярко изразен научен потенциал. Представените публикации отразяват в голяма степен пълно и точно съществени страни от нейното съдържание и популяризират извършената работа от докторанта.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика.

Резултати от дисертационния труд могат сравнително лесно да бъдат използвани в учебния процес на студенти от ТУ-София, главно в машиностроителните специалности. Като потвърждение за приложимостта на експерименталните резултати от дисертационния труд на докторанта могат да се посочат депозираните към документите на кандидата участия в есем научно-изследователски проекта.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му.

Авторефератът е изготвен съгласно изискванията, като отразява цялостно същността и основните приносни моменти от дисертацията на кандидата.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Нямам съществени бележки, с които да оспорвам основните научно-приложни и приложни приноси на кандидата. Към дисертационния труд имам следните забележки:

- Забелязват се правописни и стилистични грешки, като форматирането на текста на определени места не е прецизирано;
- В списъка с литература има източници, които са зададени с непълна информация – година на издаване, липса на страници, необозначени като статии или книги и т.н.;
- В Глава Първа (т. 1.3 - от стр. 24 до стр. 42) се забелязва постоянно цитиране на един източник [60], което „замъглява“ съжденията на докторанта по разглеждания теоретичен проблем. Необходимо е едно по-внимателно и прецизирано използване на информацията от цитираната литература;
- Необходим е по-задълбочен анализ на въпросите, свързани с оптимизирането на процеса на запълването при шприцване. Това е област, която може да бъде обект на самостоятелно изследване, от което могат да се получат важни за разглежданите проблеми резултатите.

Забележките са от такъв характер, че не намаляват приносната част и достоинства на дисертационния труд.

Значимостта на проблематиката и получените ефекти от дисертационния труд ми дават основание да препоръчам на кандидата да продължава изследванията в избраната от него област, като търси възможности за обобщаване на резултатите в подходяща форма и публикуването им в специализирани издания.

11. Заключение.

Въз основа на запознаването ми с дисертационния труд и материалите по него, изпълнената образователна цел на докторантурата и изискванията на ЗРАСБ, Правилника на прилагането му и Правилника за реда и условията на придобиване на научни степени в ТУ-София, актуалността и значимостта на постигнатите научноприложни и приложни приноси, предлагам на маг. инж. Тодор Тодоров Тодоров да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор” по професионално направление 5.1. Машинно инженерство, научна специалност „Технология на машиностроенето”.

04.05.2022 г.

гр. София

Рецензент:.....

/доц. д-р инж. Григор Стамболов/

REVIEW

on a dissertation for acquiring the educational and scientific degree "PhD"

Author of the dissertation work: M. Eng. Todor Todorov Todorov

Topic of the dissertation work: Design and simulation of mould tools with a virtual prototype

Reviewer: Assoc. Prof. PhD Eng. Grigor Stefanov Stambolov, Department of Technology of Mechanical Engineering and Machine Tools, Faculty of Industrial Technology, Technical University of Sofia

1. Relevance of the problem developed in the dissertation in scientific and scientific-applied terms.

The problem developed in the scientific work is topical, related to solving problems in modeling and research of the process of filling shape-forming tools through the use of virtual prototypes for process and accuracy optimization. The objectives of the dissertation are related to research and analysis of current problems during injection molding of plastic products, as well as their timely removal using contemporary software to simulate the processes of injection molding of complex geometric shapes. The advantages and disadvantages of virtual prototyping by injection are analyzed, and the relevant conclusions are drawn, formed in scientific-applied and applied contributions.

The use of virtual tools in mechanical engineering is an area that has developed particularly intensively in recent years, where the leading direction is the design of high-tech processes, characterized by its precision to improve the quality of products and providing opportunities for their optimization by modeling and exploring them in a precisely generated virtual reality.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the scientific literature.

The dissertation work contains 189 pages, including an introduction, four chapters, general conclusions, author's reference for the contributions of the dissertation work, as well as a list of publications on the dissertation. 93 literature sources were cited, of which 41 in Latin, 18 in Cyrillic and information sites. The work includes a total of 189 figures and 36 tables. The numbers of the figures and tables in the author's abstract correspond to those in the dissertation work. The literature study shows a thorough acquaintance of the PhD student with the problem in the field, and the chosen approach of preliminary theoretical and experimental research to study and analyze existing problems during injection molding of plastic products, as well as their timely elimination with the help of modern software for simulation of injection molding processes of complex geometric shapes is properly formulated. The advantages and

disadvantages of virtual prototyping in injection molding are analyzed, and reasonable conclusions are made and unresolved issues are identified. On this basis, the PhD student has correctly formulated the purpose of the dissertation work and the tasks for its achievement.

3. Correspondence of the chosen research methodology with the formulated goal and tasks of the dissertation work.

The solution of the set tasks in the dissertation work is based on the use of established modern tools - known technological methods and procedures, criteria and applied software. A methodology for predicting and optimizing process parameters and accuracy indicators in the manufacture of complex plastic products through virtual prototyping has been developed, and after practical implementation of the proposed methodological sequence of the process. After conducting experimental research, there is a need to add to the methodology a new step related to the process of validation between the virtual and physical prototype, which includes the development of a preliminary shaping tool to confirm the desired results before starting to build a final instrument equipment. I deem that the chosen methods and experimental approaches give a reliable answer to the goal and objectives of the dissertation.

4. Brief analytical characteristics of the nature and assessment of the reliability of the material on which the contributions of the dissertation are built.

The results of the dissertation have a scientific-applied and applied nature of direct relevance to practice, providing an opportunity to increase quality and productivity in the manufacture of complex plastic products through virtual prototyping. Based on the analysis of known developments, a methodological sequence has been developed for predicting and optimizing the process parameters and accuracy of complex plastic products through virtual prototypes, and through the practical implementation of the proposed methodology selection of process parameters. Based on experimental research, the need for an additional step to the developed methodology is expressed in the validation between the virtual and physical prototype by making a preliminary shaping tool, which aims to confirm the desired results before the final construction of the tooling. Appropriate means have been proposed for solving the tasks of the individual stages. Particular place in the work is occupied by the proposed approaches for rapid determination of operating parameters in the injection molding process, which take into account the main factors influencing the filling process, as well as finding a sustainable solution for establishing the appropriate shape and size of the cooling system led to the use of a minimum number of iterative simulations. The reliability of the results of the research is presented through practical examples, as analyzes of the possibilities for virtual prototyping in the study of injection molding tools with complex shapes to avoid

defects of the product and optimize the geometry of injection molding of such models. The presentation of the obtained results is in methodological sequence, as they are commented in detail and are supported by relevant graphic, tabular and numerical data and evidence. Based on them, the relevant conclusions have been drawn.

The good theoretical knowledge of the PhD student, the research methods used, the rich experimental material obtained, its processing, presentation and creative interpretation, speak of high professional qualification of the author and give his dissertation work qualities of reliable and scientifically sound theoretical and experimental research has a significant practical focus.

5. Scientific-applied and applied contributions of the dissertation work:

The main scientific-applied and applied contributions contained in the dissertation work can be summarized as follows:

5.1. Scientific-applied contributions

- A methodology for determining and subsequent steps of optimization of basic parameters and accuracy indicators in the process of molding (injection molding) of complex plastic products through the use of virtual prototypes has been developed.

- An approach is proposed to determine the main operating parameters in the injection molding process, which ensures the construction with a high degree of accuracy of a virtual prototype, where it is possible to take into account the main factors influencing the process of filling the form.

- An approach is proposed to find an adequate solution for determining the required shape and dimensions of the cooling system by optimizing two parameters - depth of cooling channels relative to the filling cavity and step of cooling channels relative to each other, which allows the use of a minimum number of iterative simulations in virtual prototyping phase.

5.2. Applied contributions

- Experimental results were obtained through a virtual experiment, in which it was found that with the same parameters of the injection molding process, conformal cooling systems show better performance than conventional ones in terms of cooling system efficiency, material temperatures after filling and cooling as well as in terms of deformation values.

- The results of the application of the developed methodology for conducting research and simulation analyzes in virtual prototyping on the study of the injection molding of a tool with a complex shape in order to avoid defects of the product and optimize the geometry of injection molding of such a model based on experimental research.

- A discrepancy has been experimentally demonstrated between virtual simulations and actual measurements from a physically made spectacle frame from a

pre-test material-forming tool on material shrinkage performed to validate a specific "elastic hinge" geometry.

- The need for planning and implementation of preliminary prototyping of a forming tool for validation of the process and geometry of the product by making a "soft" tool to confirm the desired results before moving to the final phase of tooling is justified.

The three scientific-applied and four applied contributions in the dissertation work, recognized by my opinion, refer to the creation of new classifications, proving with new means significant new countries in existing scientific problems, creating new methodologies and models and obtaining confirmatory facts.

6. Assessment of the degree of personal participation on the author in the contributions of dissertation work.

The participation of the PhD student (author) in the development of the problems is unquestionable. This conviction of mine point of view is confirmed by my personal meetings and conversations with a M. Eng. Todor Todorov, as well as with his supervisors. I believe that the developed ideas, scientific publications, results and contributions are the personal work of the author, received under the competent guidance of his supervisors.

7. Evaluation of the publications on the dissertation work: number, nature of the publications in which they are printed.

The author has presented four publications, one of which is individual, and the others are collective, three of which he is the first author, and one - the third author. All articles are published in Bulgaria, two of them in the magazine "Mechanical Engineering and Electrical Engineering" in Bulgarian. The other two are published in the Proceedings of the International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth, available in the SCOPUS, as well as a citation, and the 29th International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance, both in English. The reference made in the scientific database SCOPUS shows the presence of another publication of the PhD student, as well as two citations, which shows that M. Eng. Todor Todorov is a young scientist with a pronounced scientific potential. The presented publications largely fully and accurately reflect significant aspects of its content and promote the work done by the doctoral student.

8. Using the results of the dissertation work in scientific and social practice.

Results of the dissertation work can be relatively used in the educational process for students (Bachelors and Master degree) from Technical University of Sofia, mainly in the field of mechanical engineering. As a confirmation of the applicability of the experimental results of the dissertation work of the PhD student can be indicated the participations in eight research projects deposited with the candidate's documents.

9. Assessment of the compliance of the author's abstract with the requirements for its preparation.

The author's abstract is prepared according to the requirements, fully reflecting the essence and the main contributing moments of the dissertation work.

10. Opinions, recommendations and remarks.

I have no significant remarks to challenge the main scientific and applied contributions of the candidate. I have the following remarks on the dissertation work:

- Spelling and stylistic errors are noticed, as the formatting of the text in certain places is not specified;
- In the bibliography there are some sources that are given with incomplete information - year of publication, lack of pages, not marked as articles or books, etc .;
- In Chapter One (item 1.3 - from page 24 to page 42) there is a constant citation of one source [60], which "blurs" the author's judgments on the theoretical problem. A more careful and precise use of the information from the cited literature is needed;
- A more in-depth analysis of the issues related to the optimization of the injection molding process is needed. This is an area that can be the subject of independent research, from which important results can be obtained for the considered problems.

The remarks are of such a nature that they do not reduce the contribution and merits of the dissertation work.

The importance of the issue and the effects of the dissertation give me reason to recommend the candidate to continue research in his chosen field, looking for opportunities to summarize the results in an appropriate form and publish them in specialized publication editions.

11. Conclusion.

Based on my acquaintance with the dissertation work and the materials on it, the educational goal of the doctorate procedure and the requirements of the Law and the Rules of the procedure for obtaining scientific degrees at Technical University of Sofia, the relevance and importance of scientific research and applied contributions, I propose M. Eng. Todor Todorov Todorov to be awarded the educational and scientific degree "PhD" in the Professional field 5.1. Mechanical Engineering, specialty "Technology of Mechanical Engineering".

04.05.2022 г.

Reviewer:.....

Sofia

/Assoc. Prof. PhD Eng. Grigor Stambolov/