

РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор на дисертационния труд: **маг. инж. Фатлуме Жуяни**

Тема на дисертационния труд: **„Experimental research of mathematical modeling and optimization of Inconel 718 in the CNC turning process”**

Рецензент: **Явор Петров Софронов**, доцент, д-р инж., кат. ТММ, ФИТ, Технически университет – София.

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

Актуалността на дисертационния труд се мотивира от възможността чрез прогностични математически модели да се възпроизведат данни за процес на стругова обработка на труднообработваем материал – Inconel 718, които свързват грапавостта на повърхността, износването и живота на инструмента спрямо скорост на рязане, скорост на подаване и дълбочина на рязане.

Изследваната в дисертацията проблематика и решените конкретни задачи са определено актуални, както в научен, така и в научно-приложен аспект.

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

В дисертацията е направен подробен обзор на кинематика и геометрия на процеса струговане, факторите, които влияят на процеса на стружкоотнемане и основните постулати. Разгледана е дефиницията за грапавост на повърхността. Определени са елементите, от които зависи моделирането на износването и живота на режещите инструменти, както и параметрите за математическо моделиране на обработваемост на материалите. Последствията от този анализ водят до мотивирано решение чрез прогностични математически модели да се извеждат постижимата

грапавост, производителност от процеса и живот на режещите инструменти при струговане на Inconel 718

Това показва *познаване на проблемната област на високо ниво*, както и аргументира по-нататъшната разработка на темата.

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

Методиката на изследване, използвана в дисертационния труд се основава на проведени експериментални изследвания на процес на струговане на заготовка от Inconel 718 с пластини от WC-Co без използване на мажещо-охлаждаща течност. Чрез линейни регресионни анализи от първи ред и анализ на дисперсията (ANOVA) от експерименталните резултати са разработени математически модели, които описват връзката между параметрите на рязане и влиянието им върху обработената повърхност, износването и трайността на инструмента. Разработените математически модели са използвани за оптимизиране на режимите на обработка, чрез едновременно постигане на две или повече целеви функции, по метода L9 на Taguchi.

Използваната методика е адекватна за постигане на поставената цел. Дефинираните задачи са изпълнени коректно, в необходимия обем и съдържание, и резултата от тях съответства напълно на изведените приноси.

4. Характеристика на дисертационния труд

Основна характеристика на дисертационния труд е, че точността и значимостта на математически модели за прогнозиране на резултатите от обработката са валидирани за условия на надлъжно струговане и са сравнение с други експериментални резултати и аналитични данните. Анализът на ефектите от всеки параметър върху резултата от обработката, както по отделно, така и в комбинация, ясно доказва, че грапавостта на повърхността, износването и живота на режещия инструмент могат да бъдат определени още в етапа на проектиране на процеса на механична обработка и по ефективен и евтин начин да се оцени икономическия ефект при един или друг вариант.

Това дава основание да се определят *извършените изследвания като достоверни.*

5. Научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд

Приемам използваните от автора *дефиниции, класификации, подходи и инженерни решения като релевантни на поставените в дисертационния труд задачи.*

Докторантът в своята работа е формулирал 10 приноса, от тях 3 научни, 3 научно-приложни и 4 приложни приноси. Приемам за много добре обосновани така формулираните приноси.

Като *научни приноси* могат да се приемат следните изведени от дисертационния труд, които с нови средства доказват следните факти:

- *Получените математически модели, които описват връзката между параметрите на рязане и реакциите на обработка, са постигнати чрез теоретични и експериментални изследвания. Тези модели позволяват прогнозиране на износването на инструмента, живота на инструмента и грапавостта на повърхността.*
- *Разработване на емпирични математически модели, които интегрират експериментални, числени и аналитични знания в областта на планирането и оптимизацията на производствения процес по систематичен, научен и надежден начин.*
- *Точността и значимостта на предсказуемите математически модели от първи ред на реакциите на обработваемост са валидирани за условия на косо рязане въз основа на сравнение на данните от експериментални и аналитични резултати, публикувани в различни научни изследвания.*

Като *научно-приложни приноси* могат да се приемат следните деклариращи в дисертационния труд, които основно се отнасят до *доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории:*

- Резултатите от изследването позволяват формирането на база от знания, която заедно с инсталирането на подходящи сензори е необходима за получаване на интелигентна система за обработка.
- Предсказуемите модели на процеса на обработка подпомагат анализа на оптимизационните проблеми в икономиката на машинната обработка, в приложенията за оптимизация на CNC адаптивно управление (ACO) и при формулирането на симулационни модели, използвани в базите данни за рязане на метал.
- Анализът на ефекта на всеки параметър върху всяка реакция на обработка и взаимодействията между параметрите изяснява, че грапавостта на повърхността, износването на страните и живота на инструмента могат да бъдат контролирани на етапа на проектиране на процеса на рязане, което е най-ефективно и най-евтино начин.

Като приложни приноси могат да се приемат следните решения на формулираните задачи в дисертационния труд, имащи непосредствена практическа приложимост:

- Анализът на поведението при износване на режещите инструменти обикновено се основава на обширни експериментални тестове, които отнемат време и са скъпи. Въпреки това е доказано, че използването на екстраполационен подход, базиран на кривите на износване в съответствие с уравнение 2.22, значително намалява тези разходи.
- Разработените линейни математически модели от първи ред позволяват анализ на отговорите на обработката, включително Ra, VB и TL. Те позволяват моделиране и оптимизиране на всеки отговор поотделно или едновременно, числено или графично и са подходящи за използване както в серийни, така и в масови производствени процеси на рязане.
- Проучването разкрива, че с увеличаване на параметрите на рязане процесът на износване на страните на инструмента (VB) ще се влоши.
- Проучването също така показва, че с увеличаването на някой от параметрите на рязане животът на инструмента намалява.

Получените в дисертационния труд резултати (приноси) са значими от научна гледна точка, но най-вече те са особено полезни заради

икономическите им ползи в практиката. Допълнителен ефект от тях може да се търси чрез приложението им в обучението и квалифицирането на млади инженери в областта на технология на машиностроенето.

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

Характера на изследвания проблем и преди всичко неговата инженерна страна, предполага участието на научни колективи, което е отразено в повечето от представените публикации. Публикациите са реализирани в тясно сътрудничество с ръководителя на дисертанта, както и с консултант от компанията, внедрител на разработката.

Убеден съм, че както самия труд, така и всички научни и научно-приложни приноси са лично дело на докторанта.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

По дисертационния труд са представени 10 публикации, в 4 от тях маг. инж. Фатлуме Жуяни е първи автор. В световните бази данни Scopus и Web of Science са индексирани 7 броя. За колективните трудове не е наличен разделителен протокол, следователно може да се заключи, че авторът има равностойно участие в тях.

Намирам за достатъчен броя на представените публикации.

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

Постигнатите резултати от работата по дисертационния труд имат своето практическо приложение в предприятия, които изработват изделия чрез струговане. Предложените модели за прогнозиране на резултатите за грапавостта на повърхността, износването и живота на режещия инструмент позволяват както анализ на съществуващи производства на изделия от Inconel, така и подпомага определянето на себестойността при развитието на нови изделия и в този смисъл имат *пряко приложно приложение*. Възможностите за оценка на различни оптимизационни сценарии осигуряват изцяло *научни и научно-приложни резултати*, а също така са *приложими и в образователния процес*.

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

Автореферата е оформен съгласно изискванията и адекватно отразява основните положения, заложи в дисертационния труд, както и претенциите за научни, научно-приложни и приложни приноси.

10. Мнения, препоръки и бележки

Дисертационният труд е стилово и графично добре оформен. Използвани са специфични термини и означения, но същевременно текста се чете добре. Резултатите са представени удобно за използване в инженерната практика при изследване и проектиране на процес на струговане на изделия от Inconel 718.

Считам че изискванията за ОНС „доктор“ са изпълнени тематично и съдържателно. Изпълнени са и минималните изисквания, залегнали в нормативните документи на Технически университет – София.

Нямам съществени забележки към дисертационния труд.

Бих могъл да препоръчам на докторанта в бъдеще да реализира повече публикации в индексирани издания и издания с висок ранг.

11. Заключение

Дисертационният труд засяга актуална научно-приложна и приложна проблематика. В него има постигнати научни, научно-приложни и приложни приноси. Постигнати са законовите изисквания, както по отношение на теоретичната, така и по приложната страна. Оценката ми е изцяло положителна.

Като отчитам възможностите и квалификацията на **маг. инж. Фатлуме Жуяни**, предлагам убедено на Научното Жури, в съответствие с изискванията на Закона за развитие на академичния състав, да ѝ присъди **ОНС „доктор“** в професионално направление **5.1 Машинно инженерство**, докторска програма **Технология на машиностроенето**.

София
08.09.2023г.

РЕЦЕНЗЕНТ:

(доц. д-р инж. Явор Софронов)

R E V I E W

of the dissertation
for awarding the educational and scientific degree "Doctor"

Author of the dissertation: **MSc. Eng. Fatlume Zhujani**

Thesis topic: **„Experimental research of mathematical modeling and optimization of Inconel 718 in the CNC turning process“**

Reviewer: **Yavor Petrov Sofronov**, associated professor, Dr Eng., dept. TMM, FIT, Technical University – Sofia.

1. Relevance of the problem developed in the dissertation

The state of the art of the dissertation is motivated by the possibility, through prognostic mathematical models, to reproduce data on a turning process of hard-to-process material – Inconel 718, which relate surface roughness, wear and tool life to cutting speed, feed speed and cutting depth.

The problems studied in the dissertation and the specific problems solved are definitely topical, both in scientific and scientifically applied aspect.

2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of literary material

The dissertation provides a detailed overview of the kinematics and geometry of the turning process, the factors that affect the chip formation process and the main postulates. The definition of surface roughness has been considered. The elements on which the wear modelling and the life of cutting tools depends, as well as the parameters for mathematical modelling of material workability, have been determined. The consequences of this analysis lead to a motivated decision by predictive mathematical models to derive the achievable roughness, process performance and life of the cutting tools in turning Inconel 718

This shows *a knowledge of the problem area at a high level*, as well as justifies the further elaboration of the topic.

3. Correspondence of the selected research methodology and the set goal and tasks of the dissertation with the achieved contribution

The research methodology used in the dissertation is based on experimental studies of a process of turning a blank from Inconel 718 with plates of WC-Co without the use of lubricating and coolant. By linear first order regression analyses and analysis of variance (ANOVA) mathematical models have been developed from the experimental results which describe the relationship between cutting parameters and their influence on the quality of the machined surface, wear and durability of the tool. The mathematical models developed were used to optimize the processing modes, by simultaneously achieving two or more target functions, by the L9 method of Taguchi.

The methodology used is adequate to achieve the set goal. The defined tasks are executed correctly, in the required volume and content, and the result of them fully corresponds to the derived contributions.

4. Characterization of the dissertation

A major feature of the dissertation is that the accuracy and significance of mathematical models for predicting processing results are validated for longitudinal turning conditions and they are compared with other experimental results and analytical data. The analysis of the effects of each parameter on the processing result, both separately and in combination, clearly proves that the surface roughness, wear and life of the cutting tool can be determined already in the design stage of the machining process and in an efficient and inexpensive way to evaluate the economic effect in one or another option.

This gives grounds to define *the studies performed as reliable*.

5. Scientific and / or scientific-applied contributions of the dissertation

I accept the *definitions, classifications, approaches and engineering solutions used by the author as relevant to the tasks set in the dissertation*.

The PhD student in his work has formulated 10 contributions, of which 3 scientific, 3 applied and 4 applied contributions. I take the contributions thus formulated as very well founded.

As *scientific contributions* can be accepted the following derived from the dissertation, which with new means prove the following facts:

- The obtained mathematical models that describe the correlation between the

cutting parameters and the processing responses are achieved through theoretical and experimental research. These models enable the prediction of tool wear, tool life and surface roughness.

- Development of empirical mathematical models that integrate experimental, numerical and analytical knowledge in the field of production process planning and optimization in a systematic, scientific and reliable way.
- The accuracy and significance of first order predictive mathematical models of machinability responses are validated for oblique cutting conditions based on comparison of the experimental and analytical results data published in various scientific researches.

As scientific and *applied contributions* can be accepted the following declared in the dissertation, which mainly concern the *proof by new means of substantial new countries in existing scientific problems and theories*:

- The results of the research enable the formation of a knowledge base, which, together with the installation of appropriate sensors, is required to obtain an intelligent processing system.
- Predictive models of the machining process assist in the analysis of optimization problems in machining economics, in CNC adaptive control optimization (ACO) applications, and in the formulation of simulation models used in metal cutting databases.
- The analysis of the effect of each parameter on each machining response and the interactions between the parameters makes it clear that surface roughness, flank wear and tool life can be controlled at the design stage of the cutting process, which is the most effective and cheapest way.

As *applied contributions* can be accepted the following solutions of the formulated tasks in the dissertation, having immediate practical applicability:

- The wear behaviour analysis of cutting tools is conventionally reliant on extensive experimental tests that are both time-consuming and expensive. However, the utilization of the extrapolation approach based on the wear-time curves in accordance with Equation 2.22 has been shown to significantly reduce these costs.

- The first-order linear mathematical models developed enable analysis of processing responses, including Ra, VB and TL. They allow modelling and optimization of each response separately or simultaneously, numerically or graphically, and are suitable for use in both serial and mass production cutting processes.
- The study reveals that as cutting parameters are increased, the process of tool flank wear (VB) would become worse.
- The study also shows that with the increase of any of the cutting parameters, the tool life decreases.

The results (contributions) obtained in the dissertation are scientifically significant, but most of all they are particularly useful because of their economic benefits in practice. An additional effect of them can be sought through their application in the training and qualification of young engineers in the field of mechanical engineering technology.

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

The nature of the research problem, and above all its engineering side, implies the participation of scientific teams, which is reflected in most of the publications presented. The publications are realized in close cooperation with the tutor of the PhD student, as well as with her co-workers.

I am convinced that both the work itself and all scientific and applied scientific contributions are the personal work of the PhD student.

7. Evaluation of the publications on the dissertation work

10 publications are presented on the dissertation, in 4 of them MSc. Eng. Fatlume Zhujani is the first author. In the world databases Scopus and Web of Science are indexed 7 issues. For collaborative articles no separation protocol is available, therefore it can be concluded that the author has an equal participation in them.

I find the number of publications submitted for sufficient.

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

The results achieved from the dissertation work have their practical application in enterprises that produce products by turning. The proposed models for predicting the results of surface roughness, wear and life of the cutting tool allow both the analysis of existing production of products from Inconel and support the determination of the cost price in the development of new products and in this sense have *a direct application*. The possibilities for evaluation of different optimization scenarios provide entirely *scientific and applied scientific results*, and are also *applicable in the educational process*.

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

The author's abstract is shaped according to the requirements and adequately reflects the basic provisions set out in the dissertation, as well as the claims for scientific, applied and applied contributions.

10. Opinions, recommendations and remarks

The dissertation is stylistically and graphically well formed. Specific terms and notations are used, but at the same time the text reads well. The results are presented conveniently for use in engineering practice in the study and design of a turning process of Inconel 718 products.

I believe that the requirements for the science degree "doctor" are met thematically and meaningfully. The minimum requirements declared from Technical University of Sofia are fulfilled.

I have no significant remarks about the dissertation.

I could recommend the PhD student to look the opportunities to write more publications in indexed editions and high-ranking editions.

11. Conclusion

The dissertation work concerns current scientific, applied and applied issues. It has achieved scientific, applied and applied contributions. The legal requirements have been achieved, both in terms of theoretical and applied side. My assessment is entirely positive.

Considering the capabilities and qualifications of **MSc Eng. Fatlume Zhujani**, I strongly suggest to the Scientific Jury, in accordance with the requirements of the Law and the Riles of the procedure for obtaining scientific degrees, to award her

the **scientific degree "Doctor"** in professional field **5.1 Mechanical Engineering**,
PhD program **Technology of Mechanical Engineering**.

Sofia
08.09.2023r.

REVIEWER:

(Assoc prof. Dr.Eng. Yavor Sofronov)