

## Opponent opinion

Title of thesis:	Risk factors of tribological processes and their environmental impact
Name:	Ing. Hadi Husain
Branch of study:	Manufacturing Technology
Programme:	Mechanical engineering
Supervisor:	prof. Ing. Jan Suchánek, CSc.
Opponent:	prof. Ing. Zdeněk Pokorný, Ph.D.

The assessed dissertation thesis is processed in 95 pages and is divided into 6 chapters, of which, in addition to the technical chapters, it also contains: Acknowledgment, List of images, Literature overview. However, within the work, I lack a list of used abbreviations and units, which the author uses in his work in all sub-chapters.

The subject work has the character of a theoretical-experimental work. The theoretical part of the work is devoted by the author to the description of the problem of the formation of micro- and nano-particles and their importance for the environment, where he specifies his focus in the field of research on particles created by the use of cermets, including Inconel and cubic boron nitride, as ceramics. For the mentioned materials, it also defines the areas of their use, but I miss the author's statement that these materials would be used as the main ones in the areas of material processing.

In the theoretical part, the author deals with selected sub-toxic elements, especially nickel, partly also cobalt. He correctly bases his claims about their toxicity on the statements of relevant world organizations, such as the US Environmental Protection Agency. However, the list of elements given by the author is very small from the point of view of practice, in general there are a large number of other elements in the materials that compete with the listed elements with their toxicity. On page 17, the author states that the main objectives of the work are to assess the presence of cobalt and nickel particles after tribology and to evaluate their toxicity. **I ask the author to explain why he chose these two elements and does not focus on the others.** From the point of view of the theoretical part of the work and the description of the current state of the problem being solved, the explanation of the importance of the interaction of nanoparticles and the human organism is significantly missing in the theoretical part of the work. Their potential genotoxic or mutagenic effect, the possibility of absorption of nanoparticles by the human organism, its amount in proteins. I am convinced that, as part of the research, the author could have devoted part of the chapter to the dangerous effect of nanoparticles on the organism with appropriate references to current literature in the health sector, despite the fact that this is a technical work (the author partially describes the principles in the experimental part).

In his thesis, the doctoral student focuses on tribology and the associated risks of the formation of toxic micro- and nano-particles that arise as a result of material wear, and also explains the principles of tribology, which he correctly states in the context of sliding properties and wear resistance. He explains these principles based on the principles of sliding bearings or gears. From the author's point of view, it is rather a general description of a condition that is generally known, i.e. the formation of particles of individual components that wear out each other and form particles. Here, I would expect much more information about the principles (mechanisms) of wear, about the amount of nanoparticle formation under different conditions, e.g. load. I am missing more relevant information about the current state of the problem being solved, which can be obtained from both bearing manufacturers and gear wheel manufacturers, as well as in the automotive industry, where a lot of attention is paid to this issue.

On page 8, the author also devotes the processes of lubrication and its effect on the formation of particles, where he mentions lubrication as the only possibility to reduce the formation of particles. Here **I would ask the author for his statement on what other processes (methods) can be used to reduce or limit the formation of micro and nano parts in the system.**

In general, however, the relevant chapter, part of the theoretical basis, is nicely conceived, the individual parts logically connect and introduce the reader to the ideas that will be further addressed in the practical part. According to the structure and conceptual apparatus, the author is well-versed in the relevant issue, in terms of the theoretical contribution of the work, it meets the expected requirements for this type of work.

Unfortunately, it contains a large number of formal shortcomings, of which I mentioned a few, e.g.

- Page 1, the author did not explain the abbreviations and uses the names Inconel etc.
- Page 4-19, the author does not follow the principles of ISO 690 with the indicated citation links in sentences see .....military application.[2] vs. ...by Prof. H. Peter Jost[5]. vs. [11]- [13] etc.
- Page 9 – wrong table reference including missing table name
- Page 11 – absence of a citation source (the most important factors are:....)

The list of deficiencies is present across the entire cross-section of the affected chapters, including typos, punctuation formal errors, placement of commas in sentences... (*all marked in the relevant copy of the dissertation*).

In the experimental part, the author describes the principle and evaluation of emerging endotoxins during tribological processes, he bases his claim on theoretical knowledge of micro and nano particles, explains the principles of the theory of tribology and wear. In the practical part (*I would expect more in the theoretical*) he finally pays attention to the effect on the human organism, where he bases his claims on the relevant standards. From the point of view of the implementation of the experiments, the author describes the relevant part of the production of samples for the experiments, also mentions the methods by which the samples were produced, also mentions the importance of the topography on the process of the formation of nanoparticles

and the importance of heat treatment on the formation of particles. Among other things, the author mentions without much explanation some of the surface texture parameters, e.g. Ra and Rz. **I ask the author to explain the meaning of these parameters and why he chose the Rz parameter and not, for example, the R3z parameter.**

As part of the solution to the experimental work, the author uses cutting-edge technologies available at CTU, especially in the evaluation of the presence of micro and nano particles using laser and electron microscopy. However, within the experimental part, I lack a more systematic approach to solving the goals, especially the use of a wider scientific and research base for evaluating the impact of nanoparticles on the environment, and on the human organism. It can be also expected the prediction of the formation of microparticles and nanoparticles as a result of the setting of various experimental conditions, proposals for the reduction or significant elimination of the resulting particles. The author indicates this fact, for example, by using additives in the form of TiO<sub>2</sub>. As part of the experimental part, I would therefore expect more of the doctoral student's own work with a clear result of knowledge in practice, clear recommendations for the areas of tribology already in the relevant chapters of the experimental part, e.g. as partial results.

Unfortunately, even in this experimental part, the author commits a large number of formal errors in the notation of physical quantities and relevant units, he does not respect the rules given by the ISO 690 standard, which is most clearly visible on page 26, where there are demonstrably more than 10 formal deficiencies. In this context, **I ask the author to express whether the entry on page 27 stating, among other things, the load in the unit [Kg] is correct in his opinion, or if necessary, I request a correction as part of the presentation.**

Despite the alleged shortcomings and a large number of formal errors, the work is professionally successful and the Ph.D. student has achieved the set objectives of the dissertation thesis. As part of the experimental solution, he innovated the principle of tribological evaluation of materials, and achieved very interesting results with regard to the formation of nanoparticles depending on the various internal structures of materials caused by heat treatment process. I perceive this result as the most valuable of the entire work. The author further demonstrated the formation of toxic nanoparticles within the framework of an experimental solution and successfully states their adverse effect on the surrounding environment, including the human organism. As part of his work, he took certain measures and based on them established relevant recommendations for the further development of the field, which has a practical impact on the field of tribology. All the facts mentioned demonstrate the appropriate and adequate knowledge of the doctoral student in his field of interest.

The work is processed at the required professional level. The individual chapters are logically connected to each other and together form a complex functional unit.

The elaborated dissertation theses fulfill the requirements set for them, and after the defense of the dissertation, I recommend its publication in the presented format.

**Conclusion:**

The submitted dissertation thesis contains a professional view of the issue and demonstrates the applicant's scientific qualifications. As part of solving the objectives of the dissertation, the dissertation candidate demonstrated the ability to do independent scientific work in the field of Manufacturing technology.

From the point of view of the doctoral student's publication activity itself, I would expect a greater degree of publications with a higher IF.

Submitted dissertation of „Ing. Hadi Husain“ fulfilled the conditions of the Higher Education Act No. 111/1998 Coll., and I recommend the thesis for defense. After the successful defense of the dissertation, I recommend that its author be awarded a rank

- d o c t o r (Ph.D.) -

in the brunch of study "Manufacturing technology".

In Brno on August 16, 2022

.....  
prof. Ing. Zdeněk Pokorný, Ph.D.

## Oponentský posudek

Název disertační práce:	Risk factors of tribological processes and their environmental impact
Jméno disertanta:	Ing. Hadi Husain
Studijní program:	Mechanical engineering
Oponent:	prof. Ing. Zdeněk Pokorný, Ph.D.

Posuzovaná disertační práce je zpracována v rozsahu 95 stran a je rozčleněna do 6 kapitol, z nichž kromě kapitol odborných dále obsahuje: Poděkování, Seznam obrázků, Přehled literatury. V rámci práce však postrádám seznam použitých zkratk a jednotek, které autor ve své práci ve všech dílčích kapitolách používá.

Předmětná práce má charakter teoreticko-experimentálního díla. Teoretickou část díla autor věnuje popisu problematiky vzniku mikro a nanočástic a jejich významu na životní prostředí, kde specifikuje svoje zaměření do oblasti výzkumu částic vznikajících používáním cermetů, včetně Inconel a kubického nitridu boru, jako keramiky. U uvedených materiálů definuje i oblasti jejich použití, postrádám však vyjádření autora, že by právě tyto materiály byly používány jako stěžejní v oblastech obrábění materiálů.

V teoretické části se autor věnuje vybraným dílčím toxickým prvkům, zejména niklu, částečně i kobaltu. Své tvrzení o jejich toxicitě správně opírá o vyjádření patřičných světových orgánů, např. US Environmental Protection Agency. Výčet autorem uváděných prvků je však z pohledu praxe velmi malý, v materiálech se obecně vyskytuje velké množství dalších prvků, které svojí toxicitou konkurují uvedeným prvkům. Na straně 17 autor uvádí jako stěžejní cíle práce posoudit přítomnost částic kobaltu a niklu po tribologii a vyhodnotit jejich toxicitu. **Autora žádám o vyjádření, z jakého důvodu si vybral právě tyto dva prvky a ostatním se nevěnuje.** Z pohledu teoretické části práce a popisu aktuálního stavu v řešené problematice mi v teoretické části práci významně chybí vysvětlení významu interakce nanočástic a lidského organismu. Jejich případný genotoxický či mutagenní účinek, možnosti absorpce nanočástic lidským organismem, jeho množství v bílkovinách či proteinech. Jsem přesvědčen, že autor mohl v rámci rešerše část kapitoly věnovat i právě nebezpečnému vlivu nanočástic na organismus s patřičnými odkazy na současnou literaturu ve zdravotnictví a to i přes to, že se jedná o technické dílo (*částečně autor popisuje principy v experimentální části*).

Ve své práci se disertant věnuje tribologii a s ní spojených rizik vzniku toxických mikro a nanočástic, které vznikají v důsledku opotřebení materiálů, dále se věnuje vysvětlení principů tribologie, které správně uvádí v kontextu kluzných vlastností a odolnosti proti opotřebení. Tyto principy vysvětluje na principech kluzných ložisek či ozubených kol. Z pohledu autora jde spíše o všeobecný popis stavu, který je obecně znám, tedy vznik částic jednotlivých komponentů, které se vzájemně opotřebovávají a vznikají částice. Zde bych očekával mnohem více informací o principech (mechanismech) otěru, o množství vzniku nanočástic při různých podmínkách

např. zatížení, chybí mi zde více relevantních informací o současném stavu řešené problematiky, které lze získat jak u výrobců ložisek, tak i výrobců ozubených kol, stejně jako v automobilním odvětví, kde se této problematice věnuje velká pozornost.

Na straně 8 se autor věnuje i procesům lubrikace a jeho vlivu na vznik částic, kdy lubrikaci uvádí jako jedinou možnost snížení vzniku částic. **Zde bych autora požádal o jeho vyjádření, jakými dalšími procesy (metodami) lze snížit či omezit vznik mikro a nanočásti v systému.**

Obecně je však příslušná kapitola část teoretického základu pěkně koncipována, logicky navazují jednotlivé části a seznamují čtenáře s podněty, které budou dále řešeny v části praktické. Autor se dle struktury a pojmového aparátu dobře orientuje v příslušné problematice, z hlediska teoretického přínosu práce splňuje očekávané požadavky kladené na tento druh prací.

Bohužel se v ní vyskytuje velké množství formálních nedostatků, z nichž uvádím pouze některé, např.

- Strana 1, autor nevysvětlil zkratky a používá názvy Inconel atd.
- Strana 4-19, autor nedodrhuje principy ISO 690 s uvedením citačních odkazů ve větách viz .....military application.[2] vs. ...by Prof. H. Peter Jost[5]. vs. [11]- [13] atp.
- Strana 9 – chybný odkaz na tabulku včetně chybějícího názvu tabulky
- Strana 11 – absence zdroje citace (the most important factors are:....)

Výčet nedostatků je přítomen celým průřezem dotčených kapitol, včetně překlepů, interpunkčních a formálních chyb, umístění čárek ve větách...(vše označeno v příslušném výtisku disertační práce).

V experimentální části autor popisuje princip a hodnocení vznikajících endotoxinů během tribologických procesů, svoje tvrzení opírá o teoretické znalosti mikro a nano materiálů, vysvětluje principy teorie tribologie a opotřebení. V praktické části (očekával bych spíše v teoretické) konečně věnuje pozornost i vlivu na lidský organismus, kde svá tvrzení opírá o příslušné normy. Z hlediska realizace experimentů autor popisuje příslušnou část výroby vzorků pro experimenty, uvádí i metody, kterými byly vzorky vyrobeny, zmiňuje i význam topografie povrchu na samotný proces vzniku nanočástic a význam tepelného zpracování na vznik částic. Autor mimo jiné uvádí bez většího vysvětlení některé z parametrů textury povrchu, jedná se o Ra a Rz. **Autora žádám o vysvětlení významu těchto parametrů a proč zvolil právě parametr Rz a ne např. parametr R3z.**

V rámci řešení experimentální práce autor využívá špičkových technologií, které jsou dostupné na ČVUT, zejména v rámci hodnocení přítomnosti micro a nano částic s využitím laserové a elektronové mikroskopie. V rámci experimentální části mi však chybí systematictější přístup k řešení cílů, zejména využití širší vědecko-výzkumné základny pro hodnocení vlivu nanočástic na životní prostředí, dále na lidský organismus. Očekávat lze i prognózy vzniku mikročásti a nanočástic v důsledku nastavení různých podmínek experimentů, návrhy na snížení či významnou eliminaci vznikajících částic. Tento fakt autor naznačuje například použitím aditiv ve formě TiO<sub>2</sub>. V rámci experimentální části bych tedy očekával více vlastní práce studenta s jasným vyústěním poznatků do praxe, jasných doporučení pro oblasti tribologie již v příslušných kapitolách experimentální části, např. jako dílčí výsledky.

Autor se bohužel i v této experimentální části dopouští velké řady formálních chyb v zápisu fyzikálních veličin, příslušných jednotek, nerespektuje pravidla daná normou ISO 690, což je nejzřetelněji patrné na straně 26, kde je prokazatelně více než 10 formálních nedostatků. V této souvislosti žádám autora o vyjádření, zda zápis na straně 27 uvádějící mimo jiné zatížení v jednotce [Kg] je dle jeho názoru správný, popřípadě žádám o korekci v rámci prezentace.

I přes vytýkané nedostatky a velké množství formálních pochybení je práce odborně zdařilá a student dosáhnul stanovených cílů disertační práce. V rámci experimentálního řešení inovoval princip tribologického hodnocení materiálů, a dosáhnul velmi zajímavých výsledků s ohledem na vznik nanočástic v závislosti na různých vnitřních strukturách materiálů v důsledku navržených tepelných zpracování. Tento výsledek vnímám jako nejhodnotnější z celé práce. Autor dále prokázal vznik toxických nanočástic v rámci experimentálního řešení a uvádí jejich nepříznivý vliv na okolní prostředí, včetně lidského organismu. V rámci své práce přijal určitá opatření a na jejich základě stanovil relevantní doporučení pro další rozvoj oboru, který má praktických dopad do oblasti tribologie. Veškerá uvedená fakta prokazují patřičné odpovídající znalosti doktoranda v jeho oboru zájmu.

Práce je zpracována na požadované odborné úrovni. Jednotlivé kapitoly jsou navzájem logicky propojené a dohromady vytváří komplexní funkční celek.

Zpracovaná disertační práce splňuje požadavky kladené na tento druh prací, obhájení disertační práce doporučuji její zveřejnění v předloženém formátu.

#### **Závěr:**

Předložená disertační práce obsahuje odborný pohled na řešenou problematiku a prokazuje vědeckou kvalifikaci uchazeče. V rámci řešení cílů disertační práce prokázal disertant schopnost samostatné vědecké práce v oboru Manufacturing technology.

Z hlediska samotné publikační aktivity doktoranda bych očekával větší míru publikací s vyšším IF.

Předložená disertační práce Ing. Hadi Husain splnila podmínky Vysokoškolského zákona č. 111/1998 Sb., a práci **doporučuji k obhajobě**. Po úspěšném obhájení disertační práce doporučuji, aby jejímu autorovi byla udělena hodnost

- d o k t o r -

v oboru „Manufacturing technology“.

V Brně 16.8.2022

.....

prof. Ing. Zdeněk Pokorný, Ph.D.