

---

# OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

---

Název: **Povrchy a povlaky s parametry pro automobilový průmysl**

Autor: Ing. Zdeněk Hazdra

Školitel: doc. Ing. Viktor KREIBICH, CSc.

Školitel specialista: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Oponent: prof. Dr. Ing. Antonín Kříž, IWE

Předložená disertační práce vypracovaná Ing. Zdeňkem Hazdrou má i s přílohou 184 stran, přičemž textu je zhruba 154 stran a následují kapitoly s uvedením seznamu zdrojů, publikace autora, vyzvané přednášky a přílohy. Členění disertační práce odpovídá pravidlům, kdy první část obsahuje úvod a následuje teoretická část, na kterou navazuje praktická (experimentální) část (od strany 87) a následně diskuse výsledků se závěrem. Jednotlivé hlavní části (teoretická i experimentální) jsou členěny do sledovaných oblastí vyplývající z jednotlivých cílů disertační práce.

## **Dosažení v disertaci stanoveného cíle**

Cíl disertační práce je uveden hned v úvodu, kde je představen velmi obecně odpovídající této úvodní kapitole. Více podrobně, do již sledovaných tří oblastí zájmu, jsou uvedeny cíle za teoretickou částí. Cíle jsou stanoveny konkrétně s jasnými předpokládanými výstupy. Všeobecným cílem disertační práce je příspěvek k rozvoji tribologické problematiky, na základě nových současných poznatků i výsledků prováděných experimentů, objasněním a ovlivněním hodnot koeficientů tření. Až na některé nedostatky spočívající v potlačení některých významných faktorů (stav povrchu – drsnost a tvrdost) byl tento cíl splněn. Rovněž dílčí cíle byly splněny, ale rovněž i zde mohl autor uvést více konkrétních výsledků s jasným dopadem na sledované tribologické systémy (snížení pasivních odporů ve spalovacích motorech; pevnost a spolehlivost šroubových spojů; zvýšení výkonů brzdových systémů). Autor v některých kapitolách sleduje zvolené cíle v poměrně širokém záběru (to se týká především legislativních kritérií emisí motoru), na druhou stranu technické aspekty (stav povrchu, popis materiálů, ale i volba použitých testovacích parametrů) mohly být více rozepsány.

## **Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky**

V kapitole pojednávající o oboru tribologie se autor poměrně široce rozepisuje o Evropské legislativě. Nejen tribologie, ale především legislativa (když už autor věnoval i velkou pozornost této oblasti) se dynamicky vyvíjí, a tomu měla odpovídat i aktuálnost použitých literárních zdrojů. Použité zdroje byly aktuální zřejmě v době konání státní doktorské zkoušky, avšak k roku odevzdání disertační práce jsou tyto prameny již poměrně zastaralé. Rovněž rozbor současně používaných materiálů a jejich úprav mohl být i po uvedení státní doktorské zkoušky inovován a doplněn zcela novými poznatky. Protože tribologie je funkcí

(i odrazem) stavu povrchu bylo by vhodné, kdyby se autor ve své disertační práci také zaměřil na podstatu povrchu, a jaké oblasti jsou pro výsledné tribologické vlastnosti rozhodující. Na druhou stranu disertační práce poskytuje velmi cenné poznatky z oblasti legislativních požadavků a kritérií, které jsou hybnou silou současného vývoje a určují potřebné cíle, jestliže se mají na trhu zachovat spalovací motory. Rovněž v oblasti šroubových spojů a třecích systémů jsou uvedeny velmi komplexní informace vycházející i z konstrukční podstaty šroubového spoje a třecích uzlů.

### **Teoretický přínos disertace**

Teoretická část se ve své první části věnuje tribologickým vlastnostem ve vazbě na požadavky automobilového průmyslu. Na jeho potřeby je pohlíženo přes legislativní podmínky vyplývající z nařízení Komise (EU) č. 136/2014 ze dne 11. února 2014 Evropského parlamentu a Rady. V tomto směru poskytuje důležité vazby, které poukazují na potřeby tribologických vlastností a vývoje speciálních maziv z jiného pohledu, než je pouze strojařský. Rovněž další dva cíle a tím i oblasti zájmu vychází z potřeb automotive. Omezení rizik šroubových spojů obsahuje ucelenou rešerši vycházející geometrie závitů až po závislosti na utahovacím momentu a povrchovém stavu závitů. Poslední oblastí je zvýšení výkonu třecích uzlů. Zde se rešerše dotýká i brzdových systémů nákladních automobilů. V této oblasti mohly být i po teoretické stránce podrobněji rozepsány další faktory, které mají vliv na daný třecí uzel.

Ve všech oblastech měl autor ještě před kompletní poznatků, které získal při rešeršní činnosti v rámci přípravy podkladů pro Státní doktorskou zkoušku, aktualizovat dosažené poznatky. Jako příklad lze uvést nové aplikace pístních kroužků a to jak z hlediska konstrukce, tak i povrchových vrstev. U brzdových systémů bylo dosaženo velmi zajímavých poznatků s různě tepelně zpracovanými (i kryogenně) materiály (konkrétně brzdových kotoučů).

### **Praktický přínos disertace**

Pozitivním aspektem disertační práce je začlenění do kapitoly s diskusí výsledků také přínosy pro praxi. Autor tak zdůraznil jednotlivé dopady pro praktické aplikace ve všech třech sledovaných oblastech. Dosažené výsledky i autorovo další zkušenosti jednoznačně ukazují na vhodnost aplikace mazadel s nanočásticemi, které se prostřednictvím submikronových aditiv projevily i u oleje určeného pro svoje provozní podmínky k výměně. U šroubových spojů bylo dosaženo poznatků, které napomáhají odstranit zažité přístupy k utahování spojů, ale především použití vhodných mazadel. U materiálů s definovanou a zvýšenou frikcí byla prokázána vhodnost kovokeramických materiálů s nanočásticovými aplikacemi. V experimentální části bylo dosaženo velkého množství výsledků, které poskytují další prostor pro celou řadu navazujících měření. Hlavním výsledkem této disertační práce by měly být konkrétní průmyslové aplikace.

### **Vhodnost použitých metod řešení a způsob, jak byly použité metody aplikovány**

Ve všech třech případech experimentů doktorand prokázal schopnost postavit základ experimentu dosáhnout požadovaných výsledků a jejich zpracování a to i ve vazbě na rešeršní studii. Na druhou stranu mohl autor využít i další analytické techniky a popsat povrchový stav pomocí charakteristik drsností (plošných charakteristik Sa apod.) Rovněž by bylo vhodné doplnit povrchové stavy vhodnými snímky a to s využitím předností laserové konfokální mikroskopie a dále stanovení mikrotvrdoosti povrchu, popř. hloubkový profil tvrdostí.

### **Prokázání odpovídajících znalostí v oboru**

Doktorand Ing. Zdeněk Hazdra prokázal velmi hluboké znalosti v oboru tribologie. To dokazuje nejen široké pojetí disertační práce, ale také skladba experimentu. Za velkou přednost považují také to, že sám se podílel na konstrukčním řešení, úpravě popř. výrobě měřících přístrojů.

### **Formální úroveň práce**

Práce je na velmi dobré úrovni, její rozsah odpovídá meritě řešené věci. Obsahuje pouze drobné nejasnosti, překlepy. S jednotlivými uvedenými snímky by se mělo v textu více pracovat a také uvedené grafické zpracování výsledků by mělo být opatřeno doplňujícím komentářem. Na druhou stranu práce je přehledná i díky uvedenému seznamu symbolů (včetně jednotek) a zkratk, seznamu obrázků a grafů.

Disertační práce Ing. Zdeňka Hazdry jednoznačně prokazuje požadované vědecké i velmi odborné schopnosti kandidáta. Autor odvedl značný kus kvalitní práce, nenašel jsem v předložené disertaci závažné chyby a práci doporučuji k obhajobě. Doporučuji proto, aby byl připuštěn k obhajobě a aby mu po úspěšné veřejné rozpravě a správném zodpovězení položených dotazů byl udělen titul Ph.D. (dle zák. č. 111/1998 Sb. § 47).

### **Otázky k obhajobě:**

*Proč nebyl sledován stav povrchu tribologické dvojce?*

*Odpovídaly teploty olejů při vlastních zkouškách teplotě, která je u oleje po delší době provozu spalovacího motoru (zážehového motoru)?*

*Jak se v tribologickém systému projeví Hertzův tlak ve vazbě na povrchový stav kontaktních těles.*

V Plzni, 12. září 2022



prof. Dr. Ing. Antonín Kříž, IWE