

Oponentní posudek diplomové práce

Českého vysokého učení technického v Praze, Fakulty strojní,
Ústavu materiálového inženýrství;

Titul práce: „Hodnocení záběhové fáze tribologických povlaků“

Autor: Bc. Matěj Buřil

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Cvrček, Ph.D.

Oponent práce: Ing. Stanislav Sláčík, CSc.

Diplomová práce předložená panem Bc. Buřilem se věnuje velmi aktuálnímu a zajímavému tématu záběhu povlakových vrstev strojních součástí.

Vedoucí diplomové práce ve svém zadání zdůraznil význam záběhové fáze pro životnost celého tribologického systému, nastínil základní faktory ovlivňující záběh systému, a to jeho bodové zatížení, teplotní namáhání a drsnost povrchu a jako cíl práce stanovil navrhnout vhodný povlakový systém a ověřit průběh tření a otěru ve fázi záběhu. Práci stanovil rozčlenit do následujících fází: “1. Literární rešerše, 2. Návrh a příprava vhodného tribologického povlaku, 3. Tribologické testy a jejich vyhodnocení, 4. Diskuze a závěr“. Vedoucí práce také stanovil seznam základní doporučené literatury.

Předložená diplomová práce má celkem 57 stran, z toho prvních osm stran je bez očíslování (a to 2 titulní strany - patitul a titulní list, 1 str. Zadání práce, 1 str. Prohlášení autora, 1 str. Poděkování, 1 str. obsahující Anotace, Klíčová slova, Abstract, Keywords, 1 str. Seznamu zkratk, 1 str. Obsahu) a dále 49 číslovaných stran vlastní práce, členěné do 7 kapitol: 1 Úvod, 2 Teoretická část, 3 Experimentální část, 4 Tribologické vlastnosti, 5 Závěr, 6 Seznam obrázků, 7 Bibliografie (kapitoly 6 a 7 nejsou uvedeny v Obsahu).

Vlastní práce je strukturována do 5 kapitol (1 až 5, jak jsou uvedeny výše) a obsahuje kromě textu 6 tabulek (tabulka Seznam zkratk není označena jako tabulka a tabulka č. 4 v práci chybí - po tabulce č. 3 následuje tabulka č. 5) a 46 obrázků. Práci uzavírá bibliografie literárních pramenů, uspořádaná v pořadí citací v textu (kapitola 7).

Předložená práce začíná úvodem (kapitola 1), jakkoli je vlastní podrobný úvod do problematiky obsažen až v kapitole 2 (Teoretická část), opírající se o velmi rozsáhlou rešerši odborné literatury, což je třeba ocenit.

Kapitola 3 (Experimentální část) je jádrem předložené diplomové práce, v němž autor předkládá záznam o svém velice rozsáhlém a časově nákladném tělese tribologických experimentů, což je nutné zdůraznit a náležitě ocenit. Autor změřil třecí sílu a opotřebení celkem 52 vzorků, a to při třech hodnotách kluzné rychlosti a pro 9 hodnot celkového proběhu pinu (kuličky) po disku, a to od 100 cyklů až do 100 000 cyklů (otáček disku). Experiment byl tedy postaven zešíroka a poctivě zpracován. Nadto si během své práce autor osvojil, kromě práce s tribometrem, vrypovou a indentační zkouškou a kalotováním, také využití současných špičkových analytických metod opotřebení třecích dvojic, jako výkonnou optickou a elektronovou mikroskopii, EDS spektroskopii, optickou profilometrii a především, předvedl, že tyto nástroje používá účelně pro splnění zadání své práce. Výsledky svých měření autor podrobil analýze a okomentoval.

Zadání své diplomové práce tímto autor zcela naplnil.

Práce má přesah do oblasti praktické tribologie v průmyslu. Ukázala význam záběhové fáze životního cyklu třecí dvojice (s jedním DLC-povlakovaným členem) v rámci suchého kluzu i olejem zaplaveného kontaktu. Mimo jiné ukázala, že rozšířený mýtus o nižším opotřebením suchého tření dvojice ocel-DLC v porovnání s opotřebením této dvojice pod olejem, je zcela mylný, neboť mazání (byť vede k vyššímu opotřebením kuličky) výrazně snižuje otěr povrchové vrstvy na disku, jehož funkční Me-dopovaná DLC povrchová vrstva je velmi tenká, jen asi 5 mikrometrů, a tudíž kritická pro funkční životnost celé třecí dvojice.

Autorem uvedená diskuze příčin zjištěných výsledků je však do značné míry spekulativní, tak jako je ale dosud spekulativní i odborná diskuze v časopisecky publikovaných pracích. Ukazuje se, že o tření a opotřebením třecích dvojic se rozhoduje v tenké tribologické vrstvě mezi členy této dvojice. Ukazuje se na potřebu získání dat o teplotě a dalších parametrech v této vrstvě, a to za běhu tribometru.

Hodnotu této výborné předložené práce však poněkud snižují některé dílčí nedostatky.

Autor místy volně nakládá s odbornou terminologií. Tak, na straně 2 zavádí *kinetickou* třecí sílu (kurzíva je moje), zatímco správný přívlastek je *kinematická*. Jde totiž o statické, versus *kinematické* tření, a že se nejedná o slovíčkaření je vidět z etymologie těchto slov. Zatímco přívlastek **kinetický** (ze staré řečtiny $\kappa\acute{\iota}\nu\eta\sigma\iota\varsigma$ (kinésis, odvozené od $\kappa\acute{\iota}\nu\epsilon\omega$ (kinéó) = *Já pohybuji, uvádím v pohyb*) odkazuje na aktivní motor pohybu, **kinematický** ($\kappa\acute{\iota}\nu\eta\mu\alpha$ (kínéma) znamená ve staré řečtině pohyb) odkazuje na to, že něco prostě je v pohybu. Nikoli aktivním hybatelem. Tření nemůže být hybatelem, tření nemůže být **kinetické**, ale může se vyskytovat v klidu (statické), či za pohybu (**kinematické**).

Analogicky autor zavádí **kinetickou** viskozitu na str. 17, přičemž na straně následující již píše (a to správně) o **kinematické** viskozitě. Autor definuje na str. 17 viskozitu takto: „Viskozita popisuje schopnost oleje proudit za daných podmínek a teplot“. Viskozita je ale správně definována jako *míra vnitřního tření v kapalině*, a jako taková je brzdou, nikoli motorem pohybu, viz mé vysvětlení výše.

Podobně volně autor nazývá režimy tření na Stribeckově diagramu. Na straně 9 je to *Mezní mazání*, (správně má být mezní či mezné tření) na str. 14 (a na str. 22) je to náhle „V režimu **hraničního** mazání“.

Na str. 27 autor „... vychází z **Vikrsovy** zkoušky,...“, přitom má patrně na mysli zkoušku tvrdosti podle **Vickerse**.

Drobné překlepy, chybějící písmenka, gramatické chyby (str. 24, „byli“) a další drobné defekty rovněž škodí celkovému dojmu z předložené práce, neboť obsah a forma by měly být spolu v souladu.

Po celkovém zhodnocení obsahové i formální stránky předložené práce ji klasifikuji stupněm **A (výborně)**.

Autorovi práce přeji její úspěšnou obhajobu a považoval bych za přínosné, pokud by se autor i nadále pohyboval v oblasti experimentální tribologie.

V Praze dne 30. srpna 2019


Ing. Stanislav Sláčík, CSc.