

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
TECHNICKÁ FAKULTA**

130596

**NÁVRH AUTOMATIZÁCIE ZARIADENIA PRE SKÚŠKY
ADHEZÍVNEHO OPOTREBENIA**

2011

Tomáš Víglaský

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
TECHNICKÁ FAKULTA**

**NÁVRH AUTOMATIZÁCIE ZARIADENIA PRE SKÚŠKY
ADHEZÍVNEHO OPOTREBENIA**

Bakalárska práca

Študijný program:	Prevádzková bezpečnosť techniky
Študijný odbor:	2386700 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra kvality a strojárskych technológií
Vedúci bakalárskej práce:	Ing. Martin Kotus, PhD.

Nitra, 2011

Tomáš Víglaský

Čestné vyhlásenie

Podpísaný Tomáš Víglaský vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Návrh automatizácie zariadenia pre skúšky abrazívneho opotrebenia“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 2. máj 2011

Tomáš Víglaský

Pod'akovanie

Touto cestou chcem úprimne pod'akovať vedúcemu bakalárskej práce Ing. Martinovi Kotusovi, PhD. za všestrannú pomoc a cenné rady, ktoré mi poskytol pri vypracovaní tejto bakalárskej práce.

Abstrakt

Opotrebenie malo už v minulosti podstatnú úlohu v strojárskom priemysle a má ju aj dodnes. Hoci v súčasnosti aj väčšiu, čo súvisí s modernizáciou a neustálym pokrokom v strojárskej technológii. Zvyšujú sa požiadavky na kvalitu, spoľahlivosť, bezpečnosť.

V mojej práci sme sa snažili o zhrnutie poznatkov z tribometrie, tribológie a opotrebenia. Na základe týchto poznatkov sme zhodnotili možnosti techniky skúmania trenia a opotrebenia. Na základe dostupnej literatúry a internetových zdrojov sme sa snažili získať informácie o adhezívnom opotrebení a s tým súvisiacich poznatkoch, ktoré sme o tejto problematike nadobudli.

Opotrebenie je definované ako nežiadúca zmena povrchu alebo rozmerov tuhých telies a preto je cieľom vied, ktoré sa touto problematikou zaoberajú zistiť čo najviac o opotrebení a znížiť ho na minimum.

Kľúčové slová: : adhezívne opotrebenie, tribológia, tribometria

The abstract

Wear it in the past a major role in the engineering industry and it has even today. Although at present and more, which is associated with modernization and continued progress in engineering technology. Increases the demand for quality, reliability and security.

In my work I have tried for summary knowledge of tribometrie, tribology and wear. Based on this knowledge, I like to assess the possibility of engineering examination of friction and wear. Based on available literature and Internet sources, I tried to get information on adhesive wear and related knowledge which we acquired on this issue.

Attrition is defined as an undesirable change in the surface or the dimensions of solid bodies and therefore to the sciences that deal with this issue find out as much about the wear and reduced to a minimum.

Keywords: adhesive wear, tribology, tribometry

Obsah

ZOZNAM SKRATIEK A ZNAČIEK.....	7
ÚVOD.....	8
1. PREHLAD O SÚČASNOM STAVE V DANEJ PROBLEMATIKE	9
1.1 <i>TRIBOLÓGIA</i>	9
1.2 <i>TRIBOMETRIA</i>	15
1.3 <i>OPOTREBENIE</i>	18
1.3.1 <i>Adhezívne opotrebenie.....</i>	19
1.3.2 <i>Abrazívne opotrebenie</i>	20
1.3.3 <i>Korozívne opotrebenie.....</i>	22
1.3.4 <i>Erozívne opotrebenie</i>	22
1.3.5 <i>Únavové opotrebenie</i>	23
1.3.6 <i>Kavitačné opotrebenie</i>	24
1.3.7 <i>Vibračné opotrebenie.....</i>	25
1.4 <i>PREHLAD EXPERIMENTÁLNYCH ZARIADENÍ PRE SKÚŠKY OPOTREBENIA</i>	26
1.4.1 <i>Zariadenia pre skúšky adhezívneho opotrebenia.....</i>	26
1.4.2 <i>Zariadenia na skúšky odolnosti materiálov proti abrazívnemu a erozívnemu opotrebeniu</i>	28
1.4.3 <i>Zariadenia na skúšky odolnosti proti kavitačnému opotrebeniu.....</i>	29
1.4.4 <i>Zariadenia na skúšky odolnosti proti únavovému opotrebeniu.....</i>	30
2. CIEĽ PRÁCE	31
3. METODIKA PRÁCE.....	32
4. VLASTNÁ PRÁCA	33
4.1 <i>POPIS ZARIADENIA PRE SKÚŠKY ADHEZÍVNEHO OPOTREBENIA.....</i>	33
4.2 <i>MODERNIZÁCIA ZARIADENIA</i>	35
ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV	38
ZÁVER	39
POUŽITÁ LITERATÚRA :	40

Zoznam skratiek a značiek

F - ferit

P - perlit

S - sorbit

T - troostit

A - austenit

K - karbidy

M - martenzit

Úvod

Tribológia využíva a zovšeobecňuje poznatky mechaniky, fyziky, matematiky, chémie, biológie a ďalších vedných odborov. Názov tribológia je spojený z dvoch gréckych slov tribos- trenie a logos- veda.

Cieľom bakalárskej práce je priblížiť poznatky z tribológie a hlavne opotrebenia, kde sme sa zamerali na adhezívne opotrebenie. Adhezívne opotrebenie je najčastejšie opotrebenie súčiastok. V praxi sa adhezívne opotrebenie vyskytuje v prípadoch oscilačného pohybu tuhých telies, pritlačovaných normálovou silou, to je napr. pri kontakte koleso – kolajnica, klzné ložiská, čapy. Veľkosť opotrebenia je závislá na zaťažení kontaktnej dvojice, voľbe materiálov kontaktnej dvojice, technológii výroby (opracovanie) funkčných povrchov. Typickým prejavom poškodenia je jemný adhezívny oder. Intenzívna forma adhezívnych účinkov sa nazýva zadieranie. Hlavným cieľom pri opotrebení je znížiť respektíve odstrániť trenie a opotrebenie trúcich sa častí. Na tento účel sa používajú mazivá.

Na začiatku mojej práce sa zameriame na všeobecné poznatky okolo tribológie a opotrebenia. Nakoniec sa v prehľade danej problematiky dostaneme k poznatkom adhezívneho opotrebenia na ktoré sme sa zamerali v tejto práci. Ďalším cieľom je návrh modernizácie zariadenia na skúšky adhezívneho opotrebenia podľa normy, pričom tento návrh má spracovať hlavne uľahčenie obsluhy zariadenia, spresnenie meraní a celkovú modernizáciu prístroja v rámci dnešnej modernej doby.

1. Prehľad o súčasnom stave v danej problematike

1.1 Tribológia

Tribológia patrí medzi multidisciplinárne vedy. Využíva a zovšeobecňuje poznatky mechaniky, fyziky, matematiky, chémie, biológie a ďalších vedných odborov. Teória hovorí, že tribológia rieši problémy trenia, opotrebovania a mazania povrchov trúcich sa dvojíc pri ich vzájomnom relatívnom pohybe. Pojem tribológia nie je taký starý ako je jej praktické využívanie v praxi počas niekoľkých tisícročí. Napríklad v starom Egypte sa pri stavbe pyramíd používali prírodné mazivá na mazanie dopravných prostriedkov a ešte skôr sa našli v Mezopotámii nákresy a predmety, kde je znázornené koleso, obsahujúce drevené, kost'ové a kamenné ložiská. Názov tribológia zaviedol v roku 1966 profesor Peter H. Jost z gréckych slov tribos – trenie a logos – veda. Hlavné zameranie tribológie a tribotechniky. Úlohou tribológie a tribotechniky – jej praktického využitia v priemyselnej a prevádzkovej praxi – je znižovanie, resp. odstránenie trenia a opotrebovania trúcich sa častí v exponovaných uzloch kontaktu. Riešenie uvedeného problému závisí od viacerých faktorov: optimálnej konštrukcie a voľby materiálu strojného zariadenia, motorového agregátu, turbíny, extrémnych prevádzkových podmienok, teploty, tlaku, korozívneho prostredia, prítomnosti vody atď. Ako každá veda, aj tribológia sa zakladá na skúsenostiach a výsledkoch cielavedomej výskumnej práce a poučeníach vyvodенých z úspechov ale aj omylov mnohých generácií. Z charakteru médií (tuhé látky, kvapaliny a plyny), ktoré navzájom na seba pôsobia, vyplýva, že na riešenie tribologickej problematiky je potrebný komplexný interdisciplinárny tvorivý postup. Tribológia, ako nová vedná disciplína, získava charakter základnej technickej disciplíny, pričom využíva poznatky klasických technických a prírodných vied. Jej novosť a široký priestor prináša aj problémy, ktorých vyriešenie si vyžiada veľa úsilia a času.

Rozsah dejov a procesov, patriacich do oblasti, ktorou sa zaoberá tribológia, spôsobuje, že doteraz nebola v medzinárodnom rozsahu jednoznačne definovaná. Po tom, čo výraz tribológia používali najmä fyzici a chemici v anglicky hovoriacich krajinách. V súčasnosti sa tribológia chápe ako samostatná vedná technická disciplína, ktorej patrí miesto v komplexe technických vied väčšinou zaraďovaných do oblasti strojárstva.

1. Medzinárodná tribologická rada ITC zaviedla nasledovnú definíciu- Tribológia je veda a technológia zaoberajúca sa vzájomným pôsobením povrchov pri ich relatívnom pohybe a s nimi súvisiacimi subjektmi a praktikami. (Balla, 1989)

Medzi ďalšie definície patrí- Tribológia je náuka o vedeckom výskume a technickom použití zákonitostí a poznatkov pre vedné odbory trenia ,opotrebenia a mazania. Ide o vedu ,ktorá sa zaoberá určovaním a zmenou štruktúr a správania sa všetkých možných reálnych prírodných a umelých tribologických systémov.

V nadväznosti na uvedené definície pod pojmom tribológia budeme chápať interdisciplinárnu vedu ,ktorá sa zaoberá stavom a procesmi v prirodzených a umelých tribologických systémoch ,vzájomným pôsobením povrchov pri ich relatívnom pohybe a s tým súvisiacou technológiou.

Tribológia je plnohodnotnou vedou ,ktorá obsahuje jednotlivé čiastkové oblasti ku ktorým patrí –

Tribotechnika –oblasť techniky ,ktorá sa usiluje technicky a ekonomicky ovládnuť procesy trenia a opotrebenia trecích uzlov vedecky zdôvodnenými opatreniami pri ich konštrukcii ,dimenzovaní ,výrobe ,prevádzke a údržbe. Hlavnými súčasťami sú predovšetkým technika mazania a technika ochrany proti opotrebeniu.

Ďalej sú to tribofyzika, tribochémia, tribomechanika ,triboorganizácia ,tribotechnológia a tribobiológia. (Balla, 1989)

Vývoj a história tribológie v Česku a Slovensku

Tribológia a tribotechnika má stále miesto v odbornej oblasti starostlivosti o stroje a zariadenia a prispieva k ich spoľahlivosti v prevádzke. Táto odborná činnosť má svoju históriu, čo potvrdzuje aj skutočnosť, že v tomto roku si pripomíname 50. výročie založenia organizovanej techniky mazania, tribotechniky a spoločnej českej a slovenskej vzájomnej spolupráce. Pre spotrebiteľskú, vedeckú a odbornú verejnosť vyplývajú nové úlohy, ktoré súvisia s vedným odborom tribológie. Ide o úlohy zamerané na prípravu odborných kádrov, vytváranie podmienok pre aplikáciu tribotechnickej diagnostiky, uplatňovanie nových tribologických poznatkov v praxi a iné dôležité úlohy. Ponúka sa tu možnosť ďalšej spoločnej českej a slovenskej spolupráce v tomto vednom odbore.

(<http://www.strojarstvo.sk/inc/casopis>)

Vývoj

Tribológia, ktorá patrí medzi nové vedné odbory, má v Čechách a na Slovensku svoju históriu a významne prispieva k efektívnemu využívaniu zdrojov energie. Prvé správy o

organizovanej technike mazania (tribotechnike) sú z roku 1957, keď vznikla sekcia techniky mazania v bývalom Československu na podnet pracovníkov Výskumného ústavu palív a mazív (VÚPM), n.p. Benzina v Prahe. V roku 2007 je to 50 rokov od založenia organizovanej tribotechniky v Československu. V tomto čase sa významne podieľali na propagácii správneho mazania strojov najmä pracovníci krajských odbytových závodov n.p. Benzina v Čechách a na Slovensku. Medzi priekopníkov, ktorí významne prispeli k rozvoju techniky mazania v tomto období boli Ing. Emil Šafr, Ing. Antonín Dyk, Ing. Ctírad Náhlavský, na Slovensku Jozef E. Kohút a ďalší. Z tohto obdobia vieme, že mimoriadne významný dokument, ktorý položil základy k organizácii techniky mazania, boli smernice pre organizáciu techniky mazania v závodoch ministerstva strojárstva č. 70/54, ktoré boli v roku 1967 zrušené. Po vzniku federácie v roku 1969 začala na Slovensku zvýšená aktivita v tomto technickom odbore.

Ako doklad o tom chceme uviesť správu, ktorá bola publikovaná v odbornom časopise Ropa a uhlie č.9 z roku 1971 na strane 510. V texte správy je uvedené: Dňa 10. mája 1971 zišiel sa v Bratislave na GR Slovchémia prípravný výbor, poverený Slovenskou spoločnosťou priemyselnej chémie obnoviť činnosť Odbornej skupiny pre tribológiu a tribotechniku. Odborná skupina bola zriadená týmito funkcionármi:

- predseda, Ing. Jiří Stuchlík, Slovnaft, n.p. Bratislava
- vedecký tajomník, Dr. Ing. Xeno Liebl, VÚRUP, Bratislava
- organizačný tajomník, František Neumann, Benzinol, n.p. Bratislava. Súčasne sa navrhol rámcový program odbornej skupiny. Medzi prvé úlohy patrila úloha so zameraním na zistenie stavu úrovne tribotechniky na Slovensku. Prieskum stavu tribotechniky bol vykonaný v 18 vybraných podnikoch a výsledky prieskumu boli zverejnené v časopise Ropa a uhlie č.12/1972 pod názvom „Stav tribotechniky v SSR“ autori: František Neumann a Ing. Jozef Stopka. Správa o stave tribotechniky bola odoslaná aj nadriadenému orgánu s cieľom realizovať navrhnuté opatrenia na zlepšenie stavu tribotechniky.

(<http://www.strojarstvo.sk/inc/casopis>)

V roku 2006 sme si pripomenuli 35. výročie založenia Odbornej skupiny pre tribológiu a tribotechniku na Slovensku. Začiatkom 70. rokov veľkú iniciatívu začali vyvíjať niektoré organizácie a najmä členovia bývalej ČSVTS, ktorí poukazovali na straty, ktoré vznikajú pre národné hospodárstvo. Určitý obrat v tejto technickej oblasti nastal až v roku 1975, keď boli vydané Pokyny FMVS č.19/75 k organizácii mazacích služieb a následne aj v ďalších rezortoch národného hospodárstva. Zavedením pojmu t r i b o l ó g i a profesorom P.H. Jostom v roku 1966 v Anglicku sa poukázalo na hospodársky veľmi dôležitú, samostatnú technickú problematiku, čo malo významný vplyv na rozvoj tohto vedného odboru. V Československu v tomto období sa sformovali 3 skupiny tribológov a tribotechnikov, ktorí venovali zvýšenú pozornosť tejto technickej oblasti. Išlo o dve skupiny v českých krajoch, a to celoštátna odborná skupina „Tribológia“, pod vedením Ing. Milana Vocela, CSc. a odborná skupina „Tribotechnika“, pod vedením Ing. Ctirada Náhlovského. Tieto odborné skupiny pracovali v strojárskej sekcii ČSVTS. Na Slovensku pôsobí v tomto období odborná skupina „Tribológia a tribotechnika“ pri Slovenskej spoločnosti priemyselnej chémie ČSVTS pod vedením Ing. Jozefa Stopku.

Na podnet Ing. Pavla Schwaba z Vývoja ZŤS Martin, boli pozvaní tribológovia zo skupiny Ing. Milana Vocela, CSc. do odbornej skupiny pre tribológiu a tribotechniku na Slovensku. Boli to prof. Pavel Blaškovitš, prof. Jozef Balla a neskoršie prof. Marián Dzimko zo Žilinskej univerzity.

Medzi rozhodujúce aktivity slovenských tribológov a tribotechnikov patrili v tomto období najmä tieto:

- rozširovanie informácií a poznatkov z oblasti tribológie a tribotechniky z domácich a zahraničných prameňov,
- školenie odborných kádrov v krátkodobých a dlhodobých kurzoch a v postgraduálnom štúdiu,
- organizovanie seminárov, konferencií a sympózií aj na medzinárodnej úrovni. Mimoriadna pozornosť bola venovaná kľúčovým odvetviam národného hospodárstva a to poľnohospodárstvu, potravinárskemu priemyslu, stavebníctvu a doprave.

Všetky stroje a zariadenia obsahujú pohybujúce sa časti a v tom okamihu je potrebné, pri ich navrhovaní, uvažovať s ich tribologickými vlastnosťami. Pri pohybujúcich sa častiach dochádza k prenosu energie, k jej zmenám a aj k stratám. Tribológia umožňuje analýzu týchto procesov, nachádza vysvetlenie toho, čo sa v kontaktoch deje a umožňuje ovplyvňovať konštrukciou strojov ich spoľahlivosť. V poslednom období sa výskum v

oblasti tribológie uskutočňoval ako vedecky korektný a akademický. Vlastný výskum sa zamerlal na pomerne úzke oblasti techniky, čím chýbal prechod medzi výsledkami dosiahnutými v pochopení základných procesov a praktickými aplikačnými výstupmi. Z hľadiska priemyslu takýto postup neprinášal veľa pozitívneho a neexistovala dostatočná odozva z výrobnnej sféry.

Súčasný stav - rozdelenie oblasti, v ktorých je tribológia aktívnou súčasťou systému.

Trenie, opotrebenie a mazanie sú komplexné procesy, ktoré boli doteraz v prevažnej miere skúmané klasickými metódami. Výsledky základného výskumu ukázali, že v prípade trenia a opotrebenia je potrebné hovoriť o stochastických procesoch. Tieto prebiehajú ako nelineárne, disipačné dynamické deje v mikrokontaktach, ktoré sú od seba časovo aj priestorovo nezávislé. Existuje názor, že vlastnosti tribologických procesov majú patriť skôr k oblastiam tzv. chaotických vied. Predpovedať vývoj v celej vednej oblasti, je na rozdiel od deinovania strategických cieľov výskumu, veľmi neistá vec. Napriek tomu môžeme dnes konštatovať, že mnohé predpovede sa naplnili, aj keď sa v tribotechnike objavili nové oblasti. Ide hlavne o dynamicky sa rozvíjajúcu nanotribológiu, tribológiu systémov pracujúcich v podmienkach extrémneho vákua, nízkych a vysokých teplôt a využívanie fraktálnej teórie na objasnenie prebiehajúcich tribologických a tribotechnických procesov.

Technika

Zhmotnením vedeckých poznatkov, či už experimentálnych alebo teoretických, dochádza k uplatneniu v technike, kde tvarom najrozličnejšie tribologické systémy realizujú hlavnú úlohu, a to prenos pohybu, síl, práce, energie a materiálu. Tribológia je zapojená do všetkých fáz výroby výrobku. Do jeho vývoja, konštrukcie, technológie výroby, prevádzky, údržby a prípadne opravy. Tribológia sa podieľa na zvyšovaní výkonov a účinnosti, spoľahlivosti a bezpečnosti. Vyššia kvalita, optimálna doba používania, úspory energie a materiálov a zníženie zaťaženia životného prostredia sú ďalšie pozitíva, ktoré tribológia v technike prináša. Technickou úlohou tribológie je optimalizácia výrobných a materiálových technológií, s cieľom minimalizovania strát trením a opotrebovaním.

(<http://www.strojarstvo.sk/inc/casopis>)

Ekonomika

Vyspelé industriálne a nové industriálne krajiny zverejňujú prekvapujúce výsledky široko založeného výskumu možných strát, ale najmä možných úspor v prípade včasného a dôslednejšieho uplatnenia už existujúcich tribologických poznatkov. Iný rozmer dostane ekonomické zhodnotenie potenciálu tribológie, keď si uvedomíme, že straty energie v dôsledku trenia predstavujú aj vo vyspelých štátoch cca 25 %. V menej vyvinutých krajinách toto číslo narastá na takmer hrozivých 40 % celkovej vyrobenej energie. Čo to znamená pre životné prostredie a ekológiu nie je potrebné ďalej zvyrazňovať.

Materiály a ich význam v tribológii

Tribologický systém pozostáva zo 4 prvkov, a to z dvoch trecích telies, maziva a okolia. Trecie telesá sú v prevažnej miere tvorené kovmi a kovovými zliatinami, polymérmi, elastomermi alebo keramickými materiálmi. Rozhodujúcu úlohu pri ovplyvňovaní úrovne adhézie, trenia a opotrebovania, keď neuvažujeme o mazaní, má ich povrch a vrstvy nachádzajúce sa bezprostredne pod povrchom. Z povrchových efektov ovplyvňujúcich tribologické vlastnosti systému sú najvýznamnejšie: rekonštrukcia povrchu, segregácia alebo vylučovanie, chemisorpcia a vytváranie compoundov.

Oblasť adhézneho trenia

Adhézia čistých kovových povrchov a pochopenie princípu je pomerne dobre preskúmané a záujem sa sústreďuje na objasnenie správania sa oxidových vrstiev. Oblasť, ktorá ostáva „otvorená“ výskumu je predovšetkým adhézne správania sa keramických materiálov, či už ako kompaktných telies alebo ako tenkých vrstiev, ktoré nachádzajú čoraz širšie uplatnenie v inžinierskych systémoch.

Pretože všetky zmeny tribologického systému, vedúce k jeho opotrebeniu, sú vyvolané silami pôsobiacimi v reálnych dotykových bodoch, makroskopické parametre nepostačujú na deň novanie prebiehajúcich procesov. V mikroskopickom ponímaní je dôležitý fakt, že vytváranie častíc opotrebenia je zviazané s geometrickými zmenami, a tak mikro geometria kontaktu nemôže byť považovaná za danú charakteristiku, ale za premennú veličinu.

(<http://www.strojarstvo.sk/inc/casopis>)

1.2 Tribometria

Z interdisciplinárneho charakteru tribológie vyplýva, že na skúmanie tribologických procesov sa používajú rôznorodé metódy a techniky. Do oblasti tribometrie patria meranie trenia a opotrebenia, skúšanie mazív, hodnotenie tribotechnických prvkov strojov, sledovanie ich správania sa v prevádzke. Problémom pri triboskúškach je interpretácia ich výsledkov do praxe. (BLAŠKOVIČ, 2000)

Hlavné rozdelenie tribometrie

Tribologické skúšky možno rozdeliť do troch skupín-

-modelové skúšky na laboratórnych zariadeniach, ktoré pracujú v presne definovanom režime spôsobujúcom špecifický tribologický proces, ktorý umožňuje vyjadriť jeho vzťah štruktúre systému, prevádzkovým premenným a pod. Ich výsledky sa využívajú osobitne pri základnom výskume trenia, opotrebenia a vývoji materiálov pre určité tribologické použitie.

-skúšky na simulačných zariadeniach, pri ktorých reprodukuje sa take premenne, od ktorých sa v prevádzke očakáva najväčšia účasť na tribologickom procese. Ich vážnym nebezpečenstvom sú chyby, ktoré vyplývajú z nesprávneho odhadnutia jednotlivých prevádzkových premenných.

-prevádzkové skúšky, ktoré sú najpreukázanejšie, ale sú aj časovo a finančne náročné.

(<http://www.strojarstvo.sk/inc/casopis>, BLAŠKOVIČ, 2000)

Pri konštrukcii skúšobných a simulačných zariadení sa požaduje: jednoduchosť prípravy a vykonania skúšky, nízke náklady na skúšky, zrýchlený charakter prejavu tribologickeho procesu, uspokojivá reprodukovateľnosť a presnosť výsledkov.

Zakladom úspešnosti tribologickej skúšky je poznanie rozhodujúcich údajov riešeneho tribologickeho systému. Zo systemového pohľadu ide o ohraničenie problému systemovou obalkou. Vychádzim bodom je tribologicky uzol ohraničený

systemovou obalkou. Vstupy do tribologickeho uzla sú dane prevádzkovými premennými. Posobením premenných na prvky skúšobného systému dochádza k procesu trenia a opotrebenia. Pre popis tribologických procesov musíme tieto tribologicke charakteristiky sledovať a merať.

Ak máme analyzovať tribologický systém, musíme zobrať do úvahy nasledovné veličiny:

I. technická funkcia tribo-systému

II. operačné veličiny: pohyb, zaťaženie, teplota, čas trvania

III. štruktúra tribo-systému

VI. tribologické charakteristiky: hodnota opotrebenia, poškodenie povrchu, častice opotrebenia.

Pre tribologické systémy je typická nevratná zmena mechanickej energie na tepelnú energiu, z čoho vyplýva, že tribologický systém je vo svojej podstate energetickým systémom. Väzanosťou tribologického systému na materiálne prvky vznikajú energeticky podmienené zmeny v množstve a kvalite základného materiálu, čo sa prejavuje navonok ako opotrebenie. Opotrebenie je prídavným neželaným materiálovým výstupom a akustické a tepelné žiarenie vo forme vedľajších výstupov možno považovať za istý druh informačného výstupu.

Simulačné metódy

Simulačné metódy tvoria rozsiahly súbor spôsobov identifikácie a modelovania analýzy a hodnotenia reálnych situácií a priebehov ich zmien za účelom ich lepšieho poznávania a riadenia.

Postup simulácie tvorí rad činností, ktorých jadrom je:

- vytvorenie modelu situácie a jej priebehu,
- experimentovanie s modelom
- analýza a hodnotenie simulácie.

Počítačová simulácia bola najskôr používaná pre vojenské účely v 50 – tých rokoch. Simulačné programy boli naprogramované vo všeobecných programovacích jazykoch (napr. FORTRAN) a spúšťané na sálových počítačoch. Simulácia sa do priemyslu a finančníctva rozšírila hlavne vytvorením jazykov pre simuláciu (napr. SIMSCRIPT, GPSS). Dostupnosť osobných počítačov v začiatku 80-tych rokov a nové simulačné jazyky (SLAM, SIMAN) umožnili využitie simulácie pre širšiu skupinu inžinierov a manažérov.

Koncom 80-tych rokov sa začína vyžívať grafika pre návrh modelov a animáciu. Medzi tieto nástroje patria Witness, proModel, Grafické rozhrania znamenajú ďalší podnet pre využitie simulácie. V prvej polovici 90-tych rokov sa objavuje objektovo orientované modelovanie a simulácia spolu s jazykmi ModSim a Simplett, čo predstavuje ďalší pokrok.

Postup-

1. Prijatie vstupného opisu situácie a priebehu jej zmien: Súpis potrebných a používaných metód a prostriedkov a ich roztriedenie na interné a externé vzhľadom na operácie, ktorých sa týkajú.
2. Prijatie účelu modelovania a simulácie: V podstate ide o diskusiu v ktorej sa zisťuje či vstupný opis situácie a jej priebehu vyhovuje účelu modelovania a simulácie.
3. Vytvorenie modelu simulácie: Výber modelu je daný zdrojmi, ktoré sú pre jeho realizáciu k dispozícii a účelom simulácie. Každý model vystihuje reálnu situáciu len sčasti a tak sa pri zjednodušovaní modelov musia starostlivo zvážiť tie ich črty, ktoré sú nutné pre splnenie účelu simulácie. Modely môžu byť slovné, grafické, matematické, fyzické, virtuálne a rozličným spôsobom kombinované. Široké možnosti modelovania a simulácie reálnych situácií dáva výpočtová technika.
4. Simulácia priebehov zmien situácie:
 - optimistický priebeh z hľadiska simulácie, ktorá sa dosiahne po stanovenej dobe,
 - pesimistický priebeh vystihujúci najhorší možný cieľový stav,
 - reálny priebeh, ktorý sa získa dohodnutými pravidlami vhodnú simuláciu priebehov zmien má zásadný význam plánovanie pokusov s vytvoreným modelom.
5. Analýza a hodnotenie simulácie: Jadro týchto činností tvoria v prvej fáze postupy analýzy experimentov a v druhej fáze porovnávanie výsledkov simulácie s teoretickými, či dohodou prijatými kritériami a hodnotami, ktoré sa považujú za optimum.
6. Správa o simulácii: Podľa dohody a zvyklostí môže obsahovať aj opis a najmä kritické miesta simulácie a vždy musí obsahovať vyjadrenie o splnení účelu simulácie.

(<http://www.strojarstvo.sk/inc/casopis>)

1.3 Opotrebenie

Opotrebenie, ako proces úbytku materiálu z povrchu jedného alebo oboch kontaktných povrchov tuhých telies prebieha pri všetkých druhoch ich relatívneho pohybu. Patrí k degradačným procesom. STN 01 5050 definuje opotrebenie ako „trvale nežiadúcu“ zmenu povrchu (rozmerov), spôsobenú vzájomným pôsobením funkčných povrchov alebo funkčného povrchu a opotrebovávajúceho sa média. Prejavuje sa ako odstraňovanie alebo premiestňovanie častíc z opotrebovaného povrchu mechanickými účinkami, resp. sprevádzanými aj inými vplyvmi (napr. chemickými, elektrochemickými, elektrickými).

(Balla, 1989)

Mechanizmy opotrebenia

Opotrebenie môže mať veľa foriem, ktoré závisia od topografie povrchu, kontaktných podmienok prostredia.

Pri analýze opotrebenia možno tento proces rozdeliť na tri javy-

1. vzájomné pôsobenie povrchov pri trení
2. zmeny, ktoré prebiehajú v povrchovej vrstve elementov trecej dvojice
3. porušenie povrchov

Druhy opotrebenia

Známe je veľké množstvo druhov opotrebenia od rôznych autorov. Najpriateľnejším je rozdelenie opotrebenia podľa Buckleyho, patrí sem:

- adhezívne - erozívne - únavové - vibračné
- abrazívne - korozívne - kavitačné

STN 01 5050 rozdeľuje druhy opotrebenia na adhezívne, abrazívne, erozívne, únavové, kavitačné, vibračné a iné.

<http://www.tribotechnika.sk/>

1.3.1 Adhezívne opotrebenie

Podstata adhézie

Ak sa dva povrchy tuhých telies dostávajú do kontaktu, na rozhraní povrchov nastáva spojenie. Spojenie môže byť v dôsledku Van der Waalsových síl alebo môže mať charakter veľmi silných chemických väzieb. Ak sa na telesá pôsobí zaťažením, pravdepodobnosť vzniku silných väzieb je vysoká nezávisle od toho, či ich povrchy pokrývajú vrstvy maziva alebo nie. Takisto pri použití mazív, ak je čas a zaťaženie dostatočne veľké, nerovnosti v kontakte pretláčajú vrstvu maziva a dosadajú na protíľahlý povrch.

Adhezívne spojenie je na celej ploche reálneho styku. Ak povrchy pokrýva vrstva nečistôt alebo mazivo, adhezívne spojenie vzniká len na časti plochy skutočného kontaktu, ktorý určuje stupeň rozdelenia tuhých telies touto vrstvou.

Čisté adhezívne spolupôsobenie povrchov sa prejaví pri kontakte povrchov očistených od adsorbovaných povlakov a nečistôt. Treba rozlišovať adhezívne a kohézne javy, pričom kohéziu podmieňujú sily, ktorými sú atómy, resp. molekuly viazané medzi sebou v objeme rovnakého materiálu (telesa). Energiou kohéznej väzby sa určuje pevnosť tuhých telies. Ak dva rôzne alebo rovnaké materiály sa spoločne kontaktujú v určitom mieste, vzájomné pôsobenie ich povrchov je späté so silami adhezívneho charakteru. Adhezívne a kohézne javy určujú podstatu adhezívneho opotrebenia, jedného z veľmi nebezpečných typov opotrebenia - trecích uzlov. Úloha maziva je veľká a znižuje adhezívne pôsobenie na hranici kontaktov. Oproti ostatným druhom opotrebenia pri adhezívnom opotrebení prechádza postupne opotrebenie z miernej formy porúch do porúch typu zadierania (v anglickej terminológii „scuffing“). Kým adhézia a porušenia (lom) závisia od kontaminácie povrchu a efektu okolitej atmosféry, je veľmi obtiažne dať do súvisu veľkosti adhezívneho opotrebenia s elementárnymi objemovými vlastnosťami materiálov.

Pri štúdiu vo vákuu, kde tieto vplyvy možno eliminovať, sa zistili tieto skutočnosti pri opotrebení dvojice kov - kov:

1. Adhezívne spojenie sa dosahuje medzi dvojicou, pričom nie je priama súvislosť medzi objemovou rozpustnosťou kovových dvojíc a ich schopnosťou adhezívneho účinku.
2. Kryštalická štruktúra vplyva na adhezívne opotrebenie. Kovy s hexagonálnou kryštalickou mriežkou majú nižšie adhezívne opotrebenie ako kovy s kubickou mriežkou.

(Balla, 1989)

To sa vysvetľuje rôznou deformáciou výstupkov na povrchu a počtom sklzových smerov v kryštalografickom systéme.

3. Vplyv orientácie kryštálov na adhezívne opotrebenie. Všeobecne veľká hustota atómov, nízka povrchová energia zŕn znižujú adhezívne opotrebenie.
4. Ak sú na kontakte pri adhezívnom procese dva rôzne kovy, materiál sa prenáša z kohezívne mäkšieho na kohezívne pevnejší.
5. Malé množstvá prvkov ako napríklad C, S stačia zamedziť adhézii kovových dvojíc a minimalizovať ich adhezívne opotrebenie. Spoločný vplyv adhézie a porušovania sa zúčastňuje na tvorbe častíc adhezívneho opotrebenia.

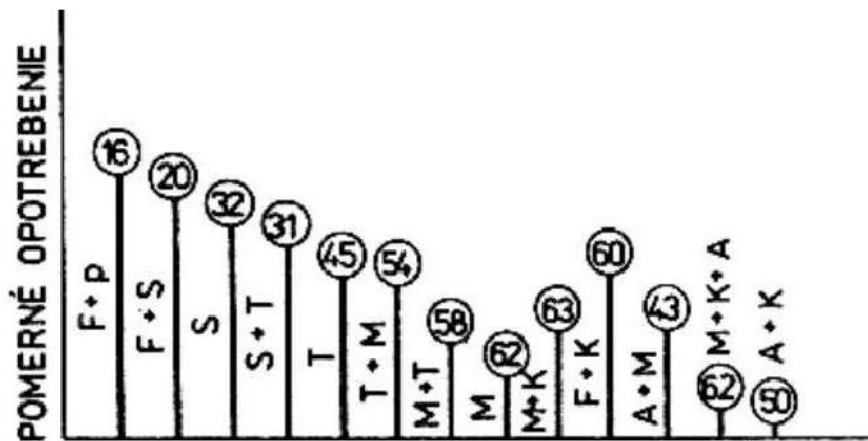
1.3.2 Abrazívne opotrebenie

Abrazívne opotrebenie charakterizuje oddeľovanie častíc materiálu z funkčného povrchu účinkom tvrdšieho a drsného povrchu iného telesa alebo účinkom abrazívnych častíc. Podľa charakteru vzájomných interakcií pri abrazívnom opotrebení rozlišujeme dva základné modely. Pri prvom z nich ide o opotrebenie pri interakcii dvoch telies, najčastejšie častíc a funkčného povrchu („two body abrasion“). Typickým praktickým príkladom je opotrebenie súčiastok pri spracovaní pôdy, ťažbe surovín a pod.. Druhým prípadom je opotrebenie časticami, ktoré sú medzi dvoma funkčnými povrchmi. Táto situácia znamená interakciu troch telies. V praxi sa s týmto usporiadaním stretávame v rôznych pohyblivých ulohách, pri vniknutí napríklad nečistôt, pri drvení nerastov a podobne („three body abrasion“). Základné výskumné práce v oblasti odolnosti proti abrazívnemu opotrebeniu kovových materiálov pri trení o abrazívny povrch boli opísané viacerými autormi. Hodnoty pomernej odolnosti proti abrazívnemu opotrebeniu ležia na priamke prechádzajúcej začiatkom. Možno ich vyjadriť nasledujúcim vzťahom $\Psi_0 = b \cdot H_0$, kde b je konštanta.

Doteraz nie je jednotný názor na najvhodnejší typ štruktúry z hľadiska odolnosti proti abrazívnemu opotrebeniu. Niektorí autori považujú za najvýhodnejšiu austeniticko-karbidickú štruktúru, iní zasa martenziticko-karbidickú. Tieto rozdielne názory vyplývajú z rôznorodosti procesu abrazívneho opotrebenia a širokej škály skutočných prevádzkových podmienok. Pre podmienky abrazie pri vysokých špecifických tlakoch a prítomnosti nárazov možno považovať za najvýhodnejšiu austeniticko-karbidickú štruktúru, kým

(<http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-22009/systemova-analyza.html>)

martenziticko-karbidická štruktúra je vhodnejšia pre podmienky nízkonapäťovej abrázie. Výsledky skúšok materiálov v prevádzke pri lisovaní šamotových tehál podľa Popova a Vasilenka, sú na obr. 17-1.



Obr. 17-1 Závislosť štruktúr materiálov s výslednou tvrdosťou od pomerného opotrebenia pri lisovaní šamotových tehál

F - ferit, p - perlit, S - sorbit, T - troosit, M - martenzit, A - austenit, K – karbidy

Každá štruktúrna zložka v procese exploatácie určuje úroveň odolnosti celého kovu svojim podielom. Pri abrazívnom opotrebení treba rozlíšiť dve rozhodujúce štádia, a to proces vtlačania abrazíva do povrchu, kde limitujúcim faktorom je vnikajúca tvrdosť a proces rozrušovania povrchu, kde majú rozhodujúcu úlohu sily medziatómovej väzby a pevnosť spojenia medzi štruktúrnymi zložkami navzájom na hraniciach zrn.

<http://ktam.tym.sk/opotrebenie.pdf>

1.3.3 Korozívne opotrebenie

Korozívne opotrebenie sa veľmi často vyskytuje v tribotechnickej praxi najmä vtedy, keď trecie dvojice pracujú v aktívnom prostredí.

Mechanizmus vzájomného pôsobenia prostredia môže byť rôzny. Pri trení bez mazania kontaktné povrchy napadá kyslík zo vzduchu alebo inej okolitej atmosféry, a to môže spôsobiť korozívne opotrebenie. Pri trení s mazaním môže takéto opotrebenie nastať za prítomnosti zvyškového množstva protizáderových prísad v mazive, ktoré znižujú opotrebenie. Ďalej pri bežných mazivách pri vysokých teplotách vzájomným pôsobením rozpustného kyslíka s trecím povrchom sa môžu rozvíjať tieto procesy.

Ďalej príčinou korózie pri trení môžu byť splodiny starnutia maziva, voda, kyseliny, chemicky aktívne splodiny rozkladu prísad a nevhodne zvolené druhy alebo koncentrácie protizáderových prísad s obsahom síry, chlóru a fosforu. Intenzita tohto deja závisí od materiálov trecej dvojice a ich koróznej odolnosti.

1.3.4 Erozívne opotrebenie

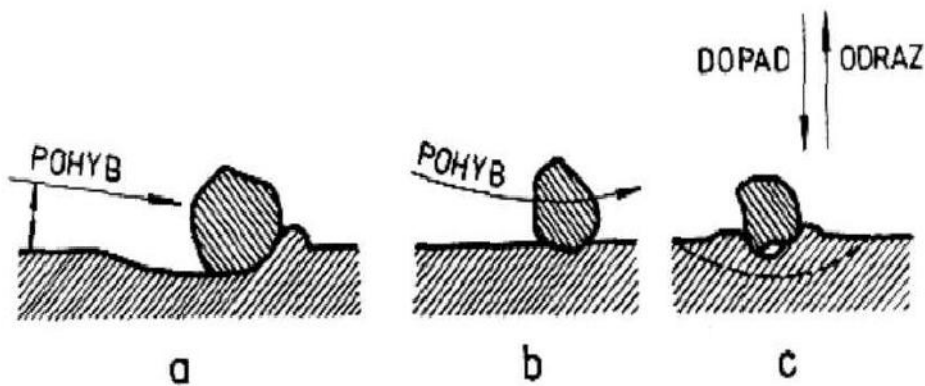
Charakterizuje sa podľa STN 01 5050 oddelovaním častíc a poškodzovaním povrchu:

- a) časticami nesenými v prúde kvapaliny
- b) časticami nesenými prúdom plynu
- c) prúdom kvapaliny, kvapiek, pary alebo plynu (*obr. 17-2*)

Pri erozívnom opotrebení patrí k premenlivým parametrom:

- charakter častíc
- rýchlosť pohybu častíc, ktoré určujú energiu pri zrážke s povrchom tuhého telesa (niekedy je energia taká vysoká, že sa môže materiál na povrchu natavovať).

(<http://ktam.tym.sk/opotrebenie.pdf>)



Obr. 17-2 Schéma erozívneho opotrebenia

Pri štúdiu odolnosti proti opotrebeniu materiálov, v súvislosti s jeho základnými vlastnosťami, sa zistilo, že existuje korelácia medzi pevnosťou kohéznej väzby v kovoch a ich odolnosťou proti erozívne opotrebeniu.

Preto v tejto súvislosti základná charakteristika - energia kohéznej väzby - je v každom prípade užitočným parametrom pri hodnotení niektorých vlastností materiálu vzhľadom na jeho odolnosť proti erozívne opotrebeniu.

1.3.5 Únavové opotrebenie

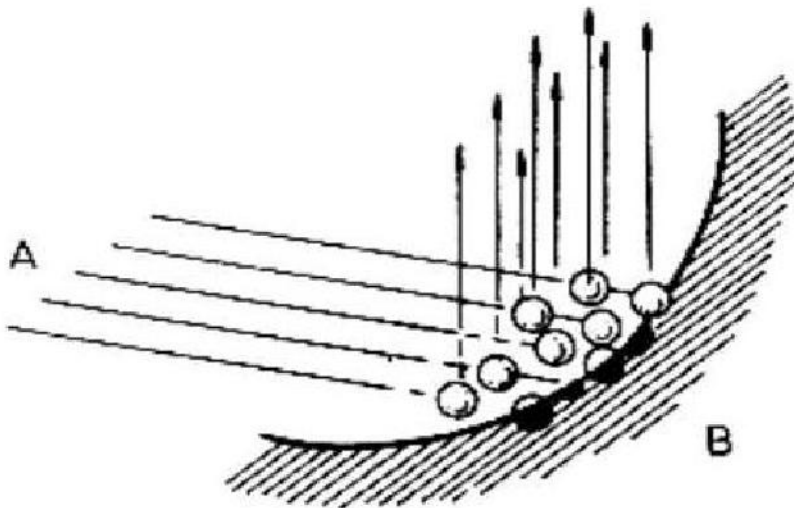
Jedným z najrozšírenejších mechanizmov oddeľovania častíc pri porušovaní povrchovej vrstvy pri opotrebení je únavový proces. Podmieňujú ho opakujúce sa kontaktné napätia (pri rotačnom alebo vratnom pohybe), ktoré iniciujú tvorbu zárodkov povrchových alebo podpovrchových trhlín, ktoré potom umožňujú tvorbu častíc opotrebenia a porušovanie povrchovej vrstvy.

Tento proces prebieha napríklad pri krúžkoch valivých ložísk, pri ktorých guľka alebo valček sa opakujúco valí po jednom a tom istom mieste povrchu. Po určitom opakovanom namáhaní vznikne zárodok trhliny v povrchovej alebo podpovrchovej vrstve. Podpovrchová trhlina sa postupne rozrastá smerom k povrchu, a tým oddeľuje časticu opotrebenia. Povrchová trhlina rastie do hĺbky materiálu, spája sa so susednými trhlinami, a podmieňuje aj vytváranie častice opotrebenia.

(<http://ktam.tym.sk/opotrebenie.pdf>)

1.3.6 Kavitačné opotrebenie

Kavitačné opotrebenie prebieha porušením povrchu materiálu nárazom prúdu tekutiny, ktorá obsahuje plynové bublinky. Prúd tekutiny s bublinkami má obyčajne vysokú rýchlosť. Bublinky pri náraze o povrch zanikajú (implózia) a podmieňujú tvorbu nárazových vln na povrchu tuhého telesa. Pritom sa oddeľuje materiál (*obr. 17-4*).



Obr. 17-4 Mechanizmus kavitačného opotrebenia

A - prúd tekutiny, B - povrch tuhého telesa

Kavitácia často vzniká v takých hydraulických zariadeniach, v ktorých tekutiny obsahujúce plyny pôsobia na povrch tuhých telies pri vysokých rýchlostiach. Kavitačné opotrebenie zvyšuje drsnosť povrchu (podobne ako chemické leptanie). Doteraz existuje relatívne málo informácií o rýchlosti narážajúcich bublín, vplyve tekutiny a o vlastnostiach materiálu na porušovanie povrchovej vrstvy.

(BLAŠKOVIČ, BALLA, DZIMKO, 1990).

1.3.7 Vibračné opotrebenie

Vibračné opotrebenie sa dosahuje vtedy, keď máme tribologickú dvojicu s vibračným alebo vratným pohybom s veľmi malou amplitúdou kmitania. Vibračné opotrebenie charakterizujú produkty reakcie označované ako „kakao“. Takéto opotrebenie má dvojstupňový charakter.

V 1. stupni je to začiatkové trenie, pri ktorom sa porušuje povrch adhezívnym mechanizmom opotrebenia. V 2. stupni vznikajú častice adhezívneho opotrebenia, ktoré sa postupne oxidujú v okolitej atmosfére, pretože majú vysokú hodnotu voľnej energie. Napríklad v oceliach a pri vibračnom opotrebení existuje veľké množstvo oxidov železa Fe_2O_3 , ktoré sú hlavným produktom tohto procesu. Ide o druhé štádium tohto procesu.

(<http://ktam.tym.sk/opotrebenie.pdf>)

1.4 Prehľad experimentálnych zariadení pre skúšky opotrebenia

Experimentálne zariadenia pre skúšky opotrebenia možno rozdeliť do skupín podľa prevládajúceho mechanizmu poškodzovania povrchu na zariadenia pre skúšky:

- adhezívneho opotrebenia
- abrazívneho a erozívneho opotrebenia
- kavitačného opotrebenia
- únavového opotrebenia

1.4.1 Zariadenia pre skúšky adhezívneho opotrebenia

Rozhodujúcim kritériom rozdelenia prístrojov pre skúšky odolnosti proti adhezívnemu opotrebeniu je geometria trecieho uzla. V dotyku jednotlivých prvkov trecieho uzla môže dôjsť k styku:

- bodovému
- priamkovému
- plošnému

Prístroje s bodovým dotykom (*obr. 17-5a-f*) sa často používajú aj na skúšky mazív (napr. štvorguličkový prístroj), alebo na skúmanie trecích procesov.

Výhody - jednoduchá konštrukcia, možnosť dosiahnuť vysokých klzných rýchlostí nenáročných pohonov.

Nevýhody - nároky na presnosť výroby, pokles merných tlakov pri opotrebení.

Prístroje s čiarovým dotykom (*obr. 17-5g-ch*)

Výhody - jednoduchý tvar a ľahká výroba vzoriek, možnosť voľby širokého rozmedzia parametrov, možnosť skrátenia doby skúšky.

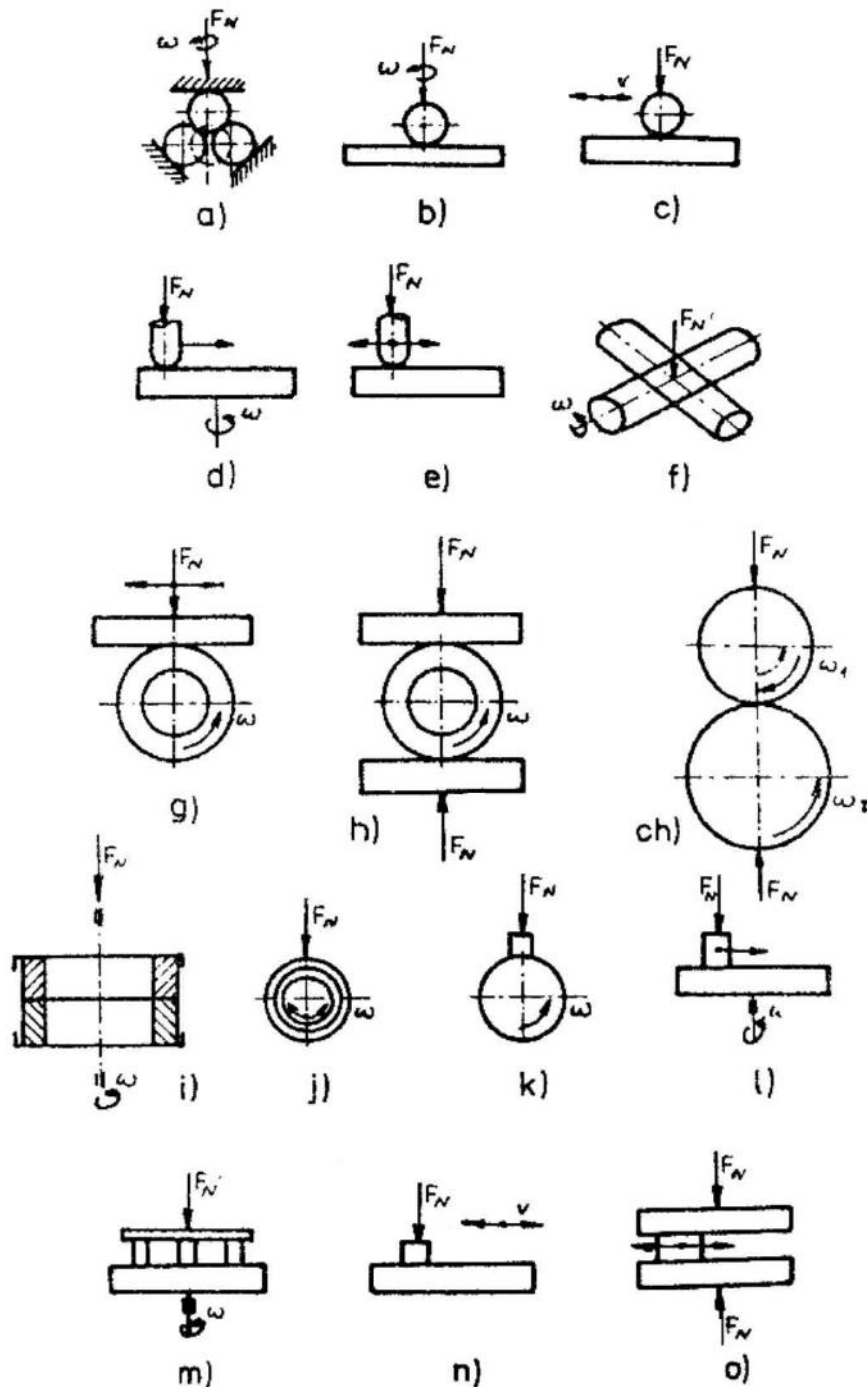
Nevýhody - pokles merného tlaku v kontakte počas opotrebenia.

(<http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=522>)

Prístroje s plošným dotykom (obr. 17-5i-o) sa používajú pre hodnotenie odolnosti voči adhézii dvojíc materiálov najčastejšie.

Výhody - ľahká výroba vzoriek, možnosť skúšok za suchého trenia i s mazaním a pod.

Nevýhody - zložitejšia konštrukcia prístrojov, zložitejší pohonný systém s obmedzeným rozsahom skúšobných podmienok.



Obr. 17-5 Schémy trecích uzlov prístrojov na skúšky odolnosti materiálu proti adhezívnému opotrebeniu a - f - bodový dotyk, g - ch - čiarový dotyk, i - o plošný dotyk

(<http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=522>)

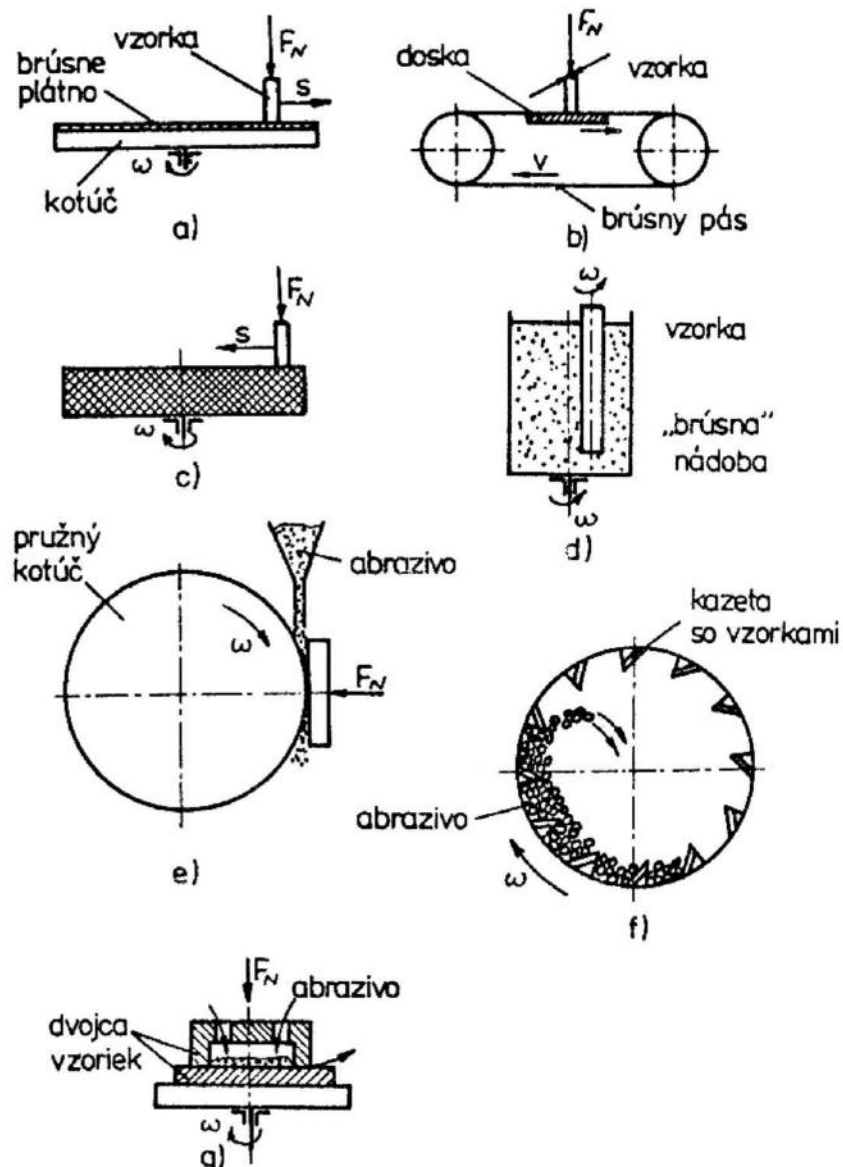
1.4.2 Zariadenia na skúšky odolnosti materiálov proti abrazívnemu a erozívnu opotrebeniu

Podľa podmienok v oblasti dotyku medzi opotrebovávaným povrchom a abrazívnymi časticami rozdeľujeme experimentálne zariadenia na prístroje s

- viazanými časticami
- voľnými časticami
- s vrstvou voľných častíc medzi dvoma stykovými plochami

Základné principiálne schémy sú na obr. 17-6.

Schémy prístrojov na skúšky materiálov proti abrazívnemu opotrebeniu:



1.4.3 Zariadenia na skúšky odolnosti proti kavitačnému opotrebeniu

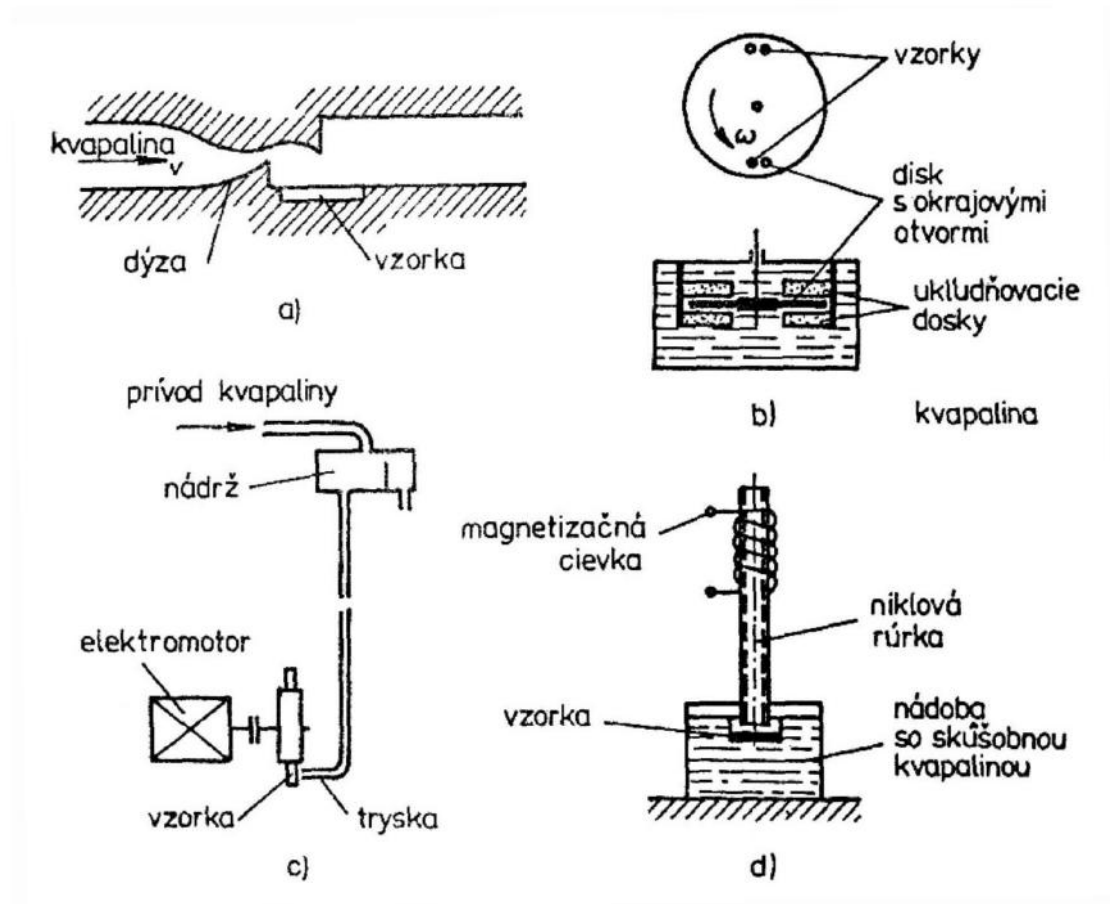
Používajú sa tieto základné typy umiestnenia skúšobnej vzorky:

- v kavitačnej oblasti vytvorenej na kanáli premenlivého prierezu
- mnohonásobnými údermi o vodný prúd
- kavitačnou oblasťou vytvorenou vibráciou

V prístrojoch so vzorkou umiestnenou v kavitačnej oblasti vytvorenej v kanáli premenlivého prierezu (*obr. 17-9a*) vzniká poškodenie poklesom tlaku v mieste za znížením skúšobného kanála. V rotačných diskových prístrojoch (*obr. 17-9b*) vznikajú kavitačné dutiny účinkom otvorov na disku. Tieto kavitačné dutiny zanikajú na povrchu disku v oblasti za otvormi, kde sa umiestnia skúšobné vzorky. Tieto prístroje umožňujú skúšať odolnosť proti kavitačnému opotrebeniu v širokom rozsahu experimentálnych podmienok.

V rotačných nárazových prístrojoch (*obr. 17-9c*) sa kavitačný účinok vyvoláva pretínaním prúdu kvapaliny. U vibračných prístrojov (*obr. 17-9d*) sa kavitačný účinok vyvodzuje vibračným pohybom vzorky v kvapaline.

(<http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=522>)



Obr. 17-9 Schémy prístrojov na skúšky odolnosti proti kavitačnému opotrebeniu:

- a) dýzový prístroj, b) rotačný diskový prístroj, c) rotačný nárazový prístroj, d) vibračný prístroj

1.4.4 Zariadenia na skúšky odolnosti proti únavovému opotrebeniu

Najčastejšie sa používa princíp odvalujúcich sa kotúčov. Možno ho sledovať pri čistom valení, alebo valením s určitým podielom preklzu.

(<http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=522>)

2. Ciel práce

Opotrebenie je nežiadúci jav pri každom procese, ktorý vplýva na kvalitu vykonanej práce a jej efektívnosť. Preto je potrebné sa zaoberať skúmaním opotrebenia a jeho elimináciou. Na skúmanie javov opotrebenia nám slúžia experimentálne prístroje, ktoré rozdeľujeme podľa toho aký druh opotrebenia skúmame. Najčastejšie sa vyskytujúce opotrebenie je adhezívne opotrebenie, ktoré sa prejavuje hlavne u súčiastok strojov. Na skúmanie tohto opotrebenia sa používajú viaceré typy zariadení, ale v našich podmienkach je najčastejšie využívané zariadenie Amsler.

Cieľom práce je v teoretickej časti zhrnúť poznatkov z tribológie, tribometrie zameranej na skúšobné, simulačné a kontrolné metódy a opotrebenia. Na základe získaných poznatkov je potrebné zhodnotiť možnosti techniky skúmania trenia a opotrebenia. Ďalším cieľom bakalárskej práce je návrh modernizácie a automatizácie zariadenia na skúšky adhezívneho opotrebenia, za účelom spresnenia meraní. Vlastná práca obsahuje návrh modernizácie zariadenia na skúšky adhezívneho opotrebenia a výberom zariadení, ktoré túto modernizáciu umožnia a uľahčia používanie zariadenia. Za hlavný bod modernizácie som si zvolil prepojenie zariadenia s počítačom pomocou AD prevodníka za účelom spresnenia a zjednodušenia merania.

3. Metodika práce

Vlastná práca spočíva vo výbere vhodných zariadení na modernizáciu prístroja Amsler s plošným dotykom, ktorý dovoľuje skúšanie klzných dvojíc za sucha aj s mazaním. Medzi našimi prvými krokmi v práci bolo získať teoretické poznatky z tribológie a opotrebenia. Analyzovať a zhodnotiť súčasný stav riešenej problematiky okolo adhezívneho opotrebenia. Návrh a výber vhodných zariadení a pomôcok na modernizáciu zariadenia pre skúšky adhezívneho opotrebenia.

Ako prvý bod modernizácie sme si zvolili prepojenie zariadenia s počítačom za pomoci prevodníka. Je potrebný z dôvodu prevodu analógových dát na číslicové, ktoré môže počítač spracovať. Na prepojenie sme použili meraciu kartu LabJack U12. Táto karta spĺňa požiadavky a od nej sa odvíja väčšina parametrov ostatných častí prístroja. Druhý bod modernizácie bola výmena pružiny pomocou ktorej bola skúšobná vzorka pritlačovaná na obvod štandardného rotujúceho kotúčika za hydraulický systém.

V závere vlastnej práce bolo dôležité zhodnotiť závery a zhodnotenie problémov určených zo získaných poznatkov v oblasti tribológie, opotrebenia a problémov v modernizácií zariadenia.

4. Vlastná práca

4.1 Popis zariadenia pre skúšky adhezívneho opotrebenia

Skúšobné zariadenie Amsler je typom tribometra, kde je skúšobná vzorka pritlačovaná na obvod štandardného rotujúceho kotúčika (protikusu) tlakom pružiny. Mazanie je zabezpečené tlakom samotného motorového oleja.

Jednotlivé konštrukčné časti zariadenia Amsler môžeme rozdeliť na:

- mechanickú časť – samotné zariadenie
- elektronická časť – AD prevodník, počítač
- registračná časť – počítač s programom pre záznam údajov

Mechanické usporiadanie

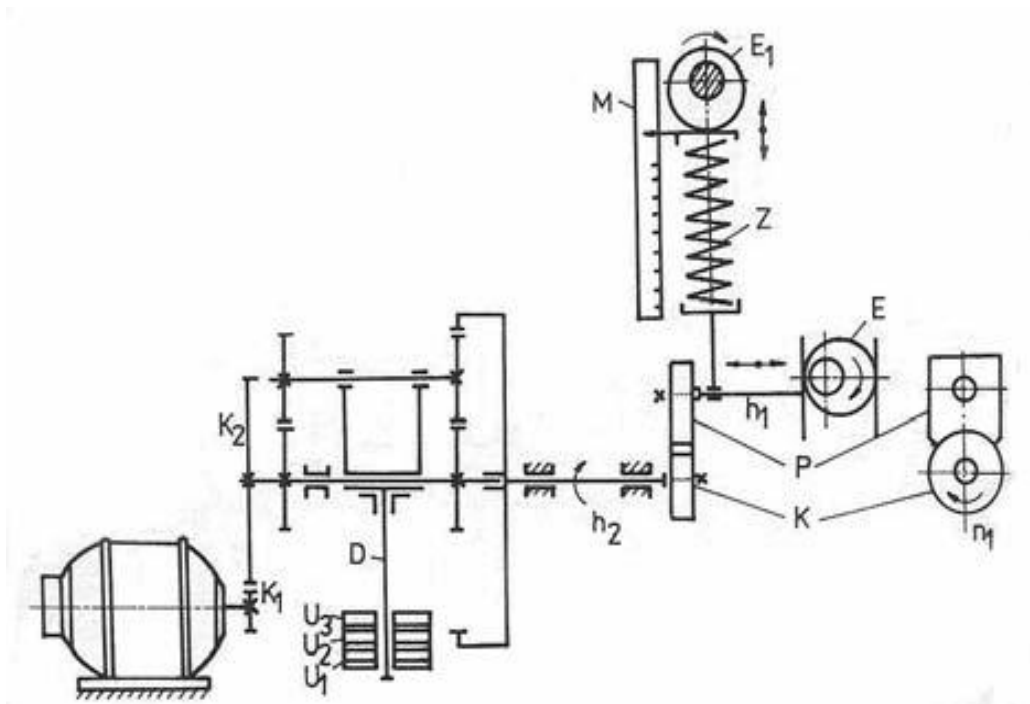
Zariadenie je upevnené na zváranom ráme, ktorý je ešte upevnený o železný stôl. Na zváranom ráme sú pomocou skrutiek upevnené jednotlivé skupiny a podskupiny prístroja, ktoré sú potrebné pre plnenie správneho chodu a funkcie.

Hnacím prvkom zariadenia je trojfázový motor, ktorý je prírubou spojený so závitovkovou prevodovkou, ktorá je ukotvená na ráme zariadenia. Na prenos krútiaceho momentu slúži remenica s klinovým remeňom, ktorá je nalisovaná na výstupnom hriadeli prevodovky a proti pootočeniu je zaistená perom. Hnaná remenica je umiestnená na spoločnom hriadeli so štvordrážkovou hnacou remenicou posuvu a osadením pre vymeniteľný kotúč. Na zvislom hriadeli, ktorý je otočne upevnený na ráme, je uchytená hnaná remenica posuvu. Na jeho opačnom konci je upevnené ozubené koleso, ktoré s pastorkom a pohybovou skrutkou, ktorá má lichobežníkový závit a je upevnená naprieč celým zariadením v ložiskách, vytvárajú priečny pohyb hlavy, v ktorej je upnutá vzorka. S ohybovou skrutkou je zároveň rovnobežne uchytená aj vodiaca tyč hlavy.

Prepojenie hnacích a hnaných remeníc je riešené pomocou klinových remeňov. Aby sa predišlo ich preklzu a vzniku chýb pri meraní tak je potrebné ich napínať pomocou kladkových mechanizmov. Napnutie remeňa medzi závitovkovou prevodovkou a samotným kotúčom je vyriešené prestavením základnej polohy celej

prevodovky spolu s elektromotorom po opornej doske pripevnenej na ráme. Remeň medzi hnacou remenicou posuvu a hnaným hriadeľom je napínaný kladkou na ráme, ktorá je istená proti posunutiu dotlačacou skrutkou. Pri zmene prevodu buď hlavného, alebo náhonu posuvu je potrebné uvoľniť napínanie tak, aby sa remeň dostatočne uvoľnil a mohol sa bez poškodenia prestaviť.

Schéma zariadenia Amsler -





Obr.1

Prístroj pre meranie adhezívneho opotrebenia Amsler

4.2 Modernizácia zariadenia

Samotná modernizácia zariadenia bude pozostávať z dvoch krokov. V návrhu rátame s tým že prístroj bude prepojený s počítačom pomocou AD prevodníka a ďalej bude pokračovať náhradou prítlačnej pružiny za hydraulické zariadenie.

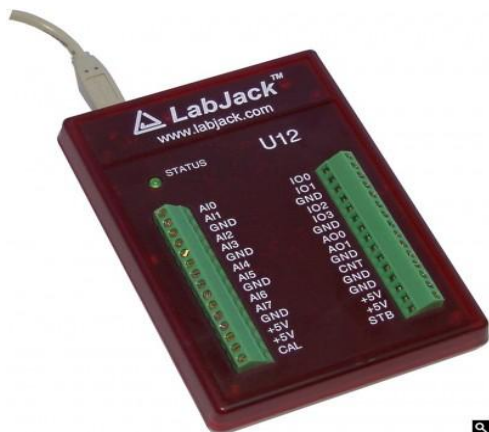
Pripojenie prístroja k počítaču prostredníctvom prevodníka

Ako prepojenie medzi počítačom a prístrojom sme zvolili zariadenie od firmy LabJack typu U12. Toto zariadenie je kompatibilné so systémami Windows a pripojením USB. Zariadenie bolo v minulosti umiestnené do kovového obalu kvôli odrušeniu vonkajších elektrických polí a takisto ochrane voči vonkajšiemu poškodeniu.

Signály zo snímača sú privádzané na vstupy zariadenia. Toto zariadenie obsahuje prevodník, ktorý mení analógový signál na číslicový a odosiela ho cez USB zbernicu do počítača. Vstupy zariadenia môžu byť taktiež vyvedené na vonkajší obal zariadenia pre jednoduchšiu manipuláciu.

Informácie o meracej karte LabJack U12

Táto meracia karta slúži pre zber a spracovanie dát z externých prvkov, ovládanie, prevod analógového signálu na číslcový a odoslanie dát do počítača cez USB zbernicu. Má osem 12-bitových analógových vstupov, 2 analógové výstupy, 20 digitálnych vstupov/výstupov a jeden 32 bitový čítač. 12 digitálnych vstupov/výstupov je pripojených na konektor DB 25 a ostatné sú vedené na svorkovnicu.



Obr. 1: Meracia karta LabJack U12

Vlastnosti meracej karty:

- Analógové vstupy (8x GND, 4x diferenciálne, 12bit.rozlíšenie)
- Programovateľný zisk – 1 ; 1,25 ; 2 ; 2,5 ; 4 ; 5 ; 10 ; 20 V
- Prenos – 8 ksamplov/s
- Pripojenie – USB 2.0/1.0 Low Speed (1.1 Mbit)
- USB napájanie
- Pracuje v teplotách -40 – 85°C
- Rozmery: 101 x 152 x 25 mm (š x d x v)
- V balení licencovaná verzia DAQ Factory Express softvér

Meracia karta umožňuje prepojenie s počítačom cez rozhranie USB. Keďže týmto rozhraním disponuje v dnešnej dobe už každý osobný počítač a taktiež výkon počítačovej nemusí byť pre naše účely práve najvyšší, tak jediné kritérium pri výbere zostavy bude jej cena. My sme v konfigurácii zvolili štandardnú zostavu s dvojjadrovým procesorom a 1GB pamäte RAM čo je pre beh operačného systému Windows XP plne dostačujúce.

Pri meraní na zariadení Amsler je skúšobná vzorka pritlačovaná na obvod štandardného rotujúceho kotúčika tlakom pružiny. Využitie pružiny je podľa môjho názoru dosť neefektívne a zastaralé. Pružina po čase stratí svoju prítlačnú silu a je nespôsobilá pre tieto merania. Ako náhradu by som navrhoval vytvoriť nejaké prítlačné zariadenie na princípe hydrauliky, ktoré by bolo v tomto prípade stopercentne presné a takisto by malo dlhú životnosť. Skúšobná vzorka by sa vložila do tohto prídavného hydraulického zariadenia a posuv by sa realizoval pomocou ovládacích tlačidiel.

ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

V súčasnosti sú u nás ale aj v zahraničí používané rôzne druhy metód na skúšky odolnosti materiálov proti adhezívnemu opotrebeniu. Každá z týchto metód má rozličnú reprodukovateľnosť výsledkov a iné výhody a nevýhody použitia.

U nás je najviac používaná metóda skúšok odolnosti kovov proti adhezívnemu opotrebeniu na prístroji Amsler. Toto zariadenie má dobrú reprodukovateľnosť výsledkov, je jednoduché a spoľahlivé.

Meranie opotrebenia metódou hmotnostných úbytkov na tomto zariadení sa vyjadruje dvoma spôsobmi. Ako prvý môžeme použiť úbytok na váhe kde porovnávame úbytok hmoty v gramoch pred opotrebením súčiastky a po opotrebení, čo nie je až tak presne viditeľné. Druhý spôsob vyjadrenia výsledku je objem straty súčiastky, je presnejší a hlavne dáva presnejší obraz ako úbytok na váhe.

K dispozícii sú aj iné metódy skúšok adhezívneho opotrebenia. My sme sa však pri našom návrhu zamerali predovšetkým na prepojenie zariadenia s počítačom pomocou prevodníka, čím sme sledovali trend vývoja výpočtovej techniky. Samotné zariadenia pri návrhu sme vyberali na základe ich vzájomnej kompatibility a dostupnosti, hlavne aj cenovej. K dispozícii máme meraciu kartu LabJack, ktorá je pre naše zariadenie dostačujúca a od nej sa odvíjali taktiež parametre ostatných súčastí. Ďalší krok na ktorý sme sa zamerali v modernizácii zariadenia bola výmena prítlačnej pružiny za hydraulické zariadenie.

Z ekonomického hľadiska som kládol dôraz na malú finančnú náročnosť modernizácie, pri ktorej jedinými nákladnými položkami budú hydraulické zariadenie a vyhovujúca počítačová zostava.

ZÁVER

V prvej časti bakalárskej práce sme sa zaoberali literárnym prehľadom v oblasti tribológie. Zhromaždili sme teoretické poznatky vývoja a histórie na Slovensku a Česku. Definovali sme základné pojmy tribologických skúšok, tribometrie, skúšobných metód, simulačných metód a opotrebenia.

Medzi ďalšími bodmi ktorými sme sa venovali bolo zhrnutie teoretických poznatkov z danej problematiky a zhodnotili sme možnosti techniky skúmania trenia a opotrebenia. V rámci opotrebenia sme sa zamerali hlavne na adhezívne opotrebenie súčastok, lebo je to najčastejší spôsob ich opotrebenia. Popísali sme aj ďalšie druhy opotrebenia ako sú abrazívne, erozívne, kavitačné, únavové, korozívne a vibračné. Adhezívne opotrebenie sa vyskytuje všade, kde dochádza k pohybu dvoch alebo viacerých trúcich sa plôch. Pritom dochádza k úbytku materiálu čo často spôsobuje veľké škody. Aby sme eliminovali tieto účinky, potrebujeme poznať zákonitosti a podmienky pri ktorých vzniká a prebieha a ktoré naň taktiež vplývajú. Vo svete je momentálne trend použitia výpočtovej techniky vo všetkých vedných oblastiach a taktiež aj v oblasti výskumu a vývoja nových meracích zariadení. Výpočtová technika je použitá hlavne kvôli uľahčeniu a vyššej presnosti meraní, čím zvyšuje taktiež aj úžitkovú hodnotu zariadenia a zlepšuje reprodukovateľnosť merania. V našom prípade pribudlo hodnotenie opotrebenia z hľadiska veľkosti úbytku materiálu, pričom doteraz boli vzorky hodnotené len na základe úbytku hmotnosti.

Presnosť merania závisí hlavne od použitých zariadení, ako je hlavne prevodník a počítačový systém. Základnou podmienkou výberu výpočtovej techniky je hlavne jej výkon. Väčšina dnešných zostáv postačuje svojim výkonom, avšak veľa krát sa toto hľadisko zanedbáva a použijú sa staršie vyradené systémy, kvôli ušetreniu finančných prostriedkov.

Cieľom tejto práce bolo vytvoriť návrh modernizácie zariadenia Amsler výberom vhodných zariadení. Základom je prepojenie zariadenia s počítačom pomocou prevodníka, ktorý mení analógový signál na číslicový. V návrhu sme zohľadnili vzájomnú kompatibilitu všetkých prvkov, aby bola zaručená ich vzájomná spolupráca.

POUŽITÁ LITERATÚRA :

1. Balla J. *Tribológia a tribotechnika*. Nitra : SPU, 1989
2. Balla J. 2009. *Náuka o materiáloch. Návodý na cvičenia*. 5.vyd. Nitra: SPU, 2009. 162 s. ISBN 978-80-552-0165-8.
3. Blaškovič P. – Balla J. – Dzimko M. *Tribológia*. Bratislava : Alfa, 1990
4. Neale M.J. 1995. *The tribology Handbook. Second edition*. Oxford: Butterworth-Heinmann, 1995. 582 s. ISBN 0-7506-1198-7.
5. Rataj V. et. al. 2010. *Metodika písania záverečných prác na SPU v Nitre*. Nitra: SPU, 2010. 84 s. ISBN 978-80-552-0361-4.
6. Vocel M. 1976. *Tření a opotřebení strojních součástí*. Praha: SNTL, 1976. 376 s.
7. Strojárstvo EXTRA v tribológii, 3/2008, www.strojarstvo.sk, MEDIA/ST, Žilina
8. Strojárstvo EXTRA v tribológii a tribotechnike, 3/2007, www.strojarstvo.sk, MEDIA/ST, Žilina
9. <http://www.tribotechnika.sk/opotrebenie.html>
10. <http://www.kvalitaprodukcie.info/12-klasifikacia-opotrebenia-podla-stn-01-5050/>
11. <http://www.strojarstvo.sk/inc/casopis>
12. <http://www.tribotechnika.sk/>
13. (<http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=522>)