

CREATING STUDY MATERIALS – BEARINGS, SHAFTS, SPRINGS AND GEARS

TVORBA ŠTÚDIJNÍCH MATERIÁLOV – LOŽISKÁ, HRIADELE, PRUŽINY A PREVODY

Šimon Veselovský

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
veselovsky21@stud.uniza.sk

Michal Janovec

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
michal.janovec@fpedas.uniza.sk

Abstract

The main goal of this article is to acquaint the reader with the topic of the author's bachelor's thesis. The article deals with the theoretical part of the creation of study material for bearings, shafts, springs and gears. Its goal is to acquaint the reader with the topic. The article introduces the mentioned machine parts, their more detailed description and practical examples of use in practice. Each chapter contains, in addition to the description, also graphic examples of the best possible use of the material in teaching. The aim is to create a comprehensive study material with practical examples in the Slovak language.

Keywords

bearing, maintenance, mechanism, shaft, spring, transmission,

1. Úvod

Letecká doprava sprístupňuje vzdialené trhy a poskytuje globálne pokrytie pre celý svet, aj preto je najvyužívanejšou formou prepravy na väčšie vzdialenosti. Aj keď ide o najmladší spôsob prepravy, ktorý u mnohých ľudí stále vyvoláva strach z neznáma je letecká doprava je každým rokom populárnejšia. Dôvodov pre jej rozšírenie je viacero, spomenúť môžeme napríklad čoraz dostupnejšie ceny leteniek a zvyšovanie komfortu pre cestujúcich, snaha o zvýšenie a doletu a kapacity lietadiel, aj pre to sú kladené vysoké nároky na kvalitu a spoľahlivosť každej súčiastky lietadla.

Keďže sa letecká preprava prevádzkuje vo vzduchu má prípadne nešťastie takmer vždy tragické následky. Pri každej prehliadke sa kontroluje stav všetkých častí, no napriek tomu katastrofu často spôsobí najmenšia chyba či nepovšimnutý detail. Vzhľadom na túto skutočnosť je spoľahlivosť jednotlivých súčiastok lietadla jedným z kľúčových faktorov, preto si návrh vhodných súčiastok vyžaduje vysokú pozornosť. Celý systém sa skladá z malých častí, ktoré sú mimoriadne dôležité aj keď ich často ani nevidíme. Tento článok sa venuje práve takýmto komponentom, akými sú ložiská, hriadele, pružiny a prevody.

Zámerom tejto práce je bližšie oboznámiť čitateľa s problematikou ložísk, hriadeľov, pružín a prevodov, ich funkciami a využitím v praxi, za účelom vzdelávania. V strojárskych literatúrach je problematika ložísk, hriadeľov, pružín a prevodov pomerne dobre popísaná, avšak tento článok sa zameriava na analýzu existujúcich dostupných zdrojov a popisuje problematiku z pohľadu vzdelávania v leteckej doprave. Pre lepšie porozumenie je každý komponent popísaný a zobrazený samostatne, tiež je celý článok písaný v slovenskom jazyku, nakoľko mnoho dôležitých výrazov a informácií spomínaných v odborných textoch je v slovenskom jazyku veľmi málo.

V tomto článku sa postupne zoznámime s jednotlivými časťami, ich rozdelením, stavbou, kontrolou a využitím, jednotlivých komponentov.

2. Ložiská

Ložisko je strojárská súčiastka, slúžiaca na prenos síl medzi pevnými a pohyblivými súčiastkami mechanického stroja. Každé ložisko je konštruované tak, aby minimalizovalo trenie vznikajúce medzi pevnými a pohyblivými časťami stroja. Rozoznávame mnoho druhov ložísk, základné delenie sú klzné a valivé ložiská.

2.1. Klzné ložiská

Klzné ložisko vymedzuje polohu dvoch stýkajúcich sa častí mechanizmu, pri ktorých vzájomnom pohybe vzniká klzné trenie. Klzné ložiská sú pomerne lacné, znesú nárazy a preťaženie, ich údržba ako aj montáž a demontáž je veľmi jednoduchá, umožňujú presné uloženie hriadeľa a majú tichý chod. Spotrebujú väčšie množstvo mazadla ako iné druhy ložísk, pri nedostatočnom mazaní dochádza k zadretiu vo väčšej miere ako pri valivých ložiskách.



Obrázok 1: Kľzné ložisko. Zdroj: [https://www.schaeffler.sk/content.schaeffler.sk/sk/products-and-solutions/industrial/].

2.2. Valivé ložiská

Valivé ložisko je súčiastka, ktorej história sa vyvíja už od vynájdenia kola. Tieto ložiská zabezpečujú vzájomnú polohu pevných a otáčavých súčastí zariadenia a prenášajú zaťaženie z hriadeľa na ostatné časti stroja. Medzi pohybujúcimi sa plochami hriadeľa a ložiská vzniká trenie. Princíp valivého ložiska spočíva v použití valivých telies, ktoré zabezpečujú valivé trenie a oddeľujú pevnú a pohyblivú plochu. Ako valivé telieska sa zvyčajne používajú guľičky, valčeky alebo ihly. Takéto ložiská nie sú vhodné pre veľmi vysoké obvodové rýchlosti, sú hlučnejšie ako kľzné ložiská, spotrebujú málo mazadla a tiež vznikajú malé straty trením.

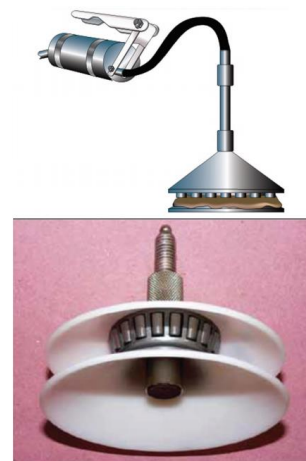


Obrázok 2: A- guľôčkové valivé ložisko, B- valčekové valivé ložisko, C- ihľové valivé ložisko. Zdroj: [https://www.schaeffler.sk/content.schaeffler.sk/sk/products-and-solutions/industrial/].

2.3. Manipulácia a mazanie ložísk

Správna manipulácia s ložiskom je veľmi dôležitá. Znečistenie, vlhkosť a vibrácie poškodia ložisko aj v statickom stave. Je preto nutné vyvarovať sa podmienkam, ktoré by mohli mať nepriaznivý vplyv na stav ložiska. Pri montáži ložiska je nutné dodržať postupy stanovené jeho výrobcom. Správnym mazaním ložiska čiastočne predídeme negatívnym vplyvom na ložisko.

Na mazanie ložiska používame výhradne mazivo odporúčané výrobcom. Použitie tlakového nástroja pre mazanie ložísk alebo vhodného adaptéru je najlepšia metóda k vyplaveniu nečistôt, ktoré ostali v ložisku po vyčistení.



Obrázok 3: Nástroj pre tlakové mazanie ložiska. Zdroj: [6].

2.4. Využitie ložísk v leteectve

Ložisko je v leteectve často využívaná súčiastka. Ložiská sú súčasťou takmer každého systému v lietadle ale aj v pozemných letiskových zariadeniach. Táto kapitola sa venuje možným príkladom využitia ložísk v leteckej technike.

2.4.1. Ložiská v leteckom turbínovom motore

Hlavné ložiská v leteckom turbínovom motore plnia dôležitú funkciu podpory hlavného hriadeľa motora. Počet potrebných ložísk je závislý od konkrétneho typu motora, všeobecne však platí že počet rastie s nárastom veľkosti a váhy motora. Na dĺžku motora má priami vplyv typ použitého kompresora. Minimálne tri ložiská sú potrebné k podpore hriadeľa turbínového motora. V niektorých prípadoch je potrebné použiť viac ložísk a to v prípade nadmernej dĺžky motora alebo ak sú ložiská vystavené vibráciám. Pri mnohých nových turbínových motoroch sa valivé ložiská postupne nahrádzajú hydraulickými ložiskami, ktorých vonkajší krúžok je obalený tenkým filmom maziva. Tieto ložiská tak znižujú vibrácie prenášané do motora.



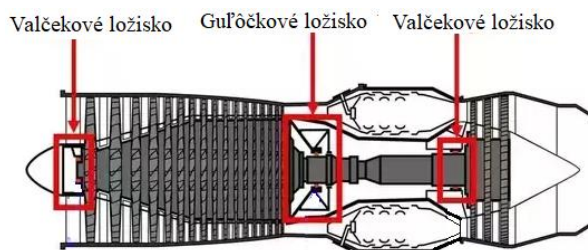
Obrázok 12: Hydraulické ložisko. Zdroj: [https://tiltonracing.com/product/ultra-low-profile-8000-series-hydraulic-release-bearing/].

Guľôčkové ložiská sú zvyčajne umiestnené na hriadeľi kompresora alebo turbíny tak, aby absorbovali akékoľvek radiálne alebo axiálne sily. Valčekové ložiská majú väčšiu pracovnú plochu, preto lepšie pohlcujú radiálne ako aj axiálne

zaťaženie. Ložiská využívané v turbínovom motore sú konštruované podľa požiadaviek na radiálne aj axiálne zaťaženie pri vysokých otáčkach rotora turbínového motora. Kryt ložiska obsahuje olejové tesnenie, aby nedochádzalo k úniku maziva z ložiska. Prostredníctvom tohto krytu sa tiež dodáva mazivo do ložiska pomocou rozprašovacích dýz.

Valivé ložisko je uložené v telese ložiska a môže mať funkciu samočinného vyrovňovania. Ak je ložisko samonosné, je obvykle uložené v guľovom krúžku. Toto umožňuje hriadeľu určitý radiálny pohyb bez prenosu napätia na vnútorný krúžok ložiska.

Úložnú plochu ložiska na hriadeľ obvykle zaisťuje opracovaný čap na príslušnom hriadeľi. Ložisko je obvykle zaistené v svojej polohe oceľovým poistným krúžkom alebo iným vhodným zaisťovacím komponentom. Hriadeľ rotora tiež poskytuje zodpovedajúcu plochu pre olejové tesnenie v ložiskovej skrini.



Obrázok 5: Umiestnenie hlavných ložiskových skriň. Zdroj: [\[https://www.flight-mechanic.com/gas-turbine-engine-bearings-and-seals/\]](https://www.flight-mechanic.com/gas-turbine-engine-bearings-and-seals/).

2.4.2. Ložiská v leteckom piestovom spaľovacom motore

Ložisko v spaľovacom motore podporuje mechanické prvky a zaisťuje ich pohyb relatívne k inému prvku s minimálnymi stratami energie. Rotujúce komponenty spaľovacích motorov sú vybavené klznými ložiskami. Piestové motory sa vyznačujú cyklickým zaťažením ich častí vrátane ložísk. Takýto charakter zaťaženia je výsledkom striedavého tlaku spaľovania zmesi vo valcoch. Valivé ložiská, v ktorých je zaťaženie prenášané na relatívne malú plochu povrchu krúžku, tieto podmienky zaťaženia spaľovacích motorov nevydržia a došlo by k ich poškodeniu. V motoroch s vnútorným spaľovaním môžu preto fungovať iba klzné ložiská, zabezpečujúce rozloženie pôsobiaceho zaťaženia na relatívne širokú plochu.

Hlavné ložiská kľukového hriadeľa podopierajú kľukový hriadeľ a zabezpečujú jeho otáčanie. Hlavné ložiská sú uložené v kľukovej skrini. Hlavné ložisko sa skladá z dvoch častí a to z hornej a dolnej. Horná časť hlavného ložiska má obvykle na vnútornom povrchu olejovú drážku. Hlavné ložisko má otvor na privod mazadla do plniacich otvorov v kľukovom hriadeľi. Niektoré z hlavných ložísk môžu mať prvky axiálneho ložiska pohlcujúce axiálne zaťaženie a zabráňujúce pohybom pozdĺž osi kľukového hriadeľa. Hlavné ložiská tohto typu sa nazývajú prírubové valivé ložiská.

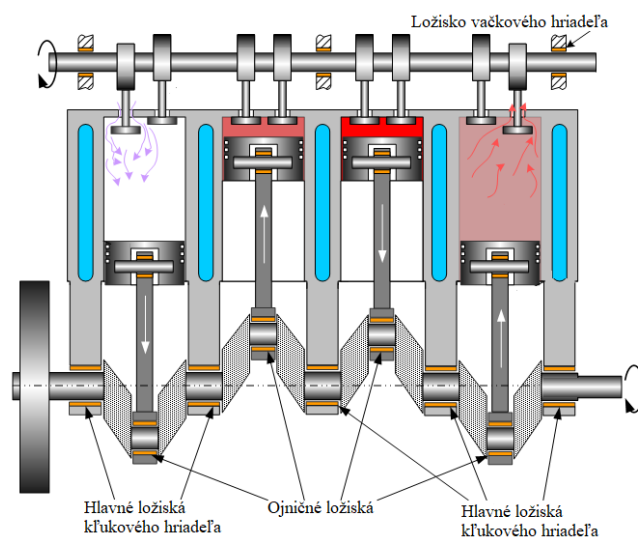
Ojničné ložiská umožňujú rotačný pohyb kľukového čapu vo vnútri ojnice, ktorý prenáša cyklické zaťaženie pôsobiace na piest. Ojničné ložiská sú namontované na väčšom konci ojnice. Ložisko sa skladá z dvoch častí, ktoré sú obvykle navzájom zameniteľné.

Malé koncové puzdrá zabezpečujú pohyb piestu relatívne k ojnici spojenej s piestom piestným čapom. Koncové puzdrá sú

namontované na menšom konci ojnice. Malé koncové puzdrá sú cyklicky zaťažované piestom tlačným striedavým tlakom spalín.

Ložiská vačkového hriadeľa podopierajú vačkový hriadeľ a zaisťujú jeho otáčanie.

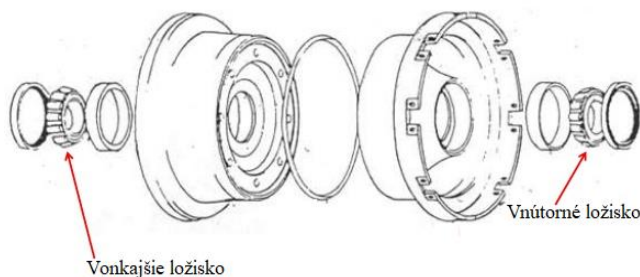
Ako všetky ložiská tak aj tie v spaľovacom motore je nutné mazať. Mazanie ložísk motora výrazne znižuje koeficientu trenia, odvádza teplo generované trením, odstraňuje cudzie častice z trecích povrchov. Ložiská motora spravidla pracujú v hydrodynamických režimoch trenia. Hydrodynamické trenie implikuje prítomnosť nepretržitého mazacieho filmu medzi povrchom ložiska a čapom. Pre správnu prácu ložísk motora je potrebné neustále dodávanie maziva v dostatočnom množstve, čo zabezpečuje mazacia sústava.



Obrázok 6: Ložiská piestového spaľovacieho motora. Zdroj: [\[https://balikumic.com.wordpress.com/2017/02/24/crankshaft-motion/\]](https://balikumic.com.wordpress.com/2017/02/24/crankshaft-motion/).

2.4.3. Ložiská v podvozku lietadla

Podvozok lietadla je jedna z jeho kľúčových častí. Aby podvozok plnil svoj účel je opatrený kolesom, ktoré zabezpečuje bezpečný pohyb po letisku, vzlet a pristátie. Na tieto ložiská sú kladené vysoké požiadavky pri veľkých zaťaženiach a silách pôsobiacich najmä počas vzletu a pristátia. Počas letu v hladine sú tieto ložiská v kľudovom stave, kde nie sú namáhané, no pôsobia na ne vonkajšie sily. Pre svoju pevnosť a relatívne veľkú ložnú plochu sú na tieto účely používané valčkové kuželové ložiská. Úlohou týchto ložísk je zabezpečiť rotačný pohyb kolies vzhľadom ku konštrukcii podvozkového mechanizmu. Každé koleso obsahuje dve valivé ložiská, vonkajšie a vnútorné. Hriadeľ je pevne upevnený vo vnútri ložiska a zároveň tvorí pevnú súčasť podvozkového konštrukcie. Vonkajší krúžok ložiska je pevne spojený s diskom kolesa, čo zabezpečuje voľný rotačný pohyb kolesa okolo osi hriadeľa. Tieto ložiská sú veľmi namáhané, preto je dôležitá ich pravidelná kontrola a údržba.



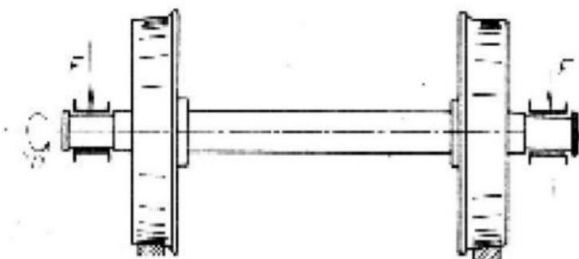
Obrázok 7: Ložiska kola podvozku. Zdroj: [https://www.aircraftsystemstech.com/p/landing-gear-support.html].

3. Hriadele

Hriadeľ je valcovitá strojárenská súčiastka umožňujúca prenos rotačného pohybu, alebo krútiaceho momentu z jedného miesta na druhé. Zvyčajne sa naň napájajú iné súčasti strojov, ktoré sa s ním otáčajú okolo svojej osi.

3.1. Nosné hriadele

Nosný hriadeľ je možné považovať za nosník na dvoch podperách, ktorý je zaťažený v jeho strede a v ňom je najväčší ohybový moment. Rozlišujeme nosné hriadele pevné a otočné. Pevné hriadele sú pevne uložené v ráme stojana a tvoria vedenie otáčajúcich sa súčastí. Otočné hriadele, sa spolu s pevne uloženými súčiastkami otáčajú v ložiskách. Podľa prierezu rozlišujeme plné a duté nosné hriadele. Vyrábajú sa najmä z ocele na odliatky alebo neúšľachtilých konštrukčných ocelí triedy 11.

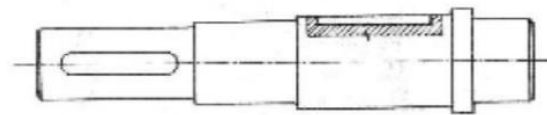


Obrázok 8: Nosný hriadeľ – náprava železničného vagónu. Zdroj: [https://cloud2q.edupage.org/cloud/UT_CST_2_-_Hriadele_capy_s_obsahom.pdf?z%3A8iG07jqEWIY52NDhTf0bBIRiff4d bDPSr63gNWfgVmJ9M2s0mGHWkDn1LiSNP1P].

3.2. Pohybové hriadele

Prenášajú otáčavý pohyb a zároveň aj krútiaci moment z hnacieho člena na hnaný. Sú namáhané predovšetkým na krútenie a zároveň na ohyb. Hriadeľ je uložený v dvoch ložiskách, jedno ložisko na každom jeho konci. Podľa prierezu rozlišujeme plné a duté pohybové hriadele. Tieto hriadele sa v praxi využívajú v rôznych tvaroch. Základné používané tvary sú priame hladké, kľukové, vačkové, ohybné, drážkové a kľbové. Pohybové hriadele sa vyrábajú z ocelí triedy 11 350 až 11 600, pre výkonné stroje trieda 10 040 a na špeciálne účely aj z legovaných ocelí triedy 14, 15, 16.

Konce hriadeľov sú normalizované valcového alebo kužeľového tvaru. Prechody medzi priermi hriadeľa nemôžu mať nebezpečné zoslabenie alebo ostrý prechod, preto sa zaobľujú.



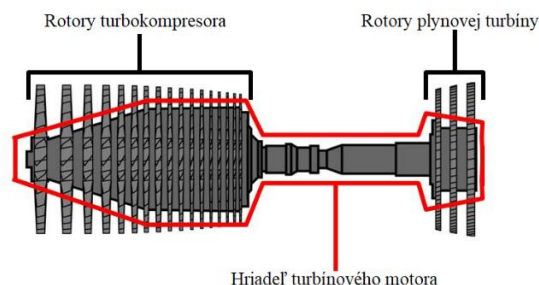
Obrázok 9: Priami hladký hriadeľ. Zdroj: [https://cloud2q.edupage.org/cloud/UT_CST_2_-_Hriadele_capy_s_obsahom.pdf?z%3A8iG07jqEWIY52NDhTf0bBIRiff4d bDPSr63gNWfgVmJ9M2s0mGHWkDn1LiSNP1P].

3.3. Využitie hriadeľov v leteectve

Hriadele sú v leteectve rovnako často využívané súčiastka ako ložiská. Keďže v zásade platí, že hriadeľ je vždy uložený v ložisku môžeme skonštatovať, že využitie hriadeľov je rovnaké ako využitie ložisk, preto táto kapitola práce bude bližšie rozoberať využitie hriadeľov v leteckých motoroch a v kolese podvozku lietadla, pre znázornenie vzájomnej súčinnosti hriadeľov a ložisk.

3.3.1. Hriadeľ v leteckom turbínovom motore

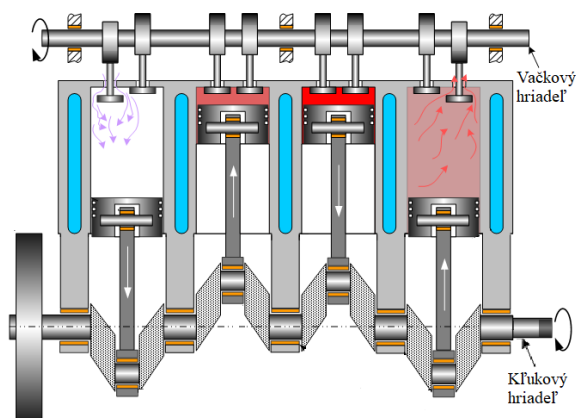
Hriadeľ spája turbínu s kompresorom a prechádza takmer celou dĺžkou motora. Môžu byť použité až tri sústredné hriadele, ktoré sa otáčajú nezávislými rýchlosťami, s príslušným počtom turbín a kompresorov. Vzduch k plynovej turbíne prúdi cez hriadeľ od kompresora. Tento hriadeľ je tvarovaný podľa potreby konkrétneho motora, s príslušnými potrebnými ložnými plochami pre ložiská a pre montáž rotorov plynovej turbíny a turbokompresora.



Obrázok 10: Hriadeľ turbínového motora. Zdroj: [https://www.flight-mechanic.com/gas-turbine-engine-bearings-and-seals/].

3.3.2. Hriadele v leteckom spaľovacom motore

V spaľovacom motore rozlišujeme vačkový a kľukový hriadeľ.



Obrázok 11: Hriadele leteckého piestového spaľovacieho motora. Zdroj: [https://balikumicom.wordpress.com/2017/02/24/crankshaft-motion/].

Vačkový hriadeľ v leteckom piestovom spaľovacom motore

V piestových motoroch sa vačkový hriadeľ používa na ovládanie sacích a výfukových ventilov. Vačkový hriadeľ sa skladá z tyče kruhového prierezu, ktorá vedie po celej dĺžke bloku, s niekoľkými vačkami, čo sú disky s vyčnievajúcimi vačkovými lalokmi po celej svojej dĺžke, jedným pre každý ventil. Vačka núti ventil otvárať zatlačením na ventil, keď sa otáča. Medzitým pružina vyvíja napätie, ktoré ťahá ventil do jeho zatvorenej polohy. Keď lalok dosiahne najväčší posuv na tlačnej tyči, ventil je úplne otvorený. Ventil je uzavretý, keď ho pružina stiahne dozadu a vačka naň netlačí.



Obrázok 12: Vačkový hriadeľ. Zdroj: [http://mixmotor.eu/9800/vackovy-hriadel-minulost-sucasnost-buducnost-cast-i].

Kľukový hriadeľ v leteckom piestovom spaľovacom motore

Kľukový hriadeľ poháňaný kľukovým mechanizmom, ktorý sa skladá zo série kľúk a kľukových čapov, ku ktorým sú pripojené ojnice motora. Je to mechanická časť schopná vykonať prevod medzi vratným pohybom a rotačným pohybom. V motore prevádza vratný pohyb piestu na rotačný pohyb. Aby sa mohol uskutočniť prevod medzi dvoma pohybmi, je kľukový hriadeľ, špeciálne tvarovaný do tvaru za sebou idúcich kľúk. Spravidla je pripojený k zotrvačníku, aby sa znížila pulzačná charakteristika cyklu motora. Niekedy je použitý aj torzný, alebo vibračný tlmič

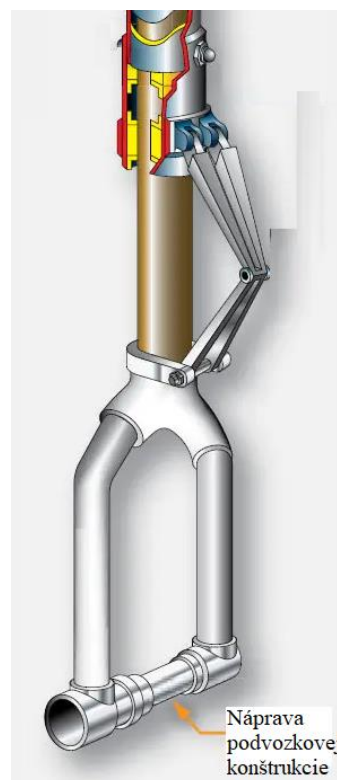
na opačnom konci, aby sa znížili torzné vibrácie, ktoré často pôsobia pozdĺž kľukového hriadeľa.



Obrázok 13: Kľukový hriadeľ motora Junkers-Jumo 211B. Zdroj: [https://www.flightglobal.com/pdfarchive/view/1939/1939-1-%20-%201250.html].

3.3.3. Hriadeľ kolesa podvozku lietadla

Náprava podvozku lietadla je špeciálne tvarovaný hriadeľ, pevne upevnený ku konštrukcii podvozku. Uloženie kolesa pomocou ložiska na náprave je bližšie popísaná v tejto práci v kapitole ložiská.



Obrázok 14: Náprava podvozovej konštrukcie. Zdroj: [https://www.aircraftsystemstech.com/p/landing-gear-support.html].

4. Pružiny

Pružina je strojná súčiastka, umožňujúca elastickú deformáciu v jednom alebo viacerých smeroch. Deformáciu spôsobuje pôsobenie sily, ale keď sila prestane pôsobiť pružina sa sama

vracia do pôvodného stavu. Pružiny sa hlavne používajú na akumuláciu alebo zachytávanie pôsobiacich síl, či na pružné spojeniu iných súčastí. V konštrukcii lietadiel sú pružiny často používanou súčiastkou. Na zabezpečenie dostatočnej bezpečnosti je nutné pružiny testovať pred samotným uvedením do prevádzky ako aj ich pravidelne kontrolovať počas prevádzky.

4.1. Kontrola a testovanie pružín

Pružiny vo všeobecnosti nevyžadujú náročnú údržbu. Tie ktoré vytvárajú oblúky v exponovaných oblastiach môžu časom začať korodovať. Pružiny vystavené vysokým teplotám sa môžu prehriať a stratiť svoju pružnosť, čím stratia potrebnú mechanickú vlastnosť na výkon svojej funkcie, pre ktorú boli navrhnuté.

Je dôležité pravidelne a starostlivo kontrolovať všetky dôležité pružiny a presvedčiť sa, či nejavia známky korózie alebo prehriatia. Na pružinách v statickom stave často dochádza ku korózií a znižuje sa jej maximálne možné zaťaženie. V prípade korózie pružiny prenášajúcej cyklické zaťaženie vedie kombinácia korózie a tohto zaťaženia k strate tzv. únavovej pevnosti.

Prehrievanie sa prejavuje ako pľuzgier na povrchu pružiny a v extrémnych prípadoch dochádza až k zmene farby kovu pružiny. Pri zistení prehriatia pružiny je treba predpokladať, že daná pružina nie je vhodná pre navrhovaný účel.

V niektorých prípadoch je nutné porovnávať kontrolovanú pružinu s obrázkom alebo grafom, aby sa zistilo, či je vzhľadom na svoj stav vhodná pre ďalšie fungovanie. Kontrola niektorých pružín sa vykonáva pravidelné v určitom časovom intervale, zatiaľ čo iné pružiny sa kontrolujú príležitostne. To znamená, že napríklad pri demontáži brzdového strmeňa kvôli jeho generálnej oprave sa kontrolujú aj príslušné pružiny.

Najbežnejšia kontrola vinutej pružiny je jej statické meranie a meranie jej dĺžky. Výrobca zverejňuje presný rozmer dĺžky pružín v nezaťaženom stave s malým rozsahom tolerancie. Servisný technik presne odmeria dĺžku kontrolovanej pružiny a výsledok merania porovnáva so zverejneným údajom. Ak je rozmer v medziach tolerancie pružina sa vráti do prevádzky, v opačnom prípade je nutná jej výmena.

Ďalšou bežnou kontrolou pri údržbe je kontrola zaťaženia. Táto kontrola sa vykonáva na pružinách, ktoré sa využívajú na kritickejších pozíciách, ako napríklad pružiny ventilov piestového motora. Na túto kontrolu sa používa špeciálne skúšobné zariadenie na zaťaženie pružiny tlakovým, ťahovým alebo krútiacim zaťažením, kde zistíme údaje o jej zaťažení a hodnoty priebehov kontroly.

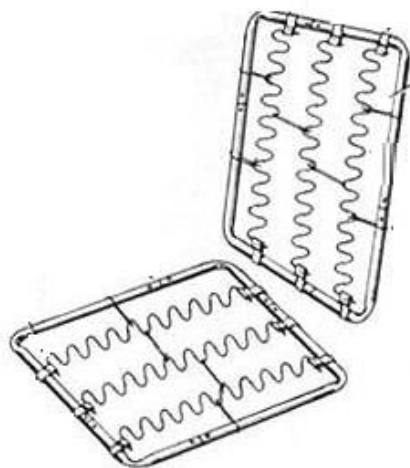


Obrázok 15: Zariadenie na skúšku stlačenia pružiny. Zdroj: [6].

4.2. Využitie pružín v letectve

Keď uvidíte obrovský zovňajšok lietadla, tak je ľahké prehliadnuť skutočnosť, že státisíce drobných častí tvoria tento neuveriteľný technický počín. Jedným z kľúčových komponentov, ktoré pravdepodobne nebudete brať do úvahy je súčiastka, bez ktorej by lietadlo jednoducho nemohlo fungovať a tou je skromná pružina. Táto kapitola sa venuje bližšiemu popisu časti lietadla, kde sa pružiny využívajú najčastejšie.

Najčastejšie používanými pružinami sú pružiny v sedadlách komerčných dopravných lietadiel. S týmito pružinami prichádza do kontaktu každý cestujúci a zabezpečujú komfortnejšie sedenie počas letu.



Obrázok 16: Pružiny v sedačke lietadla. Zdroj: [https://www.eaa.org/eaaircraft-building/BuilderResources/while-youre-building/building-articles/cockpit-and-cabin-interior/homebuilt-aircraft-interiors-part-3].

Pružiny sa využívajú v mechanizme uzatvárania dvierok úložného priestoru nad hlavou cestujúceho. Bez pružín by boli skrinky nad hlavou dosť nebezpečné. Keď uvoľníte háčik a

otvoríte skrinku všimnete si, že dvere skrinky sa uvoľňujú pomalou rýchlosťou, za to môžu svorky a pružiny.



Obrázok 17: Pružinový mechanizmus dvierok úložného priestoru nad hlavou cestujúceho. Zdroj: [<https://www.europeansprings.ie/springs-in-aircrafts/>].

Jedným z najdôležitejších bezpečnostných prvkov na palube lietadla sú dvere lietadla. Tu pružiny slúžia hlavne ako súčiastka mechanizmu otvárania a zatvárania dverí.



Obrázok 18: Pružiny v mechanizme otvárania dverí na palube lietadla. Zdroj: [<https://www.europeansprings.ie/springs-in-aircrafts/>].

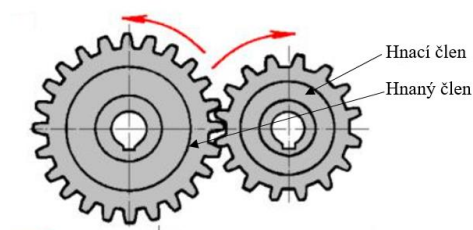
5. Prevody

Prevod je mechanizmus určený na premenu (prevod) pohybov a s tým aj premenu síl a momentov. Prevodový mechanizmus sa skladá najmenej z troch členov, pričom jeden z členov je skriňa, rám alebo stojan, tento člen zachytáva reakčné sily alebo momenty, ktoré vznikajú pri premene pohybov. Člen, ktorý tento mechanizmus poháňa sa nazýva hnací alebo vstupný. Počet hnacích členov je rovný počtu stupňov voľnosti

mechanizmu. Všetky ostatné členy mechanizmu sú hnané. Hnaný člen, ktorý vykonáva výsledný žiadaný pohyb sa nazýva výstupný člen. V lietadle sa používajú početné prevodové zariadenia, z ktorých najvýznamnejšia je redukčná prevodovka medzi motorom a vrtulou. Prevody rozlišujeme priame, do tejto skupiny patria ozubené a trecie prevody a druhou skupinou sú prevody nepriame, kde zaraďujeme remeňové, reťazové a lanové prevody.

5.1. Priame prevody

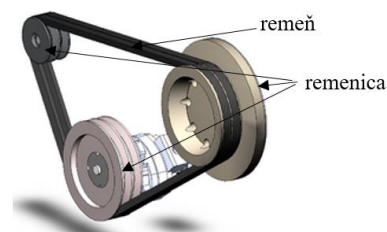
Priame prevody nedisponujú žiadnym vloženým členom, vždy sa jedná o priami kontakt dvoch alebo viacerých členov prevodu.



Obrázok 19: Jednoduchý ozubený prevod. Zdroj: [<https://www.slideserve.com/salome/prevody>].

5.2. Nepriame prevody

Nepriame prevody nazývané aj prevody s vloženým členom, ako vložený člen vystupuje remeň, reťaz alebo lano. V závislosti od vloženého člena je pomenovaný aj samotný prevod. Vložený člen zabezpečuje prenos síl a pohybov medzi dvoma rotačnými časťami stroja.



Obrázok 20: Remeňový prevod. Zdroj: [Borovski. 2005. [online] dostupné na internete: <https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98emenice>].



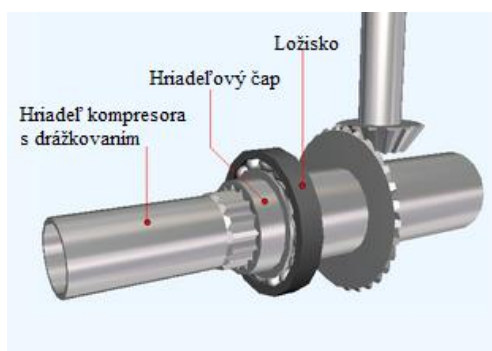
Obrázok 21: Remeňový prevod piestového motora na lietadle. Zdroj: [6].

5.3. Využitie prevodov v letectve

Prevody sú ďalšou z kľúčových súčasti lietadla. Prevody transformujú a prenášajú každý pokyn z kabíny lietadla pomocou príslušných mechanizmov, až na výsledný pohyb komponentu. Toto zabezpečuje napríklad ovládanie smerového, či výškového kormidla, vysúvanie a zasúvanie podvozku alebo ovládanie klapiek na krídle lietadla.

V tejto kapitole si priblížime funkciu doplnkovej prevodovky na prenos síl do príslušenstva leteckého turbínového motora. Doplnková prevodovka poskytuje energiu pre hydraulické, pneumatické a elektrické systémy, ktoré sa používajú v motore aj v lietadle. Používa sa tiež na pohon palivových čerpadiel, olejových čerpadiel a rôznych ďalších zariadení potrebných na spoľahlivý chod motora. Pohon prídavnej prevodovky sa zvyčajne uskutočňuje z hriadeľa vysokotlakového kompresora cez vnútornú prevodovku. Potom sa prechádza do externej prevodovky, ktorá zaisťuje pohon príslušenstva a štartovacieho motora.

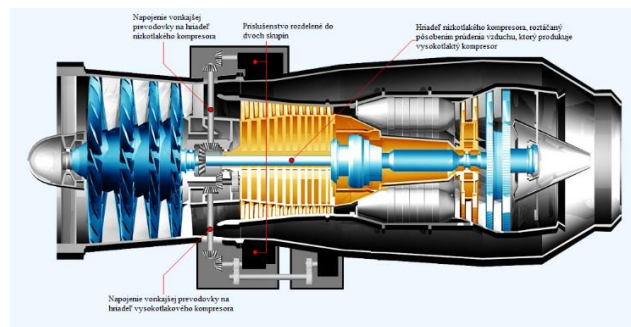
V hriadeľi kompresora je drážka, okolo ktorej je uložený čap hriadeľa, ktorý má vnútorné ozubenie zodpovedajúce vzoru drážok v hriadeľi kompresora. Skutočnosť, že sa drážkovaný hriadeľ môže axiálne pohybovať, zatiaľ čo čap hriadeľa je pevne držaný v správnej polohe pomocou ložiska, zaisťuje, že zuby ozubeného kolesa nestratia vzájomný kontakt s drážkami na hriadeľi.



Obrázok 22: Uloženie hriadeľového čapu na hriadeľi kompresora. Zdroj: [https://gas-turbines.weebly.com/gear-boxes--accessory-drives.html].

Na rozloženie zaťaženia príslušenstva sa v niektorých prípadoch rozdeľuje prevodovka na dve menšie samostatné prevodovky. Druhý radiálny hriadeľ je napojený na hriadeľa kompresora a slúži na pohon druhej vonkajšej prevodovky. Tieto dva systémy prevodovky umožňujú rozdelenie príslušenstva do dvoch menších skupín, čím sa prekonávajú ťažkosti s obmedzeným priestorom okolo motora.

Počas štartovania motora namiesto toho, aby bola prevodovka poháňaná motorom, poháňa prevodovka motor a štartér otáča hriadeľ kompresora. Príslušenstvo špecifické pre prevádzkové potreby motorov, ako sú olejové a palivové čerpadlá, je umiestnené na prevodovke poháňanej hriadeľom vysokotlakového kompresora.



Obrázok 23: Ukážka dvoch vonkajších prevodoviek leteckého turbínového motora. Zdroj: [https://gas-turbines.weebly.com/gear-boxes--accessory-drives.html].

6. Záver

Cieľom tvorby tohto článku bolo predstavenie strojných súčiastok – ložísk, hriadeľ, pružiny a prevody. V článku sú zhromaždené všetky základné informácie z oblasti ložísk, hriadeľov, pružín a prevodov, ktoré môžu čitateľom zjednodušiť štúdium, vyhľadávanie informácií alebo pomôcť pochopiť základné princípy problematiky pre praktické využitie. Celý článok je tvorený v slovenskom jazyku ako pomôcka pre študentov.

Predkladaný článok poskytuje čitateľovi informácie všeobecnej teórie. Článok je rozdelený na kapitoly, kde každá z kapitol bližšie rozoberá jednu z daných súčiastok. Na začiatku každej kapitoly je čitateľ oboznámený so všeobecnou teóriou a základným delením jednotlivých súčiastok. Každá kapitola bližšie popisuje kontrolu a údržbu danej súčiastky. Ako je všeobecne známe lietadlo je komplexné zariadenie, obsahujúce množstvo systémov a súčiastok, preto sa závere každej kapitoly čitateľ oboznámi s príkladom využitia danej súčiastky v praxi.

Výstup tohto článku je syntéza získaných materiálov a vytvorenie uceleného základného materiálu v slovenskom jazyku.

7. Referencie

- [1] IKRINSKÝ, A. 1994. *Mechanické a hydraulické prevody*. Bratislava: vydavateľstvo STU, 1994. 172s. ISBN 80-2271-855-6.
- [2] JANČINA, J. – PEKÁREK, F. 1987. *Mechanika II - Kinematika*. Bratislava: vydavateľstvo Alfa, 1987. 336s. ISBN 063-556-87.
- [3] BARTOŠ, J. a kol. 1972. *Zbierka konštrukčných úloh z časti strojov. II. vydanie*. Bratislava: vydavateľstvo Alfa, 1972. 584s. ISBN 63-365-78-2.
- [4] BARTOŠ, J. a kol. 1972. *časti strojov. II. a III.* Bratislava: vydavateľstvo Alfa, 1972. 584s. ISBN 63-381-72.
- [5] KRÁL, Š. – SUCHANSKÝ, M. – KRIŽAN, J. 1991. *Stavba a prevádzka strojov*. Bratislava: vydavateľstvo Alfa, 1991. 391s. ISBN 80-05-00780-9.
- [6] Aircraft Technical Book Company LLC. 2016. EASA Part- 66. Aviation Maintenance Technician Certification Series. Module 07A. 2016. 527s. ISBN 978-194114039.

- [7] Engine bearing faulture [online]. Dostupné na internete: https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=engine_bearing_faulture
- [8] Gas Turbine Engine Bearings and Seals. [online]. Dostupné na internete: <https://www.flight-mechanic.com/gas-turbine-engine-bearings-and-seals/>
- [9] Hriadele [online]. Dostupné na internete: https://cloud2q.edupage.org/cloud/UT_CST_2_-_Hriadele_capy_s_obsahom.pdf?z%3A8iG07jqEWlY52NDhTf0bBIRifj4dbDPSr63gNWfgVmJ9M2s0mGHWkDn1LiSNP1P
- [10] European Springs Ireland [online]. Dostupné na internete: <https://www.europeansprings.com/company/spring-manufacturers-ireland/>
- [11] Design of springs [Online]. Dostupné na internete: <http://www.meca.insa-toulouse.fr/~paredes/Springs2K/index.php?men=gen&ide=Bdefinition>
- [12] Variable springs support [Online]. Dostupné na internete: <https://pipingtech.com/products/engineered-spring-supports/variable-spring-supports/>
- [13] Prevody [online]. Dostupné na internete: <https://www.slideserve.com/salome/prevody>
- [14] Accessory gearbox [online]. Dostupné na internete: <https://gas-turbines.weebly.com/gear-boxes--accessory-drives.html>
- [15] Metodická pomôcka ako písať bakalársku a diplomovú prácu [online]. Dostupné na internete: <https://www.euroekonom.sk/wp-content/Metodicka-pomocka-ako-pisat-bakalarsku-a-adiplomovu-pracu.pdf>
- [16] KLD UNIZA Interná metodická príručka na vypracovanie ZP [online]. Dostupné na internete: https://kld.uniza.sk/images/Subory_Statnice/bp-dp-interna-metodicka-prirucka-2015.pdf