

VŠB – Technická Univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Řešení problematiky mazání výrobní linky

Research of Lubrication Problems on Production Line

Student: Vilém Pippal

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Vilém Pippal**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R023 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Řešení problematiky mazání výrobní linky**
Research of Lubrication Problems on Production Line

Zásady pro vypracování:

Na základě požadavků a podkladů zadavatele proveďte posouzení stavu mazání strojních zařízení výrobní linky pro tvářeni kovů.

V rámci zadání zpracujte:

1. Literární rešerši k problematice mazání strojních zařízení výrobních linek pro tvářeni kovů používaných při výrobě obalů.
2. Sběr a vyhodnocení informací o současném stavu v oblasti mazání strojních zařízení sledované výrobní linky v provozu zadavatele, a to s využitím zkušeností, problému a také záznamů o poruchách a údržbě v reálném provozu.
3. Návrh možných způsobů mazání výrobní linky vedoucích k zajištění přesnosti výroby a současně ke snížení poruchovosti sledovaných zařízení.
4. Výběr vhodné varianty technického řešení pro mazání předmětné výrobní linky, včetně doporučení k provozu mazacího systému.

Další pokyny a informace poskytne konzultant bakalářské práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

HELEBRANT, František, ZIEGLER, Jiří a MARASOVÁ, Daniela. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s.

ISBN 80-7078-883-6.

ŠAFR, Emil. *Tribotechnika*. SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1984. 300 s. 04-243-84.

SZCZEREK, Marian a WISNIEWSKI, Marek. *Tribologie, Tribotechnika*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji Radom, 2000. 727 s. ISBN 83-7204-199-7.

SHIGLEY, Joseph Edward et al. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. v Brně: VUTIUM, 2010. xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic; sv. 3. ISBN 978-80-214-2629-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....
podpis

Vilém Pippal
Nad Zahradami 894, Bojkovice 687 71

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PIPPAL V. *Řešení problematiky mazání výrobní linky*: bakalářská práce, Ostrava: VŠB - TUO, Fakulta strojní, katedra výrobních strojů a konstruování, 2015, 55 stran, vedoucí práce: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá zkoumáním stavu mazáním výrobní linky. K zjištění technického stavu bylo využito metody bezdemontážní technické diagnostiky, a to tribodiagnostiky. Na základě naměřených hodnot odebraných vzorků bylo stanovené vyhodnocení stavu maziv. Na závěr byly provedeny návrhy na další řešení mazání výrobní linky.

Klíčová slova: mazání, výrobní linky, tribodiagnostika

ANNOTATION OF BACHELORY THESIS

PIPPAL V. *Research of lubrication problem on production line*: the bachelor thesis, Ostrava: VŠB - TUO, faculty of mechanical engineering, department of production machines and design, 2015, 55 pages, thesis head: Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

This bachelor thesis deals with the state of lubrication of the production line. The method of technical diagnostics and tribodiagnosics was used to determine the technical state. The evaluation of the lubricants' condition was based on the measured values of the samples. At the end of my bachelory thesis, proposals for further lubricating solutions of the production line were made.

Keywords: lubrication, production lines, tribodiagnosics

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Aplikace tribotechnických zásad v podmínkách průmyslového podniku.....	10
2.1. Tření	10
2.2 Opotřebení.....	11
2.3 Maziva.....	14
2.3.1 Rozdělení maziv.....	14
2.3.2 Vlastnosti maziv.....	15
2.3.3 Maziva ve tváření.....	17
2.3.4 Maziva při lisování.....	17
2.4 Mazací soustavy.....	18
2.4.1 Krátkodobé mazací soustavy	18
2.4.2 Dlouhodobé mazací soustavy.....	19
3. Sledované výrobní zařízení – historie a současný stav	20
3.1 Historie firmy.....	20
3.2 Sestavení výrobní linky.....	22
3.2.1 Výrobní proces	22
3.2.2 Maziva na výrobní lince.....	29
3.2.3 Skladování maziva	30
4. Tribodiagnostika - odběr vzorků a rozbor olejů.....	32
4.1 Odběr vzorků.....	32
4.2 Rozbor vzorků olejů v diagnostické laboratoři	34

4.2.1 Vzorky ze strojních zařízení	34
4.2.2 Referenční vzorky	43
4.2.3 Přefiltrované vzorky	46
4.3 Vyhodnocení vzorků	46
4.3.1 Referenční vzorky	46
4.3.2 Vzorky ze strojních zařízení	47
4.3.3 Přefiltrovaná vzorky	48
5. Zhodnocení a návrhy na další řešení	49
5.1 Návrh tribodiagnostické laboratoře	50
6. Závěr	51
Použitá literatura	52
SEZNAM OBRAZKU A GRAFŮ	53
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	54
SEZNAM PŘÍLOH	55

1. Úvod

Ve své bakalářské práci s názvem Řešení problematiky mazání výrobní linky se budu zabývat problematikou mazání výrobní linky ve společnosti MORAVIA CANS. Mazání výrobní linky je velice důležité z pohledu tření a následného opotřebením strojních součástí a nástrojů. Vhodným mazáním lze ušetřit náklady na náhradní díly, ale také ušetřit náklady na využívané maziva. Při dokonalém mazání lze částečně zajistit nepřetržitý provoz výrobní linky.

Jako první ve své práci uvedu něco o historii, výrobním programu společnosti a používaných technologiích. Následně přiblížím informace o výrobní lince a samotné výrobní procesy výrobní linky. Z hlediska řešení spolehlivosti se zaměřím na tření a opotřebením strojních zařízení a způsobů mazání, ale také na používaná maziva.

Cílem práce je pomocí rozborů vzorků v tribodiagnostické laboratoři odebraných ze strojních zařízení, referenčních a přefiltrovaných vzorků a informací o problémech vyhodnotit stav mazání výrobní linky. Podle stavu maziv následně provedu návrhy na vhodnější a ekonomicky výhodnější řešení mazání výrobní linky pro budoucí provoz.

2. Aplikace tribotechnických zásad v podmínkách průmyslového podniku

2.1. Tření

Pro tvorbu této podkapitoly byla využita literatura [1], [2], [7].

Tření je přírodní jev, při kterém působí dva dotýkající se povrchy tribologického systému a jsou navzájem v relativním pohybu. Základní rozdělení je na tření vnější, které vyjadřuje styk dvou třecích ploch, a vnitřní tření, které vzniká v materiálových vrstvách třecího tělesa.

V důsledku tření na strojních zařízeních dochází k opotřebením pracovních součástí stroje. Většinou je tření z hlediska funkčního nepotřebný jev při výrobě. Dochází totiž ke snižování účinnosti technického zařízení výrobní linky, jako jsou například účinnosti ložisek, ozubených kol, různé převody dopravníků atd. U nepotřebného tření obecně platí nutnost dosažení cíleného tření při co nejmenším opotřebením.

Tření je ale u výrobní linky z funkčního hlediska v určitých zařízeních také jevem potřebným, např. u třecích spojek a brzd. Nejvíce důležité jsou brzdy. Jsou nutností při nějaké havárii nebo nehodě pro okamžité zastavení výrobní linky.

Při výrobních procesech se nejčastěji na výrobní lince vyskytuje tření pevných těles, kapalinové tření nebo jejich kombinace tzv. smíšené tření.

Tření pevných těles

Materiály, které se navzájem dotýkají, jsou v pevném skupenství. Tření je zapříčiněno dotýkáním povrchů s typickými vlastnostmi adhezivních vrstev, které se vytváří při mechanickém a molekulárním působením buď záměrně, nebo přirozeně.

Kapalinové tření

Vrstva materiálu, ve kterém působí třecí proces, má vlastnosti kapaliny. Při relativním pohybu dochází ke smykovému napětí, které se odvíjí od viskozity mezilátky. Jde tedy o hydrostatické a hydrodynamické vrstvy, ve kterých probíhají třecí procesy a jsou charakterizovány velikostí součinitele tření.

Smíšené tření

Vzniká u nerovnosti povrchů, kdy dochází ke styku pevných látek a dochází k tření pevných těles. Některé místa jsou oddělena vrstvou mazací látky a zde dochází ke kapalinovému tření.

Dále existuje ještě z hlediska skupenství plynové tření a plazmové tření.

2.2 Opotřebení

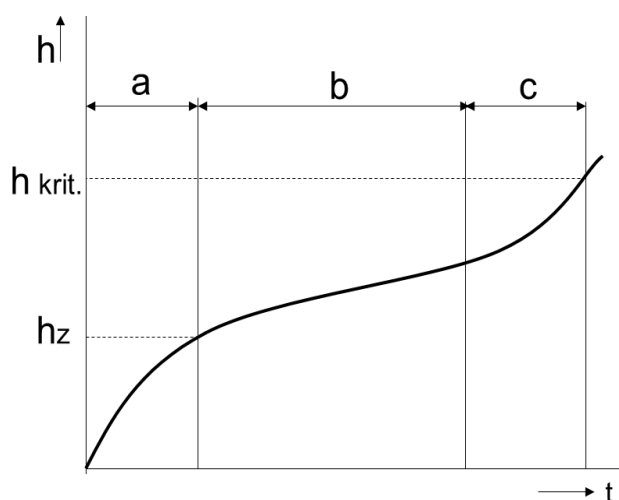
Pro tvorbu této podkapitoly byla využita literatura [1], [2], [7].

Opotřebení je stálý úbytek materiálu z ploch, které se vzájemně pohybují nebo k němu dochází při pohybu média. Je důsledkem tribologického procesu, který se koná v tribologickém systému.

Pomocí globálního pozorování je opotřebení viditelné okem. Vychází ze sledování základních procesů, jako jsou struktury, dislokace, lokálně plastické deformace, apod. Opotřebení lze taky vyjádřit jako důsledek tření, který zapříčinil trvalou změnu tvaru opotřebované součásti (např. tavení, oddělování, deformace, nanášení apod.) nebo stálou změnu velikosti vrstev materiálu.

Ve výrobní lince se těžko zjišťuje opotřebení globálním pozorování. Při opotřebení vzniká oděr, který se dostává do maziva. Pomocí kontroly maziva lze zjistit druhy a množství různých prvků obsažených v mazivu a může se určit, kde a na jakých strojních dílech může vnikat opotřebení, a může se určit jeho časový průběh.

Z časového průběhu opotřebení lze vyčíst, že rychlost opotřebení pro různé fáze technického života daného systému je rozdílná.



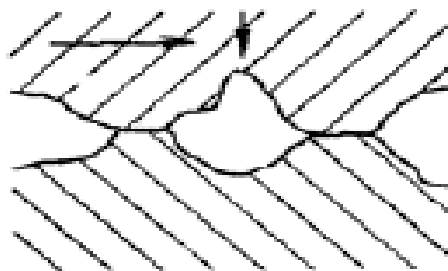
Obr. 1 Časový průběh [1]

Legenda: a = záběh
 b = provozní nasazení
 c = doběh
 $h_{krit.}$ = kritická hodnota opotřebení
 h_z = záběhová hodnota opotřebení

V provozu na výrobní lince dochází nejčastěji k adhezivnímu opotřebení, abrazivnímu opotřebení, popřípadě k opotřebení korozivnímu. Příliš velké opotřebení a následné zničení dílu ve strojním zařízení může způsobit nečekané a nevhodné zastavení linky. Při včasném zjištění lze zamezit tomuto problému nebo popřípadě dopředu naplánovat výrobu a výměnu poškozované součásti. Na výrobní lince dochází nejčastěji k poškození nástrojů pro výrobu. Dále velmi často tvrdnou a praskají těsnění na převodovkách.

Adhezivní opotřebení

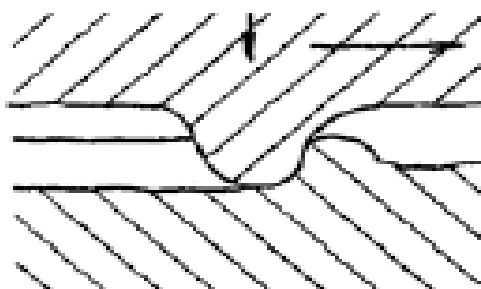
Vzniká při poměrném pohybu účinných povrchů a dochází k vzájemnému dotyku. Dojde k porušení vrstev a styku kovového materiálu. V důsledku vznikají mikrosvary a poté dochází k jejich porušování. Tady dochází k uvolňování, vytrhávání částic materiálu a k přenosu materiálu z uvolněného povrchu na protější povrch. Adhezivnímu opotřebení lze zamezit existencí maziva mezi účinnými povrchy těles. Adhezivní účinky lze nazvat pojmem zadírání. Poškozené místa se projevují jako jemný adhezivní oděr.



Obr. 2 Adhezivní opotřebení [1]

Abrazivní opotřebení

Pomocí tvrdého a drsného materiálu tělesa je řezán a rozrýván povrch druhého měkčího tělesa. Tento stejný účinek může nastat vlivem uvolněných částic oddělených z povrchu tělesa nebo částic, které vnikly z okolí, tzv. nečistoty. Pro poškozené místa, vzniklá opotřebením, jsou typické rýhy.



Obr. 3 Abrazivní opotřebení [1]

Korozivní opotřebení

Dochází k němu působením vzdušného kyslíku působícího z okolí do aktivního prostředí mezi povrchy třecích dvojic. Na výrobní lince může toto opotřebení vzniknout při delší odstávce linky, kdy dojde ke stečení maziva, a tím pádem povrchy součástí nejsou chráněné mazivem. Při vniku korozivního opotřebení dochází ke stárnutí maziva, jako je kyselost, obsah vody atd.

Dále existuje erozivní opotřebení, únavové opotřebení, vibrační opotřebení a kavitační opotřebení. K těmto opotřebením může taky docházet na strojních zařízeních výrobní linky, ale v menší míře než u předchozích uvedených opotřebení. V praxi ve strojních zařízeních nevzniká jen jeden druh uvedených opotřebení, ale většinou jejich kombinace.

2.3 Maziva

Pro tvorbu této podkapitoly byla využita literatura [1], [2], [3], [4], [6].

Hlavní úlohou maziv je zamezení přímého styku ploch, které jsou ve vzájemném pohybu. Účelem maziva je snížit tření a tím snížit opotřebení. Mazivo se účelně umísťuje mezi funkční stykové plochy v tribologickém systému, kde se tak mezilátka stává mazivem.

2.3.1 Rozdělení maziv

Maziva tuhá (pevná)

Tuhá maziva mají vlastnosti pevné látky. Pomocí adheze některé chemické látky vytváří na povrchu materiálu vrstvy, které mají mazací vlastnosti. Podoba tuhého maziva bývá převážně v podobě prášku nebo šupinek. Tuhé mazivo se nezachytává moc dobře na povrchu mazací plochy, proto se využívá příměsí, které mají lepší únosnost na mazaném povrchu. Nejčastěji se využívá plastické mazivo nebo minerální olej. Jejich hlavní využití je při práci s vysokými teplotami a vysokého tlaku. Tuhé mazivo se dělí na organické, anorganické, měkké kovy, kluzné látky. Sírnik molybdeničitý a uhlík ve formě grafitu patří mezi dvě nejnámější tuhá maziva.

Kapalná maziva

Mazivo má vlastnosti kapaliny, to znamená, že je v kapalném složení. Kapalně mazivo je nejpoužívanější mazivem. Na trhu je velký výběr kapalných maziv s různými vlastnostmi. Dělí se na motorové a průmyslové oleje.

Motorový olej - bývá nejčastěji na syntetické bázi a na bázi vysoce rafinovaných hydrokrakátů. Jsou to oleje např. pro zážehové motory, vznětové motory, čtyřtaky, dvoutaky, atd. Nejdůležitější vlastností je viskozita a její změna při různých teplotách.

Průmyslové oleje - je to velká skupina olejů pro mazání strojních zařízení a pro různé průmyslové odvětví (např. těžební průmysl, stavební, strojírenský, energetický, zemědělský, atd.). Podle použití se průmyslové oleje dále dělí na turbínové, kompresorové, hydraulické, strojní oleje, oleje pro obrábění, převodové pro průmyslové převodovky a pro různé speciální účely. Průmyslový olej se vyrábí z čistých syntetických olejů nebo z ropných rafinátů, většinou z hydrokrakátů. Do maziva jsou přidávána potřebná aditiva.

Plastická maziva

Najít je můžeme převážně v podobě gelů máslovitého charakteru. Využívají se v případech, kdy není vhodné použít olej jako mazivo nebo ho nelze použít vůbec. Plastické mazivo se skládá ze základového oleje, zpevňovadla a aditiv. Zpevňovadlo slouží jako mřížka, jejíž prostor je vyplněn základovým olejem, a při procesu mazání se z mřížky uvolňuje na mazací plochu. Plastická maziva se dělí na polotuhá maziva pro převody, maziva pro vysoké teploty, víceúčelová maziva, atd. Hlavní využití je pro kluzná ložiska, kluzná vedení, ozubená soukolí. Pro hodnocení maziva je nejdůležitější jeho konzistence.

Dále existují ještě plynná maziva. Mezi plynná maziva patří i vzduch. Nejsou skoro vůbec využívaná, jen v některých speciálních případech. Jejich hlavní využití je při mazání vysokorychlostních ložisek.

2.3.2 Vlastnosti maziv

Aby mazivo plnilo vhodně potřebné požadavky, musí mít potřebné vlastnosti a tyto vlastnosti si musí udržet po co nejdéle dobu. Samotné vlastnosti maziv se dělí do několika skupin a podskupin. Mezi skupiny patří účinné vlastnosti maziva (reologické vlastnosti, hustota, stlačitelnost kapalných maziv), životnostní vlastnosti maziva (účinek energií, odolnost proti oxidaci), povrchové vlastnosti (pěnění olejů,

tvorba emulzí, ochranná schopnost maziv, maznost, rozprašování olejů, čisticí a rozptylovací schopnost maziva), elektrické vlastnosti (permitivita, elektrická vodivost), podmínky vymežující teplotní použití maziv (bod varu, tlak par, bod vzplanutí a hoření, mez výbušnosti, odparnost, samozápalnost u kapalných maziv, bod skápnutí a mez pevnosti plastických maziv, bod zákalu a bod tuhnutí kapalných maziv) a fyziologické vlastnosti maziv.

K dané problematice výrobní linky jsou nejdůležitější v rámci účinných vlastností maziv tzv. reologické vlastnosti - zabývají se tokovými vlastnostmi. Využívá se zde především dynamické viskozity (koeficient vnitřního tření) a kinematické viskozity (poměr dynamické viskozity a hustoty při dané teplotě).

Jako další jsou velice důležité životnostní vlastnosti. Odvíjí se od nich čas, kdy je potřeba provést výměnu maziva ve strojních zařízeních. Jako první je důležitý účinek energií - např. účinek světla, záření, elektrických výbojů, vliv tepelné energie. A odolnost proti oxidaci - pomocí vzdušného kyslíku dochází k degradaci kapalných a plastických maziv. Působením teploty a chemického složení je dána rychlost a rozsah změn.

Mezi nejdůležitější povrchové vlastnosti pro výrobní linku patří pěnění olejů - nastává rychlejší stárnutí, snížení viskozity, snižování pevnosti mazací vrstvy. Ochranná schopnost maziv – ochrana před korozi a dále maznost - schopnost maziva snižovat tření a opotřebení.

Podmínky vymežující teplotní použití maziv jsou velice důležité z hlediska výroby. V různých mazacích místech bývají různé provozní teploty. Hlavními zkoumanými vlastnostmi jsou bod varu, tlak par, bod vzplanutí a hoření, mez výbušnosti, odparnost, samozápalnost u kapalných maziv - z pohledu provozu je nejzajímavější bod vzplanutí a bod hoření. Bod vzplanutí je bod, při kterém se nahromadí dostatečné množství par, a při přiblížení plamene se vznítí. Podle výroby oleje se odvíjí bod varu a tlak par. Oleje se třídí podle nebezpečí vzniku požáru do tříd hořlavosti. Množství úbytku oleje souvisí s jeho odparností.

Ve výrobě aerosolových nádobek jsou velice důležité fyziologické vlastnosti maziv, jelikož se jedná o výrobek v kosmetickém průmyslu. Tato vlastnost spočívá v odstranění škodlivých účinků na rostlinný, zvířecí a lidský organismus.

2.3.3 Maziva ve tváření

Při procesu tváření je jednou z nejdůležitějších věcí vhodná aplikace a volba maziva. Existují různé typy tvářecích procesů a na každý z nich se musí použít jiná technologie mazání a druh maziva, aby byla pro daný tvářecí proces ideální. Za pomoci různých aspektů, jakými jsou např. vlastnosti tvářecího a tvářeného materiálu, tvářecí síla nebo životnost nástrojů pro tváření, zjistíme, jaké nejvhodnější vlastnosti maziva potřebujeme a jak ho budeme používat.

Jednou z nejdůležitějších vlastností pro mazivo ve tváření je tvorba únosného filmu nebo filmu, který má ideální koeficient tření pro dané tváření. Mazivo dále nesmí na povrchu tvářeného kovu navodit žádnou barevnou změnu, nesmí vytvořit lepivý povrch a z povrchu materiálu se musí dát snadno odstranit. Při použití kapalného maziva je důležité, aby dobře odvádělo teplo a mělo dobrou smáčivost kovů. Pokud je požadována při tváření pouze mazací schopnost a nepotřebujeme schopnost odvodu tepla, tak se využívá tuhých maziv. Vysoká mazací schopnost je docílena pomocí měkkého tažného plastického maziva.

2.3.4 Maziva při lisování

Lisování je druh tváření, při kterém dochází ke změně tvaru, kdy převážně dochází ke změně tloušťky materiálu. Do pojmu lisování lze zařadit protlačování, ražení nebo tažení. Vhodné použití maziva a druhu mazání je nejdůležitější pro tažení a protlačování. Při těchto procesech se maže tvářený materiál i nástroj. Pomocí maziva dosahujeme snížení třecích sil, získání požadovaných tolerancí a zvyšuje se životnost nástroje. Při procesech dochází k tření mezi nástrojem a materiálem. Tření může být někdy žádoucí, a to pokud nám tření pomáhá k docílení požadovaných deformací materiálu, ale pokud nám tření zvětšuje odpor při tváření materiálu, musíme toto tření odstranit za pomoci vhodného maziva. Podle parametrů pro tažení, jako je třeba pevnost taženého materiálu a hloubka tažení, volíme vhodné mazivo.

Při lisování za studena se používají ropné cyklické oleje s viskozitou okolo $20 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ nebo $50 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ nebo s přísadami (např. tuhý parafin, tuhé mazivo třeba křída, oxid zinečnatý, disulfid molybdenu atd.). Ale taky můžeme použít rostlinné oleje, živočišné oleje a tuky, suchá prášková mýdla a draselná mýdla.

Samotné tuhé mazivo se používá při lisování za tepla, kdy dochází k tažení materiálu s velkou pevností a při hlubokém tažení. Při tažení např. wolframu, titanu nebo vysokoteplotních niklových slitin, kdy dochází k teplotám blízkým 2 000°C, se vyžívá skelného prachu. U součástí, které se dále svařují, nesmíme použít nevodivá tuhá maziva, dokonce ani jako přísadu k jinému mazivu.

2.4 Mazací soustavy

Pro tvorbu této podkapitoly byla využita literatura [8].

Mazací soustava je souhrn všech zařízení pro dopravu potřebného maziva na mazací plochy. Druh soustavy volíme podle maziva a druhu provozních podmínek. Soustavy základně dělíme na krátkodobé a dlouhodobé. Tyto soustavy se dále dělí na tlakové, beztlakové, jednotlivé a ústřední. Soustava nebo zařízení zabezpečuje dodávku maziva v potřebné kvalitě a množství do míst, kde je vyžadováno. Nejčastěji se maže pomocí oleje nebo plastického maziva.

V rámci výrobní linky jsou mazací soustavy velice důležité. Pomocí mazacích soustav dokážeme na výrobní lince mazat všechna potřebná místa v daný čas. Většina mazacích míst je mazána pomocí centrálního mazacího systému přímo za chodu výrobní linky.

2.4.1 Krátkodobé mazací soustavy

Tento typ soustavy se používá při nepříliš náročném mazání, kdy nedochází v zařízení k velkým tlakům, a při nízkých rychlostech stroje. Největší využití je u mazacích součástí, které mají přerušovaný nebo občasný chod. To umožňuje využívat levnější oleje, které mají menší trvanlivost nebo využití použitých přefiltrovaných olejů.

Nejčastěji používaným systémem je ventilová olejnička nebo stříkací a mazací stříkačka. Dalšími používanými systémy jsou ruční tlakové mazání, mechanické tlakové mazání, systém kapacího maziva a mazání olejovou mlhou.

Na výrobní lince je využíváno krátkodobých mazacích soustav méně než mazání dlouhodobými mazacími soustavami. Krátkodobých mazacích soustav se hlavně využívá při měnění nástrojů potřebných při výrobě.

2.4.2 Dlouhodobé mazací soustavy

Princip mazání dlouhodobé mazací soustavy spočívá ve vracení maziva zpět do mazacích míst po nějaké určité době. Používají se kvalitnější oleje, jelikož se mazivo využívá až do vyčerpání jeho životnosti. Z pohledu spotřebovávání oleje je tento způsob mazání velice hospodárný, jak po ekologické, tak finanční stránce, třebaže náklady na zavedení soustavy jsou vysoké. Aby soustava byla co nejučinnější, musí mít olej co největší dosažitelnou životnost a musí být dokonalá těsnost celého systému.

Při nepřímém smáčení kluzných ložisek se využívá kroužkového mazání pomocí pevného nebo volného kroužku nebo polštářové mazání pomocí bavlněných knotů, které vzlínají do zásobníku v ložiskovém tělese. Dalším systémem je brodicí mazání s hlavním využitím pro valivá, kluzná a axiální ložiska nebo ozubené převody s malými rychlostmi. Principem je přímé smáčení součástí v olejové lázni. Dalšími systémy jsou např. kotoučové mazání (vodorovná kluzná vedení), odstředivé mazání, rozstříkové mazání (nutnost mazání ve společné skříni pomocí součástí stoje).

Největší podíl při zajištění mazání na výrobní lince má oběhové mazání. Patří mezi nejznámější a nejdokonalejší mazání soustavy, a proto je také nesložitější a hodně cenově nákladné. Tato soustava se skládá většinou z nádrže na olej, která je nejčastěji umístěna přímo ve skříni strojního zařízení čerpadla s potrubím, které má sací a výtlačné potrubí s filtry na odstranění nečistot oběhového maziva. Největší požadavky se kladou na kvalitu maziva, jelikož dochází k rychlejšímu stárnutí. Soustava dále obsahuje chladiče oleje a různé kontrolní zařízení na kontrolu tlaku, teploty, průtoku, čistota filtrů atd., aby nedošlo k havárii a k poškození celého zařízení. Při větším rozsahu systému obsahuje speciální rozváděcí potrubí.

3. Sledované výrobní zařízení – historie a současný stav

3.1 Historie firmy

Pro tvorbu této podkapitoly byla využita literatura [5].

Společnost MORAVIA CANS má více než čtyřicetiletou praxi ve výrobě hliníkových monoblokových aerosolových obalů. Pomocí stabilní kvality svých výrobních procesů, jejich inovaci a vysoké kvality výrobků, je předním evropským výrobcem aerosolových plechovek. Díky osmi vysokorychlostním linkám je roční kapacita výroby 400 milionů aerosolových nádobek. Uplatnění spočívá především v kosmetickém průmyslu.



Obr. 4 Nádobky a logo společnosti [5]

Sídlo společnosti se nachází v chráněné krajinné oblasti Bílé Karpaty ve městě Bojkovice. Tímto je kladen veliký důraz na ekologii a ochranu životního prostředí. Společnost disponuje vlastním ekologickým a bezpečnostním úsekem, který se řídí stanovenými normami. V rámci maziva je důležité jejich skladování a ekologická likvidace použitého maziva. V důsledku co nejvyšší ochrany životního prostředí je v areálu společnosti vlastní čistička odpadních vod. Je také dbán velký důraz na třídění a zpětnou recyklaci veškerého odpadu.

Při výrobě v některých případech dochází k vyrobení aerosolových nádobek, které nespĺňují požadovaná kritéria a tyto aerosolové nádoby jsou přímo ve společnosti drceny, odesílány k recyklaci a zpětné výrobě hliníkových kalot.

Kromě vysokorychlostních linek společnost disponuje kvalitním technickým zázemím, vlastní konstrukci nářadí a jejich výrobu. Pro dosažení co největší kvality je využíváno vlastní měřicí středisko, které využívá např. zařízení Smart Scope, On-line systém kvality. Mimo odhodlaný a kvalifikovaný pracovní tým je potřeba využití optických kontrolních systémů, využívaných k zamezení rizika při plnění náročných výrobních úkolů.

Pro samotnou realizaci výrobků je využíváno všech inovačních a nejmodernějších technologií v těchto oborech. Stále rozvíjející se údržba a navrhování nových přípravků ke zkvalitnění výroby přispívá ke stále modernizaci. Tvářením je hlavním technologickým oborem. Při výrobě je používáno technologie hlubokého tvarování a hluboké reliéfní ražby. Tímto se společnost stala evropským leadrem v oblasti hlubokého tvářením. Za pomoci osmi až devíti barevného tisku je dosaženo finálního vzhledu výrobků.



Obr. 5 Výrobky [5]

Jen za poslední roky společnost MORAVIA CANS získala několik ocenění. V roce 2012 obdržela společnost cenu Nejlepší dodavatel kvality a Progresivní zaměstnavatel. Následující rok 2013 se podařilo získat více cen, jako je Finalista soutěže Manažer roku, Top5 inovační firma, Férový zaměstnavatel, Nejlepší dodavatel kvality a Progresivní zaměstnavatel. V roce 2014 se stala firmou roku pro Zlínský kraj a obdržela druhé místo Best innovator v ČR.

3.2 Sestavení výrobní linky

Ve své práci jsem se zaměřil na výrobní linku L5. Ta je sestavena z několika strojních zařízení, které jsou k sobě zařazeny chronologicky za sebou v plné automatizaci. Díky tomuto zařazení nedochází k časovým ztrátám při výrobě, jako je manipulace s polotovary a jejich přemísťování mezi výrobními procesy.

Linka je složena z mazacího bubnu, stříkacího a protahovacího lisu, ořezávačky s kartáčem, odmašťovačky, vnitřního laku, navalovačky, potisku, přelaku, stahovacího lisu, paletizátoru a bundlovačky.

3.2.1 Výrobní proces

Velikost a přesný typ aerosolové plechovky se odvíjí od použitých kalot. Kaloty jsou objednávány dopředu dle požadovaného plánu výroby v potřebných rozměrech, tvaru a materiálu. Objednávku zařizuje vlastní obchodní úsek. Linka je schopná vyrábět různé tvary a potisky dle požadavků. Před samotnou výrobou je také potřeba nachystat potřebné nářadí a přípravky, hlavně matrice a protahovací hlavy (od nich se odvíjí polotovar výrobku). Tohle zařizuje vlastní výrobní úsek nářadí a nástrojů, tak zvaná nástrojárna.



Obr. 6 Kaloty

Při nové zakázce je výrobní linka zastavena a dochází k výměně nástrojů na výrobu potřebných rozměrů, současně také potisk a nástroje na konečnou úpravu tvaru.

a) Mazací buben

Jakmile je linka připravena k výrobě, tak výrobní proces začíná před mazacím bubnem. Zde je potřeba nachystat tuhé mazivo k mazání samotných kalot. Kaloty a mazivo jsou umístěny do mazacího bubnu, kde dochází k nanášení maziva na povrch kaloty k docílení menšího tření za vzniku menšího opotřebení a zpřesnění požadovaných rozměrů polotovaru.

Z mazacího bubnu vhodně namaštěná kalota putuje do stříkacího a protahovacího lisu, do další fáze výroby. Přestup mazacím bubnem a stříkacím i protahovacím lisem je plně zautomatizován.



Obr. 7 Mazací buben

b) Stříkácí a protahovací lis

V této fázi přichází výroby do samotného procesu tváření dutinky aerosolového obalu. Za působení zpětného protlačování dochází k vytváření dutinky. Jako přípravek k vytvoření vhodné dutinky o požadovaných rozměrech, vycházejících z technického listu pro výrobu, slouží matrice s protahovací hlavou. Zde je už namazaný polotovar z předchozího procesu, ale je také důležité mazat i samotný nástroj na protlačování. Dochází zde k velikým rázům a tím pádem i k velikému opotřebení a oděru.



Obr. 8 Matrice a Protahovací hlava

Každá matrice i protahovací hlava je řádně označena pro dobré dohledání k následujícímu použití. Pracovní povrchy musí být dokonale vyrobeny i vyleštěny pro docílení dokonalé výroby.

Takhle vyrobený polotovár pomocí automatických dopravníků pokračuje do dalšího stroje pro následující úpravy.



Obr. 9 Protážený polotovár

c) Ořezávačka a kartáč

Polotovár putuje do ořezávačky, kde najíždí na nůž a polotovár se zkracuje na potřebnou délku podle stanoveného technického listu. Následně přes povrch rotujícího kovového kartáče přejíždí správně ořezaný aerosolový obal. Na polotovaru se pomocí kartáče odstraní otřep způsobený při ořezávání a celkově celý povrch se očistí od přebývajících nečistot. Ořezávací nůž musí být co nejostřejší, a proto je stále kontrolován pověřeným pracovníkem. Podobně to platí pro kartáč, kde musí být povrch kartáče vhodně zarovnaný a nesmí způsobovat na povrchu polotovaru žádné rýhy.

d) Odmašťovačka

Toto strojní zařízení slouží k odmaštění povrchů aerosolového polotovaru. Dopravu k tomuto i dalšímu zařízení poskytují zautomatizované dopravníky s korýtky, ve kterých putuje polotovar. Kdyby nedocházelo ke správnému odmaštění polotovaru, zapříčinilo by to nesprávné nanesení a přilnutí různých laků a potisků.

e) Vnitřní lak

Vnitřní lak slouží k dobré ochraně vnitřního povrchu, zvýšení tvrdosti povrchů, ale také k ochraně budoucí náplně uvnitř aerosolové nádobky. Nádobka musí být kontrolována, aby nedošlo k chybnému nanášení. Ve výrobě se používají dva základní druhy vnitřního laku (epoxidový a polyamidový vnitřní lak). Po dokončení této operace je vnitřní povrch dokončený a aerosolový obal pokračuje pomocí dopravníků do navalovačky přes pece vnitřního laku pro dobré přilnutí laku.

f) Navalovačka

Strojní zařízení s názvem navalovačka slouží k nanesení základního laku na vnější povrch polotovaru. Slouží ke zvýšení tvrdosti materiálu a k dokonalému nanesení následujícího potisku. Jak už z názvu jde vyčíst, k nanesení základního laku slouží tzv. navalovací válce, na které je nanášen základní lak, a následně z nich se přenáší navalováním na vnější povrch aerosolové nádobky. Používají se tři hlavní druhy základního laku: bílý základní lak, bezbarvý základní lak nebo perleťový základní lak. Volba laku spočívá na druhu budoucího potisku.

g) Potisk

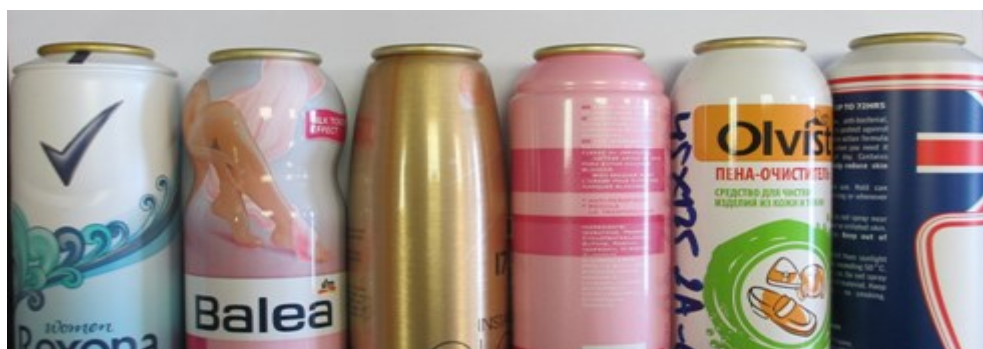
Podobně jako u navalovačky se potisk nanáší pomocí navalovacích válců postupným nanášením barevných past na nádobku. Po dokončení tohoto procesu vzniká výsledný barevný potisk. Poté nádobka pokračuje do dalšího strojního zařízení pro další úpravy.

h) Přelak

Strojní zařízení slouží k nanesení krycího laku na vnější povrch nádobky. Krycí lak slouží jak k ochraně naneseného potisku, tak k vytvoření lesklého nebo matného povrchu nádobky. Používají se dva hlavní druhy krycího laku. Pro vytvoření lesklého povrchu se používá lesklý přelakovací lak a pro vytvoření matného povrchu zase matný přelakovací lak.

i) Stahovací lis

Stahovací lis slouží k finální úpravě tvaru a tvorby hrdla nádobky. Podle typu použitých přípravků se docílje požadovaného tvaru. Tímto procesem končí veškeré úpravy na nádobce a přechází do poslední fáze kontroly a balení.



Obr. 10 Nádobky po stahování

j) Paletizátor a Bundlovačka

V poslední části výrobní linky se vyrobené aerosolové nádobky kontrolují na výrobním páse a skládají se do proložek nebo bundlí, dle požadavků zadavatele.



Obr. 11 Paleta s proložkami

k) Příprava k expedici

Umístěné nádobky na paletách, buď v proložkách nebo v budlích, se zabalí a zataví fólií pomocí balícího stroje, který už není součástí výrobní linky. Každá takto zabalená paleta s vyrobenými aerosolovými nádobkami dostane nalepenou průvodku se sériovým číslem a výrobek je připravený k odeslání.



Obr. 12 Paleta připravená k odeslání

3.2.2 Maziva na výrobní lince

Na výrobní lince se používá celá řada různých maziv od tuhých a kapalných až po využití plastického maziva. Tuhé mazivo se například používá k mazání povrchu kalot před tvářecím procesem. Kapalně mazivo má největší podíl u převodů výrobní linky. A plastická maziva většinou pro krátkodobé mazání.

Na lince L5 se používají maziva jako Lubcon CAN 2502, univerzální tuk lékařské vazelíny, TTS, parafinový olej, mobilglycoil 30, mobil lube HD85W90A, Lubrilog LY F 270/HT, Lubrilog SF 90, Klüber CH 2-680, Interflon HT 4, ESSO NUTO H32, hypoidní převodový olej mobilgear 600xp150, NUTTO H 46, Mobil Vactra No 2, SPARTAN EP 150.

Největší převahu na výrobní lince má mazací tuk Lubcon CAN 2502. Hlavní mazané díly u protahovacího lisu jsou ložiskové domky, stavěcí tyčky v podavači, vodící lišty dopravníku. V ořezávacím stroji jsou mazané díly (klikový hřídel ručního kolečka a kartáčové stanice, ozubená kolečka transferu, vratné kotouče pohonu trnu, vystředovací zařízení, kliková hřídel přenosného podstavce). Ve vnitřním laku se mažou díly jako napínač řetězu a řetězu nádobek, spojovací tyče, váčkové kolo, ozubená kola, řetězky pro pohyb dopravníku. V navalovače jsou mazanými díly klikové hřídele, řetězová kola, kotouče pohonu trnu, na potisku maznice na polohování tiskárny, maznice na vodících kladkách, ozubená kola s přírubou, osy + kluzná ložiska třecích válců, drážka a hřídel spojky duktoru, ozubená kola v barevnici, kloubní hlavice pro pohon roztíracích válců. V přelakovacím stroji pak klikový hřídel ruční kolečka, klikový hřídel lakovací jednotky, řetězová kola-transfer, vodící kotouče pohonu trnu a u stahovacího lisu nafukovací ústrojí úchytů, vodítka nafukování vzduchem a vyhazování tyček, vodící tyčky zvedání dopravníku, opěrná ložiska setrvačnicku, podpěry hřídele dopravníku.

Mobilglycoil 30 se používá pro kombinované převodovky na ořezávače s kartáčem, navalovače, potisku a přelaku.

Univerzální tuk lékařské vazelíny se používá pro mazání trnů.

Parafinový olej se využívá na navalovacím stroji, potisku a přelaku pro mazání vzduchového pohonu míchání barev a vzduchového pohonu myčky barevníku.

Klüber CH 2-680 a Interflon HT 4 je využíván v pecích pro transportní řetězy

Pro transportní řetězy nebo pro transmisní řetězy mimo pece se využívá směs Lubrilog LY F 270/HT, Lubrilog SF 90.

3.2.3 Skladování maziva

Maziva se musí skladovat v uzavřených prostorech. Většinou se skladují v sudech, plechovkách, kanystrech nebo jiných uzavíratelných nádobách. Každý obal, v němž se mazivo skladuje, musí být řádně označen např. druhem nebo značkou daného maziva. Dále musí mít uzavřený skladový prostor nepropustnou podlahu a spádovanou do tzv. jímky. Sklad maziv musí být řádně označen zákazovými a informačními značkami.



Obr. 13 Vchod do skladu maziva [Autor]

Sklad maziva se ve společnosti nachází mimo výrobní linku v budově k tomu určené. Skladování se mimo jiné požadavky řídí podle normy *ČSN 65 0201 Hořlavé kapaliny - provozovny a sklady*.



Obr. 14 Sklad maziva [Autor]

Ve skladu maziva se musí udržovat konstantní teplota, aby nedocházelo k degradaci maziva vlivem změny teplot. Maziva ve společnosti jsou dále umístěny přímo u výrobní linky, kdy je celý označený sud uložen na úkapových vanách.

4. Tribodiagnostika - odběr vzorků a rozbor olejů

Pro tvorbu této kapitoly byla využita literatura [9].

Tribodiagnostika má dva hlavní úkoly, jako je sledování degradace samotného maziva a sledování stavu opotřebení strojních zařízení.

Pomocí sledování degradace maziva jde zjistit životnost maziva na základě zjištění stupně znehodnocení. Ze životnosti maziva lze stanovit ideální intervaly pro výměnu maziva. Stupeň znehodnocení zjistíme pomocí měření a vyhodnocení parametrů maziva, jako je např. kinematická viskozita, bod vzplanutí, obsah vody, číslo celkové alkality a kyselosti, Conradsonův karbonizační zbytek, celkové znečištění, mechanické nečistoty nebo spektrální analýza olejů.

Sledování stavu opotřebení strojních zařízení se provádí hlavně pomocí stanovení otěrových kovů v mazivu. Pomocí odborného vyhodnocení velikosti a tvaru otěrových částic získáme přehled o druhu opotřebení a přehled o technickém stavu jednotlivých třecích uzlů. Sledování stavu opotřebení strojních zařízení lze rozdělit na dvě základní metody.

První metoda je pro stanovení koncentrace otěrových kovů, která se dá vyhodnotit pomocí atomové spektrofotometrie (atomová emisní spektrofotometrie, atomová absorpční spektrofotometrie), polarografie nebo pomocí voltametrie.

Druhá metoda je hodnocení morfologie a distribučního rozdělení částic kovů, která se dá provést pomocí částicové analýzy, neboli ferografie s vyhodnocením (feroskopickým nebo ferodenzimetrickým). Feroskopickým vyhodnocením se rozumí vyhodnocení morfologie a chemického složení. Ferodenzimetrický vyhodnocení lze získat pomocí distribuce částic kovů vzhledem k jejich velikosti.

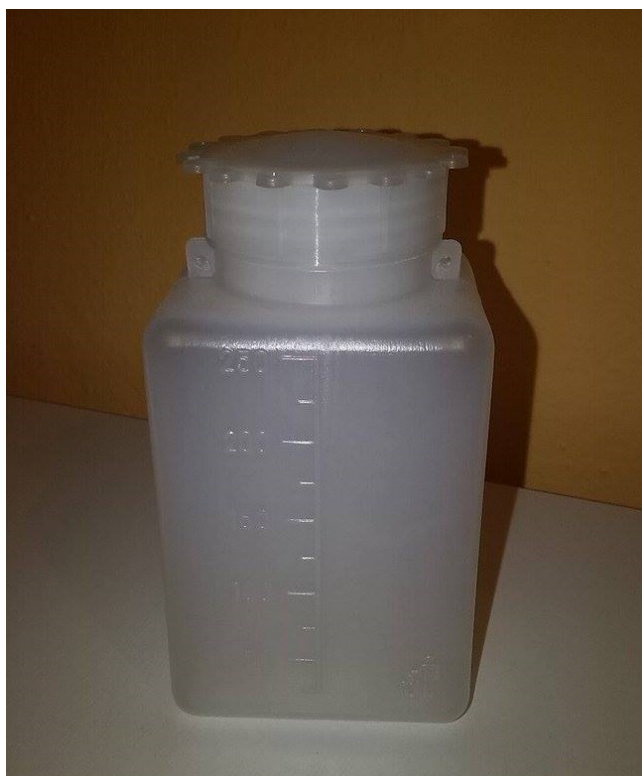
4.1 Odběr vzorků

Při odběru vzorků se musí dodržet hlavní zásady. Jestli by se hlavní zásady odběru nedodržely, zapříčinilo by to nekompetentní výsledky měřeného vzorku.

Vzorek by měla odebírat jedna osoba, popřípadě by měl být na odběr vzorků vypracován pracovní postup a jednotná metodika, aby nedocházelo k rozdílným vyhodnocením z důvodu špatného odběru. Vzorek maziva musí dále obsahovat průměrné složení maziva v zařízení a vzorek se musí odebírat ze zařízení, které je minimálně 20 minut v provozu z důvodu dokonalého promíchání a zahřátí oleje na provozní teplotu.

Dále se při odběru vzorku musí odpustit cca 500 ml oleje do čisté nádoby a nalít zpět do zařízení. Po odpuštění a propláchnutí vzorkovnice o obsahu 300 ml se provede odběr oleje o obsahu cca 200 až 250 ml. Každá vzorkovnice musí být řádně popsána. Popis musí být dobře čitelný a přesný, zpravidla popis obsahuje číslo a název stroje, mazané místo, druh maziva, datum odběru, kdo vzorek odebral a označení požadovaných rozborů.

Provedl jsem odběr olejů ze strojních zařízení, referenčních vzorků a přefiltrovaných vzorků.



Obr. 15 Vzorkovnice [Autor]

Odběr ze strojních zařízení

Při odběru vzorku oleje na strojních zařízeních jsem dodržel předchozí zásady a postupy odběru. Odebral jsem vzorky oleje z protahovacího lisu, stahovacího lisu č.1 a stahovacího lisu č.2. Při odběru jsem využil odpouštěcích ventilů. Odebrané mazivo má název Mobil vactra NO. 2.

Dále jsem provedl odběr na vnitřním laku a potisku, kdy muselo dojít k zastavení výrobní linky a k odkrytí plexy skla na strojním zařízení, a teprve potom mohl být proveden odběr vzorku oleje. Odebraná maziva na těchto dvou zařízeních mají název Mobil glygoyle 30.

Na všech těchto zařízeních je mazání zajišťováno pomocí oběhového mazání. Mazací náplň se mění jedenkrát ročně. Mazací náplň byla naposledy měněna v červnu roku 2014. Odběr oleje jsem provedl 28. 4. 2015.

Použitý olej se odčerpá a nechává se přefiltrovat firmou, která zaručuje stejné vlastnosti, parametry a stejný obsah aditiv, jako u originálních vzorků.

Odběr referenčních a přefiltrovaných vzorků

Odběr těchto vzorků jsem provedl ve skladu maziva z barelů pomocí pump k tomu určených. Odebral jsem referenční vzorek maziva Mobil glygoyle 30 a Mobil Vactra oil NO. 2. Dále jsem odebral vzorky přefiltrovaných olejů Mobil glygoyle 30 a Mobil Vactra oil NO. 2.

4.2 Rozbor vzorků olejů v diagnostické laboratoři

Pro rozbor a analýzu odebraných vzorků oleje jsem využil diagnostickou laboratoř ve škole. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava.

4.2.1 Vzorky ze strojních zařízení

Vzorek č. 1: **Protahovací lis – Mobil vactra NO. 2**

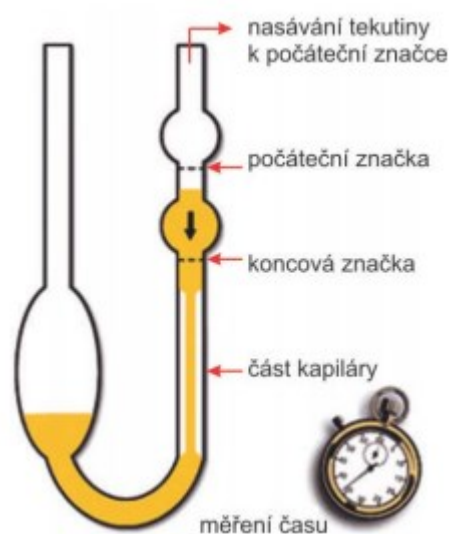
Kinematická viskozita

Je jednou z hlavních zkoumaných a rozhodujících vlastností. Viskozita se snižuje nebo zvyšuje. Zvyšování viskozity je zapříčiněné meziprodukty oxidační povahy, vytvářením emulze s vodou, produkty částečné oxidace nebo znečišťováním kondenzačními produkty. Vysoká viskozita způsobuje ztráty energie zapříčiněné velkým koeficientem tření. Snižování viskozity je zapříčiněné hlavně tepelnou a mechanickou degradací aditiv nebo záměnou olejů. Při nízké viskozitě dochází k meznímu nebo až suchému tření. V tomto důsledku vzniká větší opotřebení. V extrémních případech může dojít až k zadření třecích ploch.

Nejdůležitější u průmyslových olejů je závislost viskozity na teplotě. Změna teploty o 1 °C znamená změnu viskozity až o 5 %.

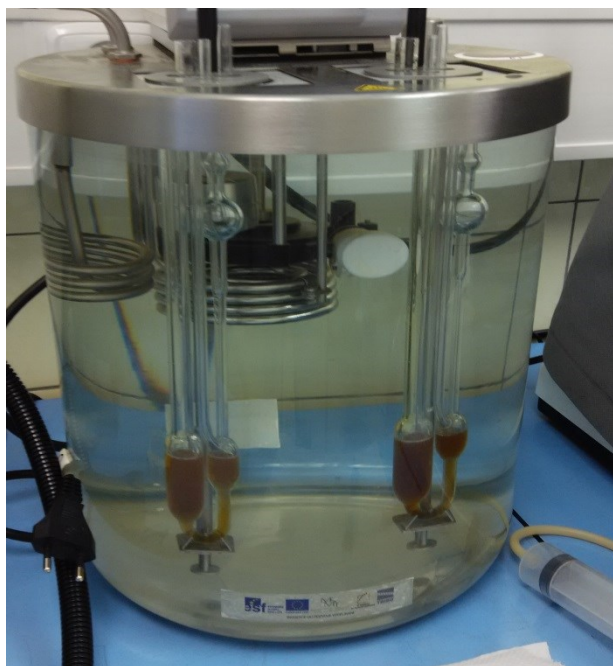
Kinematickou viskozitu lze stanovit pomocí několika metod. Pomocí kapilárních viskozimetrů, průtokových viskozimetrů, viskozimetru s padající kuličkou nebo pomocí rotačního viskozimetru.

Já jsem si zvolil metodu pomocí kapilárního viskozimetru a použil jsem viskozimetr typu Ubbelohde (obr. 15). Je celá řada viskozimetrů s rozdílnými konstantami viskozimetrů.



Obr. 16 Viskozimetr Ubbelohde [9]

Použil jsem viskozimetr s konstantou $c = 0,2994 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$, aby zkouška byla platná dostatečnou délkou trvání průtoku zkoušeného maziva viskozimetrem. Dokonale čistý, desinfikovaný a vysušený viskozimetr jsem umístil do vodní lázně (obr. 16). Vhodně protřepaný vzorek oleje jsem umístil do viskozimetru mezi dvě rysky k tomu určené. Vzorek jsem nechal zahřát po dobu 30 minut na teplotu $40 \text{ }^\circ\text{C}$.



Obr. 17 Vzorky ve vodní lázni [Autor]

Po zahřátí jsem nasál vzorek ve viskozimetru nad počáteční značku a pomocí certifikovaných stopek (obr. 17) jsem změřil uplynulý čas od počáteční značky až po koncovou značku (obr. 15).



Obr. 18 Stopky [Autor]

Kinematickou viskozitu jsem počítal pomocí vztahu: $v = c \cdot \tau$

$c = \textit{konstanta viskozimetru}$

$\tau = \textit{aritmetický průměr doby průtoku viskozimetru}$

Získané hodnoty:

$$c = 0,2994 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$\tau = 224,4 \text{ s}$$

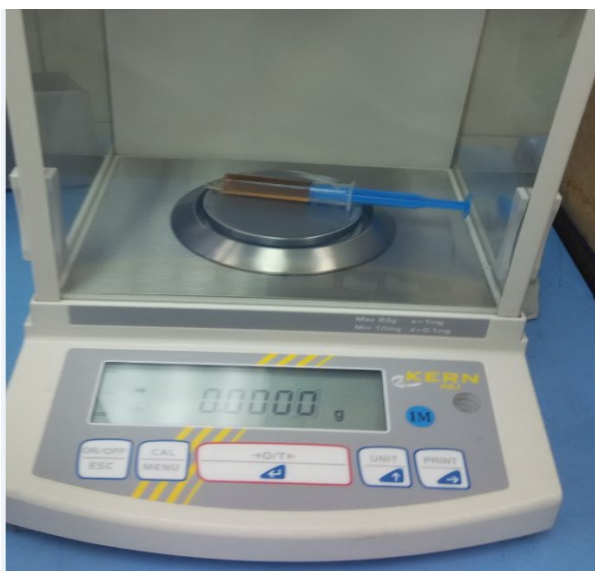
$$v = c \cdot \tau = 0,2994 \cdot 224,4 = 67,2 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

Obsah vody

Obsah vody nebo vlhkosti způsobuje znehodnocování maziva. Většinou nelze zabránit obsahu stopovému množství vody v mazivu. Obecně se povoluje v oleji 0,2 % hmotnostního obsahu vody. Voda v oleji se projevuje např. zvyšováním viskozity, pěněním olejů, korozi součástí, vypadáváním aditiv, snižování oxidační stability, tvorba emulzí a zákalů. Obsah vody lze stanovit pomocí několika metod, a to metody kvalitativní (vizuální posouzení, prskací zkouška) a metody kvantitativní (Coulometrická metoda nebo destilačně).

Zvolil jsem si Coulometrickou metodu podle ČSN 65 0330. Je to přesná metoda k určení stopového množství vody v oleji. Tato metoda funguje na principu reagování vody s jódem J_2 . V titrační nádobě se za průchodu proudu uvolňuje jód, kdy jeden mol jódu reaguje s jedním molem vody. Z toho vyplývá, že 1 mg vody je stejný jako náboj 10,71 A.s. Po zreagování veškeré vody s jódem je určena koncentrace nadbytečného jódu v nádobě.

Jako první jsem z vhodně protřepaného vzorku odebral do injekční stříkačky navážku, kterou jsem zvážil na kalibrované váze (obr. 18) a vynuloval.



Obr. 19 Váha [Autor]

Poté jsem umístil navážku do zařízení a opět zvažil injekční stříkačku a vyšla mi hodnota umístěné navážky v zařízení (Obr. 19). Po dokončení titrace jsem zadal hodnotu navážky do zařízení a dostal jsem výslednou hodnotu stopového množství vody v oleji.



Obr. 20 Coulometer WTD [Autor]

Naměřené hodnoty:

Měření č. 1: 3,2624 g oleje = 0,007 % vody

Měření č. 2: 3,8013 g oleje = 0,0044 % vody

Číslo kyselosti

Číslo kyselosti je jediným ukazatelem postihujícím stárnutí oleje. Lze ji stanovit pomocí metody titrace na barevný indikátor nebo přibližnou metodou.

Pro stanovení kyselosti jsem použil metodu titrace na barevný indikátor. Tato metoda je založena na titraci kyselých sloučenin ve vzorku oleje pomocí alkalického roztoku KOH na barevný indikátor. Použil jsem Coulometer (obr. 20), do kterého jsem umístil roztok KOH, a propojil jsem obvod. Potom jsem dobře promíchaný vzorek nabral do injekční stříkačky. Navážku jsem zvážil na kalibrované váze a vynuloval. Navážku jsem umístil do Coulometru a znovu zvážil. Hodnotu navážky jsem zadal do počítače a po dokončení titrace jsem získal výslednou hodnotu.



Obr. 21 Coulometer pro stanovení čísla kyselosti [Autor]

Naměřené hodnoty:

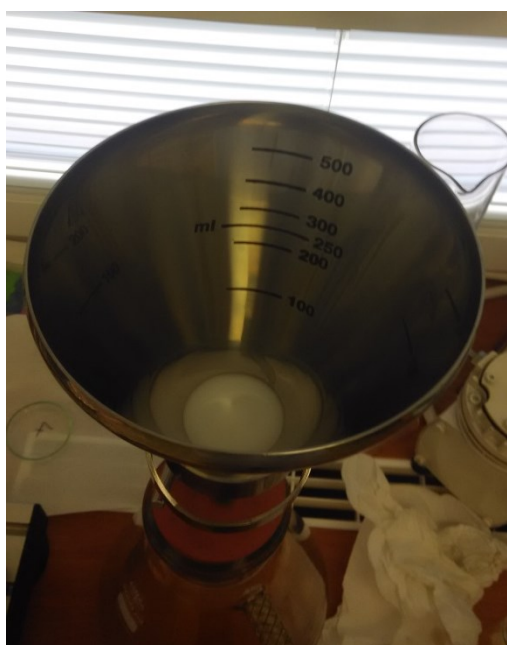
Měření č. 1: 0,2835 g oleje = 0,277 mg KOH/g oleje

Měření č. 2: 0,1078 g oleje = 0,292mg KOH/g oleje

Měření č. 3: 0,1497 g oleje = 0,334 mg KOH/g oleje

Stanovení obsahu mechanických nečistot na membránovém filtru

Řídí se podle normy ČSN 65 6220. Umístil jsem vysušený a zvážený filtr do zařízení. Následně jsem vpravil do zařízení 25 ml dobře promíchaného vzorku oleje a zředil čistěným technickým benzínem. Pomocí podtlaku vniklého vývěvou jsem přefiltroval celý vzorek přes umístěný filtr a následně jsem filtr dal vysušit do pece na 100 °C po dobu jedné hodiny a pak jsem filtr zvažil.



Obr. 22 Zařízení pro stanovení obsahu nečistot [Autor]

Rentgenová spektrometrie

Je to metoda, která zjišťuje kvalitativní a kvantitativní složení zkoumaného vzorku pomocí rozboru spektra. Používá se např. při stanovení celkové koncentrace

jednotlivých kovů ve vzorku oleje, to je důležité pro sledování technického stavu zařízení.

Atomová spektrofotometrie se rozděluje na dvě metody. Atomová emisní spektrofotometrie určí kvalitativní i kvantitativní analýzu vzorku pomocí jednoho měření. Jako druhá je Atomová absorpční spektrofotometrie, je levnější a jednodušší.



Obr. 23 Spektrometr [Autor]

Tab. 1 Hodnoty z rentgenové spektrometrie s koncentrací nad 2 ppm, viz Příloha A.

Typ stroje:		Protahovací lis		
Značka	Prvek	Norm. Int	Koncentrace	Abs. Chyba
S	Síra	18526,16	11030ppm	10ppm
Na	Sodík	5,0565	1005ppm	473ppm
Al	Hliník	48,4767	387,3ppm	4,7ppm
P	Fosfor	197,492	267,4ppm	1,2ppm
Ta	Tantal	60,7742	15,7ppm	0,3ppm
Co	Kobalt	9,5186	10,7ppm	0,9ppm
Cr	Chróm	13,9657	10,4ppm	0,5ppm
Hf	Hafnium	17,7378	4,7ppm	0,2ppm
Zn	Zinek	42,6398	3,5ppm	0,1ppm
Cu	Měď	27,6193	3,2ppm	0,1ppm
Mn	Mangan	11,4679	2,9ppm	0,2ppm
W	Wolfram	13,2569	2,3ppm	0,1ppm
Ni	Nikl	19,6533	2ppm	0,1ppm

Tab. 1 Rentgenová spektrometrie

Ze všech měření jsem provedl aritmetický průměr.

Vzorky ze strojních zařízení					
	Protahovací lis	Stahovací lis č. 1	Stahovací lis č. 2	Vnitřní lak	Potisk
Typ oleje	Mobil vactra oil NO. 2	Mobil vactra oil NO. 2	Mobil vactra oil NO. 2	Mobil glygoyle 30	Mobil glygoyle 30
Viskozita ($mm^2 \cdot s^{-1}$)	67,2	67	68,6	180,6	233,7
Voda (hm. %)	0,0057	0,002	0,0079	0,0074	0,5039
Kyselost ($mgKOH/g$)	0,301	0,332	0,331	0,268	-
Hmotnost nečistot $\frac{mg}{100 cm^3}$	283,6	248,8	226,8	198	259,2

Tab. 2 Vzorky ze strojních zařízení

4.2.2 Referenční vzorky

Referenční vzorky		
Typ oleje	Mobil vactra oil NO. 2	Mobil glygoyle 30
Viskozita ($mm^2 \cdot s^{-1}$)	82,2	239,5
Voda (hm. %)	0,0072	0,2078

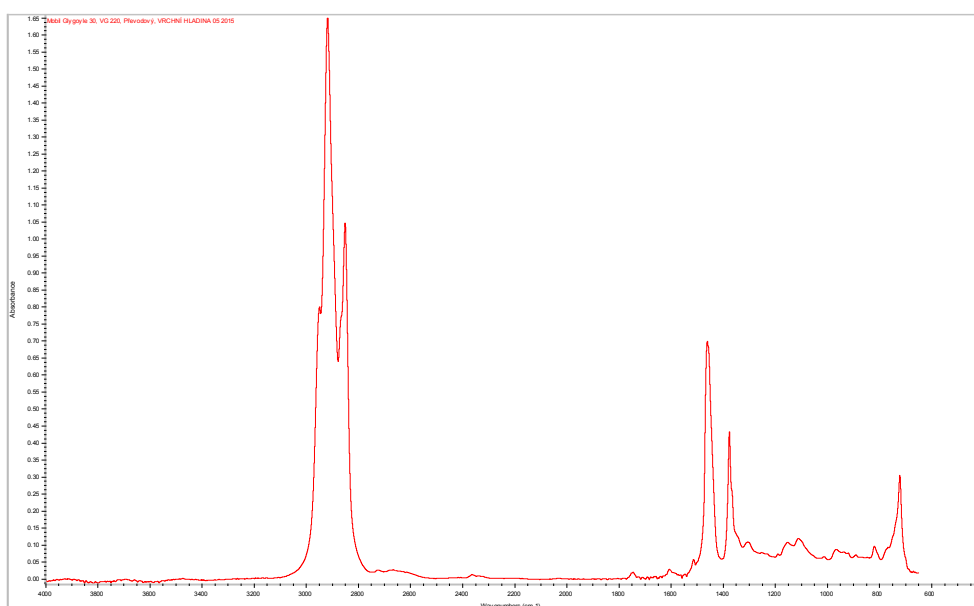
Tab. 3 Referenční vzorky

V mazivu typu Mobil glygoyle 30 byly z vizuálního pohledu patrné dvě různé hladiny. Došlo ke smíchání dvou typů oleje. Nejspíš obyčejného převodového oleje PP 80.



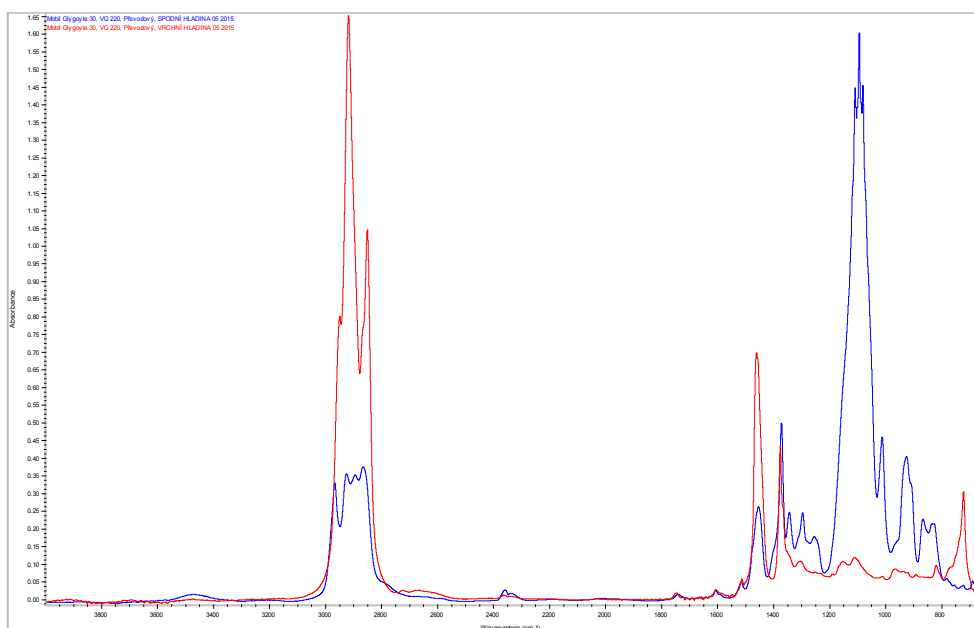
Obr. 24 Mobil glygoyle 30 [Autor]

Na grafu č. 1 je naznačené spektrum vrchní hladiny ze vzorku maziva.



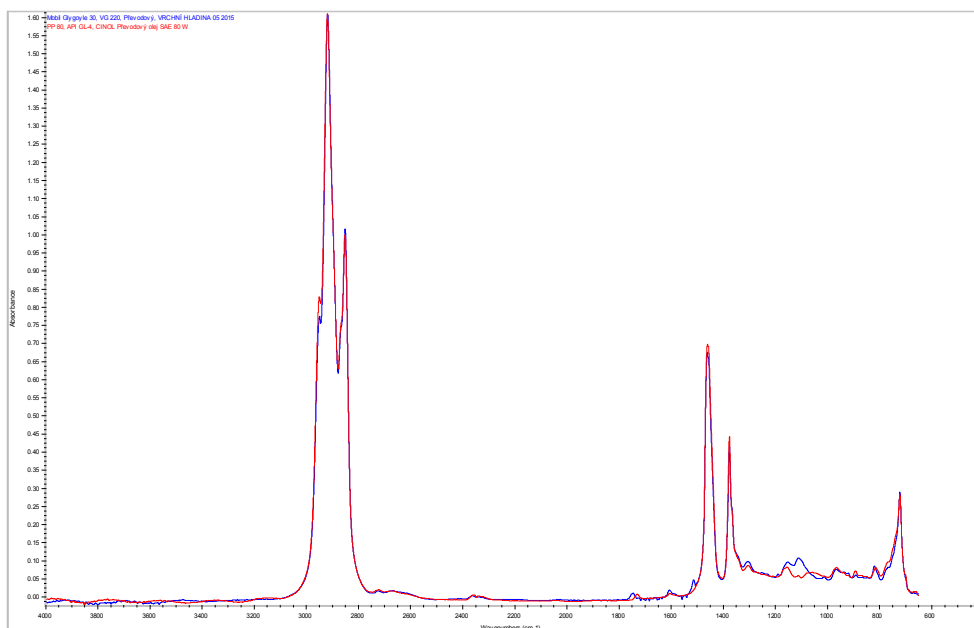
Graf č. 1 Vrchní hladina

Na grafu č. 2 je červeně naznačená vrchní hladina ze vzorku maziva a modře spodní hladina ze vzorku maziva. Je jednoznačné, že se jedná minimálně o dvě různá maziva.



Graf č. 2 Vrchní a spodní hladina

Na grafu č. 3 je modře naznačená vrchní hladina ze vzorku maziva a červeně převodový olej PP 80. Z grafu je parné, že jsou skoro shodné až na aditiva.



Graf č. 3 Vrchní hladina a převodový olej PP 80

4.2.3 Přefiltrované vzorky

Maziva na výrobní lince se odčerpají po daných termínech (cca 1 rok) a nechávají se specializovanou firmou zregenerovat pro znovu použití na výrobní lince. Tento proces pro společnost je ekonomičtější, než nakoupit nové oleje.

Přefiltrované vzorky		
Typ oleje	Mobil vactra oil NO. 2	Mobil glygoyle 30
Viskozita	74,5	276,6
Voda	0,0058	0,3987

Tab. 4 Přefiltrované vzorky

4.3 Vyhodnocení vzorků

Povolený rozsah viskozity podle výrobce je $\pm 10 \%$. V některých literaturách se dokonce objevuje povolený rozsah až 20% . Přípustný obsah vody v mazivu u průmyslových olejů je $0,2 \%$. Kyselost může nabývat maximálních hodnot $1,3 - 1,5 \text{ mg KOH/g}$.

V důsledku poruchy zařízení na měření kyselosti jsem nemohl změřit kyselost všech vzorků.

4.3.1 Referenční vzorky

Podle technického listu mazivo s názvem Mobil vactra oil NO. 2 má viskozitu $68 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ při $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Podle měření referenční vzorek dosáhl viskozity $82,2 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Je to veliký vzrůst o $20,9 \%$. Tak velký vzrůst může být zapříčiněn vniknutím nečistot do referenčního vzorku, popřípadě zvýšení viskozity mohly zapříčinit meziprodukty a produkty oxidační povahy. Ohledně obsahu vody v mazivu je referenční vzorek v pořádku. Hodnoty z rentgenové spektrometrie - viz příloha č. F.

Podle technického listu mazivo s názvem Mobil glygoyle 30 má při 40 °C viskozitu $220 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Referenční vzorek z pohledu viskozity je v přípustném rozmezí, ale oproti hodnotám z technického listu od výrobce došlo ke zvýšení. Dále je v referenčním vzorku velký obsah vody 0.2078 %. Tyto hodnoty jsou mimo přípustné rozmezí. Změny hodnot v nejvyšší míře zapříčinilo zřejmě smíchání dvou olejů. Dále se domnívám, že zvýšený obsah vody mohl vzniknout v důsledku změny teplot ve skladu maziva, kdy tím pádem došlo k vysrážení vody. Nebo teoreticky k zvýšenému obsahu vody mohlo dojít díky špatné manipulaci s mazivem.

4.3.2 Vzorky ze strojních zařízení

U vzorků s typem maziva Mobil vacraoil NO. 2 je viskozita používaného maziva v pořádku, došlo jen k nepatrné změně. Obsah vody a kyselosti v mazivu je v pořádku. Mazivo může být klidně dále využíváno. U rentgenové spektrometrie na protahovacím lisu je nevhodný obsah hliníku 387,3 ppm. Tak velký obsah hliníku pochází pravděpodobně z procesu tváření nádobky. Někde zřejmě dochází k netěsnosti mazacího systému. Viz příloha A. Rentgenová spektrometrie. U dalších zařízení příloha B a C.

U vnitřního laku s mazivem typu Mobil glygoyle 30 je obsah vody a kyselosti v pořádku. Co se jedná ohledně viskozity, je snížena o 17,8 %. Mohlo dojít k záměně olejů nebo jeho naředění jiným mazivem. Na potisku je mazivo z pohledu viskozity v pořádku. Je zvýšený obsah vody v mazivu na 0,5039 %. Takový obsah vody je nad přípustnou hranici 0,2 %. Takhle zvýšený obsah vody pochází asi z použití referenčních vzorků, kde je obsah vody už 0,2078%. A dále se voda zřejmě dostává z vnějšího prostředí. U vnitřního laku se v mazivu objevuje z rentgenové spektrometrie hliník v koncentraci 74,4ppm – viz příloha D. Rentgenová spektrometrie potisku - viz příloha č. E.

4.3.3 Přefiltrovaná vzorky

Přefiltrované mazivo Mobil vactraoil NO. 2 je z pohledu viskozity a obsahu vody v pořádku. Viskozita je vyšší než udává výrobce v technickém listu, ale lepší než referenční vzorek. Hodnoty z rentgenové spektrometrie – viz příloha G.

Mazivo mobil glygoyle 30 má zvýšenou viskozitu o 25,7 %. Obsah vody se také zvýšil na 0,3987 %. Tyto hodnoty jsou mimo přípustné rozmezí. Podle vizuální zkoušky bylo patrné, že došlo ke smíchání minimálně dvou maziv, jako u referenčního vzorku, na kterém byla provedena zkouška.

5. Zhodnocení a návrhy na další řešení

Z mého pohledu mazací soustavy zajišťující mazání na výrobní lince jsou dostačující pro nynější výrobu. Spíš bych se zaměřil na samotná maziva používaná na výrobní lince. Při vhodném použití maziva a vhodných výměnách maziva můžeme zpřesnit výrobu a snížit poruchy vnikajících na strojních zařízeních výrobní linky, ale také můžeme snížit náklady jak na náhradní díly, tak náklady na maziva.

Jako první bych se zaměřil na skladování maziva. Podle výsledků odebraných vzorků se dostává do maziva voda. To může být dle mého názoru zapříčiněno vlivem vnější kontaminace nebo velkých změn teplot ve skladu maziva. Zřejmě dochází také k záměně maziv a následné kontaminaci, viz u maziva typu Mobil glygoyle 30, kde došlo ke smíchání minimálně dvou různých typů maziva. Doporučil bych přísnější podmínky pro zacházení s mazivem ve skladu maziv.

Dále bych se zaměřil na kontrolu maziv. To může být veliký přínos pro zajištění co nejdokonalějšího a nejekonomičtějšího budoucího mazání výrobní linky. Díky kontrolám maziv můžeme na některých zařízeních prodloužit životnost mazací náplně v oběhovém mazání. Ale také včas vyměnit nevhodná maziva. Existují dvě možnosti, jak kontrolovat maziva. První možnost je pořídit diagnostický set na základní zkoušky olejů a po zjištění nějaké nesrovnalosti odeslat vzorek do certifikované laboratoře. Nebo druhá možnost je zařídit si vlastní laboratoř.

Ještě bych zmínil něco o filtraci. S ohledem na výsledky vyhodnocených vzorků maziva nemohu zcela jednoznačně říct, jestli filtrovat nebo koupit lépe nové mazivo. Mobil vacraoil NO. 2 po filtraci má lepší výsledné hodnoty než referenční vzorek. Díky zvýšenému obsahu vody a viskozity u maziva Mobil glygoyle 30 nemohu jednoznačně filtraci doporučit. Takové zvýšení hodnot nemusela samozřejmě zapříčinit filtrace, ale mohlo dojít k takovým hodnotám díky následné kontaminaci přefiltrovaného vzorku jiným mazivem.

5.1 Návrh tribodiagnostické laboratoře

Moje doporučení by bylo do budoucna zařídit si vlastní tribodiagnostickou laboratoř pro pravidelné hodnocení maziv. Pomocí pravidelných měření by se mohly odstranit nedostatky v mazání.

Pro normální využití měření olejů ve firmě by stačilo pořídit zařízení na měření viskozity, obsahu vody, kyselosti a zařízení na stanovení hmotnostního obsahu nečistot. Tato zařízení stačí na zjištění hlavních zkoumaných hodnot. Laboratoř by se dala rozšířit a následně využívat pro externí práce.

6. Závěr

Cílem mojí práce bylo zjištění technického stavu mazání výrobní linky a návrhy na zlepšení mazání. Ke zjištění technickému stavu mazání jsem využil metody bezdemontážní technické diagnostiky, a to tribodiagnostiky.

Na základě požadavku jsem provedl odběry dvou typů maziv ze strojních zařízení jako Mobil vactraoil No. 2 a Mobil glygoyle 30. Dále jsem provedl odběr referenčního vzorku obou typů maziva a odběr použitého maziva ze sledovaných strojních zařízení po přefiltrování.

Pomocí tribodiagnostických rozborů maziv byl nalezen vysoký obsah vody, a to jak na strojním zařízení a v uskladněném mazivu, tak také u přefiltrovaného vzorku. Dále byl zjištěn pomocí rentgenového spektrometru zvýšený obsah hliníku v mazivu. Také byla zjištěna kontaminace jednoho druhu maziva druhým mazivem. Ze zjištěných parametrů jsem vyvodil možnost vzniku daného problému. Přidal jsem návrhy na další řešení problémů. Jako výsledné doporučení jsem zvolil pravidelnou kontrolu maziv a na základě dlouhodobého vyhodnocování maziv odstraňovat možné nedostatky.

Použitá literatura

- [1] HELEBRANT, František, ZIEGLER, Jiří a MARASOVÁ, Daniela. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6.
- [2] ŠAFR, Emil. *Tribotechnika*. SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1984. 300 s. 04-243-84.
- [3] SZCZEREK, Marian a WISNIEWSKI, Marek. *Tribologie, Tribotechnika*. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji Radom, 2000. 727 s. ISBN 83-7204-199-7.
- [4] SHIGLEY, Joseph Edward et al. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. v Brně: VUTIUM, 2010. xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic; sv. 3. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [5] Historie firmy Moravia Cans [online] [cit. 2015-05-09] Dostupné z <http://www.moraviacans.cz/cs/>
- [6] Rozdělení maziv [online] [cit. 2015-05-09] Dostupné z <http://www.cappo.cz/ropne-vyrobky/maziva/>
- [7] Provoz, diagnostika a údržba strojů – *Tribologie, základná pojmy* [online] [cit. 2015-05-02] Dostupné z <http://interdiago.vsb.cz/kom/upload/12-Provoz,%20diagnostika%20a%20%C3%BAdr%C5%BEba%20stroj%C5%AF%2004.pdf>
- [8] Provoz, diagnostika a údržba strojů – *Maziva a mazací soustavy* [online] [cit. 2015-05-02] Dostupné z <http://interdiago.vsb.cz/kom/upload/12-Provoz,%20diagnostika%20a%20%C3%BAdr%C5%BEba%20stroj%C5%AF%2006.pdf>
- [9] Provoz, diagnostika a údržba strojů – *Tribodiagnostika kapalných maziv a strojních součástí* [online] [cit. 2015-05-02] Dostupné z <http://interdiago.vsb.cz/kom/upload/12-Provoz,%20diagnostika%20a%20%C3%BAdr%C5%BEba%20stroj%C5%AF%2007.pdf>

SEZNAM OBRAZKU A GRAFŮ

OBR. 1 ČASOVÝ PRŮBĚH [1]	12
OBR. 2 ADHEZIVNÍ OPOTŘEBENÍ [1]	13
OBR. 3 ABRAZIVNÍ OPOTŘEBENÍ [1]	13
OBR. 4 NÁDOBKY A LOGO SPOLEČNOSTI [5]	20
OBR. 5 VÝROBKY [5]	21
OBR. 6 KALOTY	23
OBR. 7 MAZACÍ BUBEN	24
OBR. 8 MATRICE A PROTAHOVACÍ HLAVA	24
OBR. 9 PROTAŽENÝ POLOTOVAR	25
OBR. 10 NÁDOBKY PO STAHOVÁNÍ	27
OBR. 11 PALETA S PROLOŽKAMI	28
OBR. 12 PALETA PŘIPRAVENÁ K ODESLÁNÍ	28
OBR. 13 VCHOD DO SKLADU MAZIVA [AUTOR]	30
OBR. 14 SKLAD MAZIVA [AUTOR]	31
OBR. 15 VZORKOVNICE [AUTOR]	33
OBR. 16 VISKOZIMETR UBBELOHDE [9]	35
OBR. 17 VZORKY VE VODNÍ LÁZNI [AUTOR]	36
OBR. 18 STOPKY [AUTOR]	36
OBR. 19 VÁHA [AUTOR]	38
OBR. 20 COULOMETER WTD [AUTOR]	38
OBR. 21 COULOMETER PRO STANOVENÍ ČÍSLA KYSELOSTI [AUTOR]	39
OBR. 22 ZAŘÍZENÍ PRO STANOVENÍ OBSAHU NEČISTOT [AUTOR]	40
OBR. 23 SPEKTROMETR [AUTOR]	41
OBR. 24 MOBIL GLYGOYLE 30 [AUTOR]	44
GRAF Č. 1 VRCHNÍ HLADINA	44
GRAF Č. 2 VRCHNÍ A SPODNÍ HLADINA	45
GRAF Č. 3 VRCHNÍ HLADINA A PŘEVODOVÝ OLEJ PP 80	45

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

např. – například

apod. – a podobně

atd. – a tak dále

tzv. – tak zvaně

obr. – obrázek

abs. – absolutní

ppm – částic na milion

g – gram

mg – miligram

°C – stupeň Celsia

% – procento

mm – milimetr

s – sekunda

cm – centimetr

ν viskozita [mm² . s⁻¹]

c konstanta viskozimetru [mm² . s⁻²]

τ aritmetický průměr doby průtoku viskozimetru.....[s]

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Protahovací lis

Příloha B – Stahovací lis č. 1

Příloha C – Stahovací lis č. 2

Příloha D – Vnitřní lak

Příloha E – Potisk

Příloha F – Mobil vactra oil NO. 2

Příloha G – Mobil vactra oil NO. 2 přefiltrovaný