

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

Posouzení vlivu tribodiagnostiky na produktivitu provozu vybraného podniku

Assessment of Tribodiagnostic Influence on Plant Productivity of Choice
Company

Student:

Bc. Pavel Olšanský

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Ostrava 2010

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

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Olšanský**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování

Téma: **Posouzení vlivu tribodiagnostiky na produktivitu provozu vybraného
podniku**
**Assessment of Tribodiagnostic Influence on Plant Productivity of
Choice Company**

Zásady pro vypracování:

Na základě požadavků a podkladů zadavatele, dodavatele dílů pro automobilový průmysl, zpracujte problematiku provozu vstřikovacích lisů daného podniku z pohledu tribotechnické diagnostiky ve vztahu na produktivitu provozu.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rozbor a posouzení problematiky vstřikovacích lisů daného podniku v návaznosti na materiály používané ve výrobě.
2. Posouzení současného stavu v provozu strojů, vyhodnocení nastavených pravidel a plánů údržby s vazbou na poruchovost.
3. Analýzu provedených tribodiagnostických rozborů odebraných vzorků hydraulického oleje s uvážením vlivu prostředí.
4. Analýzu ekonomických dopadů nevhodné péče o provozní kapaliny na provoz podniku, zejména z pohledu výměny provozních kapalin, nutnosti filtrací a následných výpadků ve výrobě v případě odstavení zařízení z důvodu poruchy.

Další pokyny a konzultace poskytne zadávající firma.

Seznam doporučené odborné literatury:

- KREIDL, M., ŠMÍD, R. *Technická diagnostika*. BEN - Technická literatura, Praha, 2006. 1. vydání, 408s. ISBN 80-7300-157-6.
- ŠAFR, E. *Tribotechnika*. SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1984. 300 s. 04-243-84.
- KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1990. 159 s., ISBN 80-03-00308-3
- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci [online]*. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 21. 10. 2006 [cit. 2007-04-10]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf>>.

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

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

Datum zadání: 10.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

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

V Ostravě 13. 5. 2010

.....
Olšanský

Bc. Pavel Olšanský

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou 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 nevydělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užit (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užit dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užit své dílo – diplomovou 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 : 13. 5. 2010

Olšanský

podpis

Bc. Pavel Olšanský

Adresa:

Bc. Pavel Olšanský

Švábenice 346

683 24

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

OLŠANSKÝ, P. *Posouzení vlivu tribodiagnostiky na produktivitu provozu vybraného podniku: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 82 s. Vedoucí práce: Hrabec, L.

Tato diplomová práce se zabývá tribotechnickou diagnostikou vstřikovacích lisů v návaznosti na produktivitu provozu. V první části diplomové práce jsou uvedeny základní informace o podniku, provozovaných strojích a materiálech používaných ve výrobě. Důležitou součástí práce je popis hydraulických kapalin, včetně vhodných a prakticky používaných zkoušek. K provoznímu sledování bylo vybráno v podniku celkem šest lisů. Ve druhé části následuje vyhodnocení prováděných měření od roku 2005 do současnosti a ekonomické zhodnocení vlivu tribodiagnostiky. Na závěr je uvedeno několik návrhů pro budoucí provoz a zhodnocení celé práce.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

OLŠANSKÝ, P. *The Assessment of Tribodiagnostic Influence on Productivity of an operation of the Company: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 82 p. Thesis head: Hrabec, L.

This thesis deals with the tribotechnic diagnosis of injection molding machines in response to productivity of an operation. In the first part of this thesis there are basic information about the company, operated machines and materials used in production. An important part of the thesis is a description of hydraulic fluids including use of appropriate and practical tests. In the company there were selected six molding machines to be monitored. The measurement of the evaluation from 2005 to the present and the economic evaluation of the effect of tribodiagnosics is described in the second part of the thesis. There were written suggestions for the future operations and the evaluation the whole thesis in the conclusion.

Obsah diplomové práce

	Strana
Seznam použitých značek a symbolů	8
1 Úvod.....	10
1.1 Charakteristika podniku	10
1.2 Vstřikovací lisy	11
1.2.1 Princip funkce	11
1.2.2 Hlavní části	11
1.3 Plastový granulát.....	15
1.4 Strojový park.....	17
1.5 Současný stav	18
2 Zvolené lisy.....	19
2.1 Arburg A 220S 150-60 (A1)	20
2.2 Krauss-Maffei KM 60/210B (KM40)	21
2.3 ENGEL ES 330-80HL (80).....	22
2.4 Arburg A 270S 350-60 (A23)	23
2.5 Krauss-Maffei KM 150/620/B1 (KM150).....	24
2.6 Arburg A 320-210-500 (A38)	25
3 Hydraulické kapaliny	26
3.1 Kapaliny používané ve sledovaném podniku a jejich vlastnosti.....	29
4 Využití metod tribotechnické diagnostiky	30
4.1 Rozdělení metod tribotechnické diagnostiky	30
4.2 Odběr vzorku.....	31
4.3 Zkoušky aplikované ve sledovaném provozu	32
4.3.1 Kinematická viskozita.....	33
4.3.2 Obsah vody	35
4.3.3 Celkové znečištění	37
4.3.4 Obsah otěrových kovů a aditivních prvků	40
5 Zhodnocení naměřených výsledků	42
5.1 Arburg A1	43
5.2 Krauss-Maffei KM40	46
5.3 Engel 80	49
5.4 Arburg A23	52

5.5	Krauss-Maffei KM150	55
5.6	Arburg A38	58
6	Ekonomické zhodnocení	61
6.1	Lis s nejmenším objemem olejové nádrže A23	62
6.2	Lis s největším objemem olejové nádrže KM 150	63
6.3	Celkové zhodnocení na vstříkovně plastů	64
6.4	Ztráty při poruše	65
7	Závěr	66
8	Seznam použité literatury	69
9	Seznam příloh	71

Seznam použitých značek a symbolů

μm	– mikrometr
$^{\circ}\text{C}$	– stupeň Celsia
%	– procento
80	– ENGEL ES 330-80 HL
A1	– Arburg A 220S 150-60
A23	– Arburg A 270S 350-60
A38	– Arburg A 320-210-500
apod.	– a podobně
A.s	– ampér sekunda
atd.	– a tak dále
ČSN	– Česká státní norma
D	– průměr [mm]
DIN	– Deutsche Industrie-Norm (Německá národní norma)
F_p	– přisouvací síla [N]
F_u	– uzavírací síla [N]
ICP – OES	– emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
ISO	– International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
J_2	– jód
K	– kelvin
Kč	– koruna česká
kg	– kilogram
KM 40	– Krauss-Maffei KM 60/210B
KM 150	– Krauss-Maffei KM 150/620/B1
l	– litr
L	– délka [mm]
mg	– miligram
min.	– minuta
ml	– mililitr

mm	– milimetr
MPa	– megapascal
např.	– například
NAS	– National Academy of Science
obr.	– obrázek
ppm	– parts per milion (částí v milionu)
$p_{vstř}$	– maximální vstřikovací tlak [MPa]
Q_v	– plastikační kapacita [$\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$]
s	– sekunda
Sb.	– sbírky
s.r.o.	– společnost s ručením omezeným
tab.	– tabulka
tzn.	– to znamená
v	– objemová vstřikovací rychlost [$\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$]

1 Úvod

V této diplomové práci budu posuzovat vliv tribodiagnostiky na produktivitu provozu určeného podniku. V první části bych se rád zaměřil na seznámení čtenáře s podmínkami v podniku. Rovněž popíši princip funkce vstříkovacích lisů a složení plastového granulátu. Vzhledem k množství vstříkolisů se též zaměřím na popis šestice lisů, u nichž budu sledovat změnu vybraných veličin v čase. Zaměřím se také na popis hydraulických kapalin, vliv tribodiagnostiky a teoretickou část uzavřu výpisem jednotlivých prováděných zkoušek.

V praktické části budu sledovat kinematickou viskozitu, kód čistoty a obsah zinku od roku 2005 až do roku 2009 u vybraných lisů. Dále se zaměřím na ekonomické zhodnocení, kdy bych chtěl porovnat skutečné náklady na olejovou náplň s náklady, pokud by byla prováděna výměna na základě doporučení výrobce strojů. Zde bych se při hodnocení zaměřil na lis s nejmenším objemem olejové nádrže, lis s největším objemem olejové nádrže a potom na všechny lisy v podniku. Na závěr bych zhodnotil vliv tribodiagnostiky na ekonomiku provozu a přidal bych několik doporučení pro další provoz.

1.1 Charakteristika podniku

Téma pro moji diplomovou práci je posouzení vlivu tribodiagnostiky na produktivitu provozu vybraného podniku. Proto začnu stručnou charakteristikou podniku. Vzhledem k přání vedení podniku, neuvádět název, se omezím pouze na několik obecných údajů a k upřesnění dojde až při obhajobě této práce.

Jedná se o americkou firmu s více než devadesátiletou tradicí, působící ve 34 zemích světa. Firma vyrábí komponenty převážně pro automobilový průmysl. Jedná se především o sedadla, podlahový materiál a akustiku, dveřní výplně a vnitřní obložení stěn vozidla, elektrickou síť a rozvaděče. Podnik působí v Jihomoravském kraji a zabývá se výrobou elektrických a elektronických součástek. Jsou zde tři výrobní oddělení, a to lisovna plechů,

lisovna plastů a montáž.

1.2 Vstřikovací lisy

Jedná se o mechanické tvářecí stroje, určené ke zhotovování výrobků z plastů tlakem nebo tlakovým rázem.

1.2.1 Princip funkce

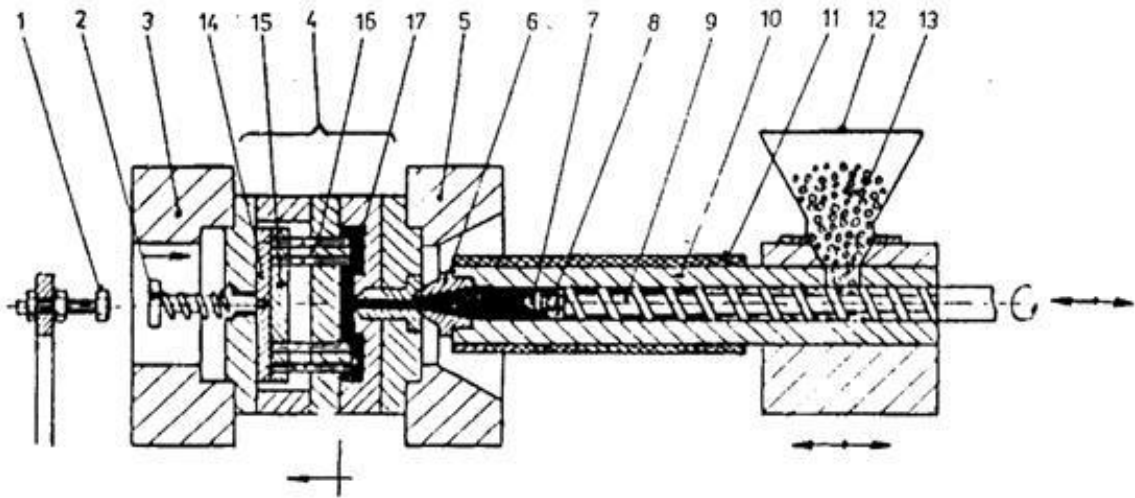
Nejprve se přivede plast ve formě granulátu do násypky, odkud je postupně odebírán pomocí pracovní části vstřikovacího stroje. Touto pracovní částí rozumíme šnek, který je v dnešní době nejrozšířenější nebo píst. Granulát je dopravován do tavící komory, kde se za současného působení topení a tření mění v taveninu. Tavenina je vstřikována do formy pod tlakem, pro snížení smrštění při ochlazování. Následně se forma otevře a hotový výrobek (nebo polotovár) je vhozen do plastové přepravky.

Z principu funkce je patrné, že se jedná o automatický proces, který přináší vysokou produktivitu práce. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady stroje i formy, proto je tato technologie vhodná pro hromadnou a velkosériovou výrobu. Stroje je možno vybavit dalším příslušenstvím, jako jsou například manipulátory, roboty, mlýnky, sušárny atd..

1.2.2 Hlavní části

Vstřikovací lis se skládá ze:

- vstřikovací jednotky
- uzavírací jednotky
- řízení a regulace



(1 – doraz, 2 – tyč vyhadzače, 3, 5 – upínací desky, 4 – forma, 6 – vstřikovací tryska, 7 – špice šneku, 8 – zpětný uzávěr, 9 – šnek, 10 – tavicí komora, 11 – topná tělesa, 12 – násypka, 13 – granule plastu, 14 – deska vyhadzačů, 15 – kotevní deska, 16 – vyhadzače, 17 – výstřik)

Obr. 1.1 Schéma vstřikovacího stroje se šnekovou plastikací [3]

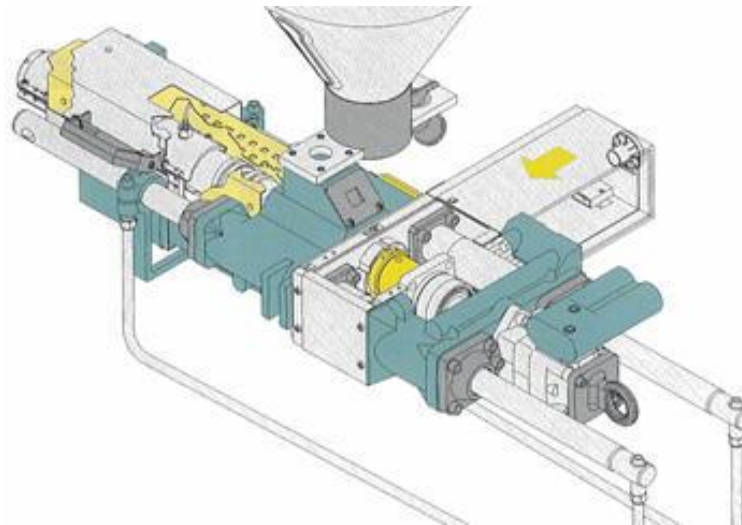
Vstřikovací jednotka (Obr. 1.2)

Dělí se na jednotky pístové a na jednotky šnekové. Daný podnik používá pouze stroje se šnekovou jednotkou. Hlavním úkolem vstřikovací jednotky je přeměna granulátu na taveninu dané viskozity a vstřikování této taveniny do formy vysokou rychlostí, a s požadovaným tlakem.

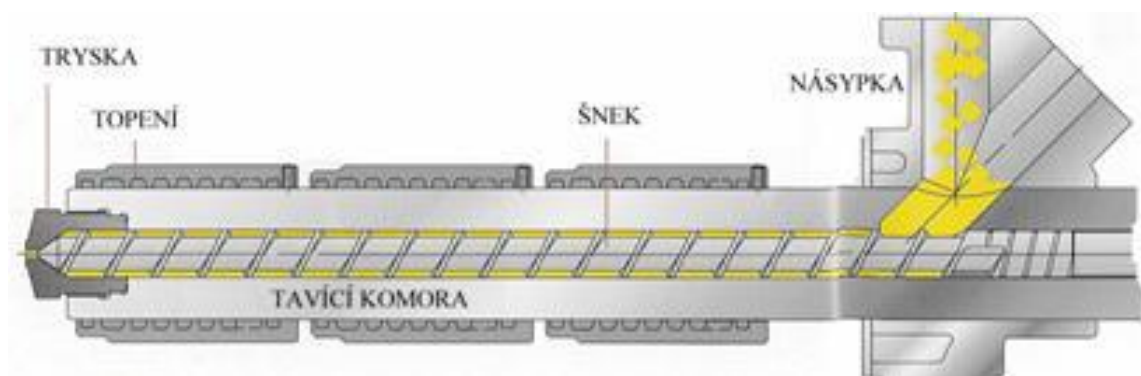
Nejdůležitější částí vstřikovací jednotky jsou tavicí komora, šnek, tryska a topení (Obr. 1.3).

Mezi charakteristické parametry patří:

- délka šneku L [mm]
- průměr šneku D [mm]
- plastikační kapacita Q_p [$\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$]
- maximální vstřikovací tlak $p_{\text{vstř}}$ [MPa]
- objemová vstřikovací rychlost v [$\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$]



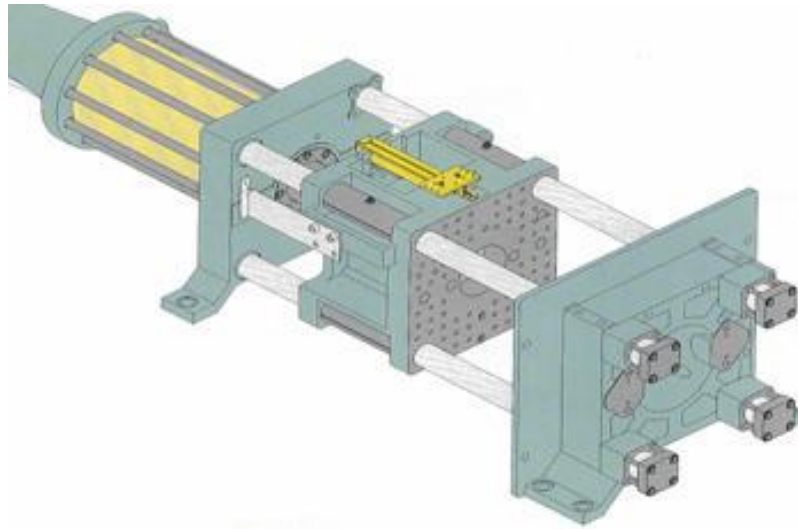
Obr. 1.2 Schéma vstřikovací jednotky [3]



Obr. 1.3 Řez vstřikovací jednotkou [3]

Uzavírací jednotka (Obr. 1.4)

Funkcí uzavírací jednotky je formu otevírat a zavírat v závislosti na kroku operace. U moderních strojů se rychlost a síla uzavírání nastavuje na řídicím panelu. Zavírací síla musí být dostatečně vysoká, aby při vstřikování taveniny nedošlo k povolení formy a úniku taveniny ven. Rozlišujeme sílu přisouvací F_p , a sílu uzavírací F_u .



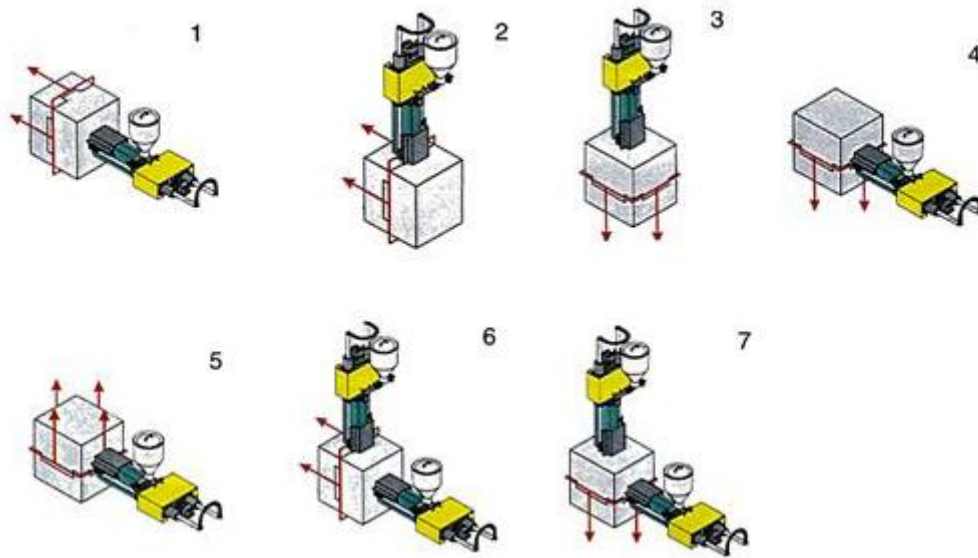
Obr. 1.4 Schéma uzavírací jednotky [3]

Hlavní části jsou:

- opěrná deska pevně spojená s ložem stroje
- pohyblivá deska, na kterou je upnuta pohyblivá část formy
- upínací deska s otvorem pro trysku stroje, na kterou se připevní nepohyblivá část vstřikovací formy
- vedení pro pohyblivou desku
- uzavírací a přidržovací mechanismus.

Vstřikolisy používají v současné době různé uzavírací systémy, které např. mohou být konstruovány jako hydraulické, mechanické, kombinace hydraulického a mechanické způsobu (závorování). V poslední době se používají i elektrické systémy.

Vstřikovací jednotka a jednotka uzavírací zaujímají vůči sobě určitou polohu (Obr. 1.5). Ve sledovaném podniku byly doposud používány lisy se vzájemnou polohou 1. Začátkem března tohoto roku přišla dvojice lisů společnosti Arburg se vzájemnou polohou 3.

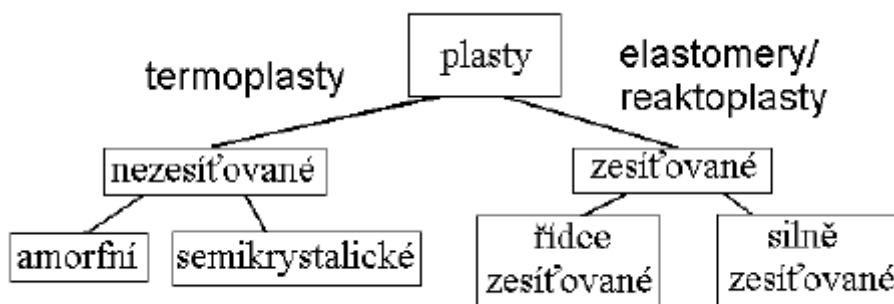


(1 – standardní pracovní poloha, 2 – vstřikování do dělicí roviny, 3 – u verze záliskování, 4 – vstřikování do dělicí roviny se zákládáním zálisků, 5 – zastříkávání komplikovaných zálisků, 6 – dvoukomponentní vstřikování, 7 – dvoukomponentní vstřikování se záliskováním)

Obr. 1.5 Vzájemná poloha mezi vstřikovací a uzavírací jednotkou [3]





1.3 Plastový granulát

Materiálem používaným pro výrobu vylisků z plastu je granulát různého složení, dle požadavků na vlastnosti vylisku. Základní rozdělení plastů závisí na chemickém složení a dělí se podle zesíťovaných a nezesíťovaných materiálů (Obr. 1.6). Z rozdělení je patrné, že termoplasty nemají na rozdíl od elastomerů a reaktoplastů své řetězce zesíťovány.



Obr. 1.6 Rozdělení polymerů [15]

Na Obr. 1.7 je znázorněná charakteristika jednotlivých polymerů a jejich typické vlastnosti. Termosety je starší název pro reaktoplasty.

CHARAKTERISTIKA POLYMERU		VLASTNOSTI POLYMERU
TERMOPLASTY		
	lineární makromol. řetězce	tavitelný rozpustný v rozpouštědlech
	rozvětvené makromol. řetězce	při pokojové teplotě houževnatý nebo křehký
ELASTOMERY		
	řídce zesíťovaný	netavitelný botnající v rozpouštědlech nerozpustný v rozpouštědlech při pokojové teplotě elastický a měkký
TERMOSETY		
	hustě zesíťovaný	netavitelný nebotnající nerozpustný při pokojové teplotě tvrdý a křehký

Obr. 1.7 Charakteristika polymerů a jejich vlastnosti [15]

Vlastnosti jednotlivých plastů modifikujeme pomocí přísad. Použité přísady v závislosti na požadovaných vlastnostech při zpracování a při používání jsou na Obr. 1.8. Samotný polymer bez přísad se používá pouze zředěná. Podle účinku na vlastnosti polymerů dělíme přísady na:

- Přísady měnící fyzikální vlastnosti (např. změkčovadla, maziva, plniva atd.)
- Přísady chránící proti degračním procesům (např. antioxidanty, tepelné stabilizátory atd.)

Požadovaná vlastnost	Potřebná přísada
<i>Při zpracování</i>	
optimální a konstantní viskozita taveniny (výkon, používání nižších teplot)	maziva, stabilizátory, změkčovadla
odolnost proti degradaci při teplotě zpracování	tepelné stabilizátory, antioxidanty
dobré a ekonomické vmíchání přísad do polymerů	změkčovadla, dispergační činidla
zabránění nalepování polymeru na stěny forem (ulehčení vybírání)	maziva, separační činidla
zabránění obroušení zařízení	maziva
dobrá manipulace s výrobky (další zpracování)	kluzná a protikluzná činidla, antiblokovací činidla
<i>Při používání</i>	
optické a povrchové vlastnosti (vzhled, lesk, barva, průhlednost, hladkost, malá špinivost, elektrická vodivost)	plniva, barviva, nukleační činidla, změkčovadla, antistatika, stabilizátory, antiblokovací činidla, optické zjasňovače
mechanické vlastnosti (tvrdost, pevnost v tahu a ohybu, modul pružnosti, odolnost proti únavě, tvarová a rozměrová stálost, odolnost proti otěru, rázová houževnatost)	plniva a výztuže, změkčovadla, síťovací a vytvrzovací činidla (často se tyto vlastnosti modifikují vhodnými polymery)
odolnost proti degradaci (tepelné, světelné, biochemické a chemické)	antioxidanty, světelné stabilizátory, pigmenty, vhodná plniva, biocidy
regulovaná degradace (urychlená degradace)	stabilizátory, degradační činidla
odolnost proti hoření a tvorbě dýmu	retardéry hoření, anorganické plniva
nižší hmotnost a nižší cena	nadouvadla a plniva

Obr. 1.8 Přísady v polymerech [15]

1.4 Strojový park

Strojový park výrobního oddělení se skládá z 5-ti razicích lisů na lisovně plechů a ze 45 vstřikovacích lisů na lisovně plastů. Rozbory olejů jsou prováděny na obou těchto odděleních, ale vzhledem k počtu razicích lisů se budu v této práci zabývat pouze vstřikovacími lisy. Najdeme zde množství různých lisů od trojice výrobců. Jedná se o lisy značek Arburg, Engel a Krauss-Maffei.

1.5 Současný stav

V současné době jsou prováděny rozborů oleje jednou ročně, a to vždy koncem kalendářního roku. Během února až března se podle doporučení firmy BLOCH SERVIS s.r.o. olej ve strojích nechává, filtruje nebo dochází k výměně olejové náplně. Každý výrobce vstřikolisů má svá doporučení týkající se olejové náplně.

Arburg:	rozborů oleje: 1x ročně výměna oleje: po 20 000 hodinách provozu
Krauss-Maffei:	rozborů oleje: po 5 000 hodinách provozu výměna oleje: v závislosti na doporučení rozboru
Engel:	rozborů oleje: 1x ročně výměna oleje: po 10 000 hodinách provozu výměna hydraulických hadic max. po šesti letech

Z výše uvedeného je jasně patrné, že daný podnik doporučení ohledně rozborů oleje neplní pouze u lisů značky Krauss-Maffei, kdy se kontrolní rozborů provádí po cca 8760 hodinách provozu (počítáno při provozu 24 hodin denně).

2 Zvolené lisy

Vzhledem k množství lisů bylo vybráno šest, podle kterých bude posuzován vliv tribodiagnostiky u všech vstřikovacích lisů. Výběr jsem se snažil zvolit následujícím způsobem. Základní podmínkou bylo, aby stroj byl v podniku od roku 2005 a účastnil se všech prováděných rozborů. Dále, aby byl od každého výrobce zastoupen alespoň jeden lis. Do tohoto výběru jsem zahrnul lis s největším a nejmenším objemem olejové nádrže a lis, na kterém byla prováděna oprava související s poruchou hydraulického systému.

Parametr vstřikovací jednotka je bezrozměrný a počítá se dle mezinárodní klasifikace jako:

$$\text{vstřikovací jednotka} = \text{vstřikovací objem} \times \text{vstřikovací tlak v bar/1000} \quad (4)$$

2.1 Arburg A 220S 150-60 (A1)



Obr. 2.1 Arburg A 220S 150-60

Rozbor označení [1]:

- A – Allrounder (označení vstřikovacího lisu)
- 220 – vzdálenost mezi vodícími sloupy v mm
- S – označení modelové řady
- 150 – uzavírací síla v kN
- 60 – vstřikovací jednotka

Technické parametry:

Průměr šneku:	18 mm
Uzavírací síla:	150 kN
Vstřikovací jednotka:	60
Objem olejové nádrže:	120 l
Hmotnost:	1900 kg

V dalších částech této práce budu používat interní značení podniku, pro tento lis konkrétně **A1**.

2.2 Krauss-Maffei KM 60/210B (KM40)



Obr. 2.2 Krauss-Maffei KM 60/210B

Rozbor označení [2]:

KM – Krauss-Maffei (označení výrobce)

60 -označení uzavírací síly v tunách

210 – vstřikovací jednotka

Technické parametry:

Průměr šneku:	30 mm
Uzavírací síla:	600 kN
Vstřikovací jednotka:	210
Objem olejové nádrže:	280 l
Hmotnost:	3300 kg

V dalších částech této práce budu používat interní značení podniku, pro tento lis konkrétně **KM40**.

2.3 ENGEL ES 330-80HL (80)



Obr. 2.3 Engel ES 330-80HL

Rozbor označení [2]:

ES – označení výrobní řady

330 – vstřikovací jednotka

80 – označení uzavírací síly v tunách

HL – označení bezsloupkového stroje

Technické parametry:

Průměr šneku:	35 mm
Uzavírací síla:	800 kN
Vstřikovací jednotka:	330
Objem olejové nádrže:	230 l
Hmotnost:	5300 kg

Lisy značky Engel se v podniku objevují až od roku 2006, proto není splněna základní podmínka a nebyly provedeny rozbory v roce 2005. V dalších částech této práce budu používat interní značení podniku, pro tento lis konkrétně **80**.

2.4 Arburg A 270S 350-60 (A23)



Obr. 2.4 Arburg A 270S 350-60

Rozbor označení [1]:

- A – Allrounder (označení vstřikovacího lisu)
- 270 – vzdálenost mezi vodícími sloupy v mm
- S – označení modelové řady
- 350 – uzavírací síla v kN
- 60 – vstřikovací jednotka

Technické parametry:

Průměr šneku:	22 mm
Uzavírací síla:	350 kN
Vstřikovací jednotka:	60
Objem olejové nádrže:	120 l
Hmotnost:	2150 kg

Tento lis byl vybrán jako lis s nejmenším objemem olejové nádrže. V dalších částech této práce budu používat interní značení podniku, pro tento lis konkrétně **A23**.

2.5 Krauss-Maffei KM 150/620/B1 (KM150)



Obr. 2.5 Krauss-Maffei KM 150/620/B1

Rozbor označení [2]:

KM – Krauss-Maffei (označení výrobce)

150 – označení uzavírací síly v tunách

620 – vstříkovací jednotka

Technické parametry:

Průměr šneku:	50 mm
Uzavírací síla:	1500 kN
Vstříkovací jednotka:	620
Objem olejové nádrže:	555 l
Hmotnost:	7500 kg

Na tomto lise byla v roce 2009 provedena výměna hydrogenerátoru. Navíc se jedná i o lis s největším objemem olejové nádrže. V dalších částech této práce budu používat interní značení podniku, pro tento lis konkrétně **KM150**.

2.6 Arburg A 320-210-500 (A38)



Obr. 2.6 Arburg A 320-210-500

Rozbor označení [1]:

A – Allrounder (označení vstřikovacího lisu)
320 – vzdálenost mezi vodícími sloupy v mm
210 – vstřikovací jednotka
500 – uzavírací síla v kN

Technické parametry:

Průměr šneku:	30 mm
Uzavírací síla:	500 kN
Vstřikovací jednotka:	210
Objem olejové nádrže:	220 l
Hmotnost:	2500 kg

V dalších částech této práce budu používat interní značení podniku, pro tento lis konkrétně **A38**.

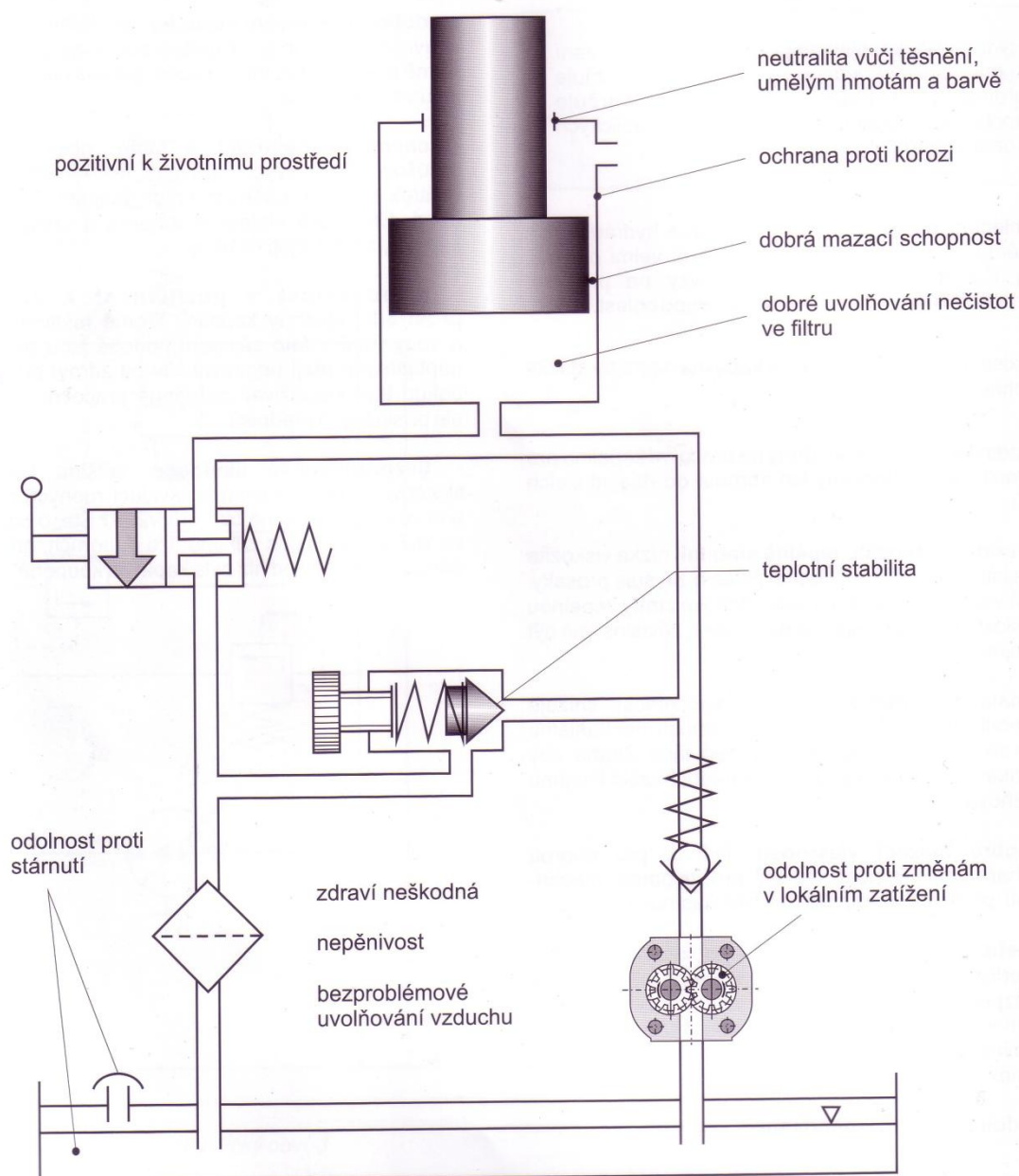
3 Hydraulické kapaliny

Pro hydraulické systémy je hydraulická kapalina velmi důležitým prvkem, jenž umožňuje přenos síly a energie. Její čistota a kvalita určuje spolehlivost provozu a životnost ostatních komponent obvodu. Vzhledem k rozsahu použití hydraulických systémů neexistuje ideální kapalina, která by vyhověla všem provozům a nárokům.

Mezi základní požadavky kladené na hydraulické kapaliny patří:

- Vhodná viskozita, tepelně stabilní: nízká viskozita nezajistí dobré mazání třecích ploch a zvyšuje prosaky. Vysoká viskozita způsobuje velké tlakové ztráty. Tepelnou stabilitu charakterizuje viskozitní index. Závislost by přitom měla být co nejmenší.
- Malá stlačitelnost: větší stlačitelnost způsobuje nižší účinnost, zhoršení dynamických vlastností mechanismu. Zhoršuje možnosti dobré regulace. Snažíme se, aby se kapalina nenasytila vzduchem a nedocházelo k pění.
- Dobré mazací vlastnosti: Pro dobrou životnost mechanismu a dobrou mechanickou účinnost. Tyto vlastnosti se dají zlepšit pomocí aditiv.
- Nehořlavost: Snaha, aby teplota vzplanutí byla co nejvyšší, v závislosti na provozu zejména tam, kde je vysoké nebezpečí požáru (např. slévárny, kovárny, atd.). V těchto provozech se musí použít místo minerálních olejů tzv. nehořlavé kapaliny. Tyto kapaliny mají vesměs ostatní vlastnosti horší než minerální olej.
- Dobré uvolňování vzduchu a odolnost proti pění: Vzduch je v kapalině buď rozpuštěn nebo ve formě bublin. Právě bubliny jsou pro hydraulický systém velmi škodlivé.

- Chemicky neutrální a stálé: Kapalina nesmí narušovat kovový povrch, nátěry a nesmí leptat těsnění. Chemická stálost je důležitá vlastnost určující stárnutí kapaliny a cyklus její výměny.



Obr. 3.1 Požadavky na pracovní kapalinu a její zatížení [5]

- Nejedovatost a pozitivnost k životnímu prostředí: všechny kapaliny vyjma rostlinných olejů a vody mají negativní vliv na zdraví pracovníků. Nutno používat ochranné pomůcky dle daných předpisů.
- Bezproblémová likvidace: Většina kapalin je likvidována podle předpisů o likvidaci ropných produktů ve smyslu zákona číslo 185/2001 Sb. o odpadech. Likvidaci je doporučeno svěřit společnosti, od které byla kapalina pořízena.

Tab. 3.1 Přehled používaných pracovních kapalin v praxi [5]

Hydraulický olej, Minerální olej	Nehořlavé kapaliny	Kapaliny pozitivní k životnímu prostředí	Zvláštní pracovní kapaliny
<p>Hydraulický olej HL S přísadami proti korozi a stárnutí (DIN 51 524, část 1)</p> <p>Hydraulický olej HLP S dalšími přísadami hlavně proti kavitaci (DIN 51 524, část 2)</p> <p>Hydraulický olej HLP-D Odolnější než HLP (DIN 51 524, část 2)</p> <p>Hydraulický olej HLP-D1 Zlepšený oproti HLP-D, přísady na snížené viskózní tepelné závislosti (DIN 51 524, část 2)</p>	<p>Čistá voda</p> <p>HFA</p> <p>HFA-E (emulze)</p> <p>HFA-S (roztok)</p> <p>HFA-V (obohacená emulze)</p> <p>HFB (40% H₂O, 60% glykol) [voda v emulzi]</p> <p>HFC (Wasserglykol)</p> <p>HFD (ester polyester) typy: HFD-R HFD-U</p>	<p>Rostlinné oleje (řepkový) HETG</p> <p>Polyglykoly HEPG</p> <p>Syntetické estery HEES</p> <p>Čistá voda</p> <p>(jsou nazývány biologicky rychle odbouratelná)</p>	<p>Syntetické oleje</p> <p>Glykoly</p>

3.1 Kapaliny používané ve sledovaném podniku a jejich vlastnosti

Ve všech strojích výrobců Arburg a Krauss-Maffei je použit olej ESSO NUTO H46. Lisy Engel užívají jako hydraulickou kapalinu oleje ESSO NUTO H68.

Jedná se o vysoce kvalitní hydraulické oleje s ochranou proti opotřebením určené pro průmyslová zařízení a vozidla, využívající zubové, lamelové, radiální a axiální pístové hydrogenerátory. Splňují DIN 51524-2 a ISO 11158 HM. Základní parametry jsou uvedeny v tabulkách 3.2 a 3.3.

Tab. 3.2 Hydraulický olej NUTO H46 [6]

NUTO H46	
Stupeň viskozity dle ISO	46
Viskozita při 40 °C [mm ² .s ⁻¹]	46
Viskozita při 100 °C [mm ² .s ⁻¹]	6
Viskozitní index	95
Hustota při 15 °C [kg.l ⁻¹]	0,876
Bod tuhnutí °C	-21
Bod vzplanutí °C	226

Tab. 3.3 Hydraulický olej HUTO H68 [6]

NUTO H68	
Stupeň viskozity dle ISO	68
Viskozita při 40 °C [mm ² .s ⁻¹]	68
Viskozita při 100 °C [mm ² .s ⁻¹]	8
Viskozitní index	95
Hustota při 15 °C [kg.l ⁻¹]	0,882
Bod tuhnutí °C	-18
Bod vzplanutí °C	234

4 Využití metod tribotechnické diagnostiky

Pod pojmem tribotechnická diagnostika rozumíme diagnostické metody určené ke zjištění, vyhodnocení a oznámení výskytu cizích látek v mazivu a jeho změnu z kvalitativního a kvantitativního hlediska. Je to jedna z metod bezdemontážní diagnostiky, kdy nám jako nositel informace o dějích a mechanických změnách v technických systémech slouží právě použité mazivo.

Tribotechnická diagnostika slouží ke:

- Sledování stavu opotřebení strojních zařízení
- Sledování degradace maziva

4.1 Rozdělení metod tribotechnické diagnostiky

Metody tribodiagnostiky se dělí podle sledované veličiny do dvou hlavních skupin:

A) Sledování stavu opotřebení strojních zařízení

- Metody pro stanovení koncentrace otěrových kovů
 - Atomová spektrofotometrie
 - Atomová emisní spektrofotometrie
 - Atomová absorpční spektrofotometrie
 - Polarografie a voltarometrie
 - Metoda RAMO
- Metody pro hodnocení morfologie a distribučního rozdělení částic kovů
 - Částicová analýza s vyhodnocením:
 - Fetoskopickým (morfologie a chemické složení)
 - Ferodenzimetrickým (distribuce vzhledem k velikosti)

B) Sledování degradace maziva

Jedná se o sledování fyzikálně chemických vlastností maziva a jejich hodnocení. Oleje dělíme na motorové a oleje průmyslové. Sledujeme tyto parametry:

- Kinematickou viskozitu
- Bod vzplanutí
- Obsah vody
- Číslo celkové alkality a kyselosti
- Conradsonův karbonizační zbytek
- Kaplová zkouška
- Celkové znečištění
- Mechanické nečistoty

U hydraulických olejů se v pravidelných intervalech sleduje viskozita, obsah vody, znečištění, obsah prvků a degradace oleje.

4.2 Odběr vzorku

Odběr vzorku je prvním krokem k dobře provedenému rozboru oleje. Špatně provedený odběr nám dává zkreslené výsledky při rozboru, a proto je nutné dodržovat určitou metodiku při odběru. Obecně platí, že vzorek odebíráme do čistých vzorkovnic o objemu 300 ml (a vyšším). Stroj by měl být v provozu minimálně 20 minut, aby bylo zajištěno dobré promíchání oleje. Odběr definuje norma ČSN 65 6207 Hydraulické oleje a kapaliny. Odběr vzorků pro stanovení obsahu mechanických nečistot.

Na každé vzorkovnici jsou udány následující údaje:

- číslo stroje
- název stroje
- mazané místo
- druh maziva
- datum odběru
- jméno osoby provádějící odběr
- označení požadovaných rozborů

Při odběru vzorku a manipulaci je nutno dodržet také následující ustanovení ČSN 01 8003 – Zásady pro bezpečnou práci v chemických laboratořích a ČSN 65 0201 – Hořlavé kapaliny – prostory pro výrobu, skladování a manipulaci.



Obr. 4.1 Vzorkovnice firmy ALS Czech Republik s.r.o.

4.3 Zkoušky aplikované ve sledovaném provozu

Jak již bylo řečeno, provádí se zkoušky na kinematickou viskozitu, obsah vody, kód čistoty, oxidační číslo, obsah otěrových kovů a obsah aditivních prvků. Do roku 2007 se prováděla také zkouška na číslo kyselosti.

4.3.1 Kinematická viskozita

Cituji z [8] HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D., *Technická diagnostika a spolehlivost I. – Tribodiagnostika*, str. 102: „Kinematická viskozita patří mezi základní kvalitativní ukazatele olejů, charakterizuje mazivost a slouží k vzájemnému třídění. Během provozu stroje se mění vlastnosti maziva ve strojním zařízení. Viskozita se během provozu oleje může zvyšovat nebo snižovat.

„Zvyšování je způsobeno meziprodukty oxidační povahy, produkty částečné oxidace oleje, vytvářením emulze těchto produktů s vodou, případně znečišťováním kondenzačními produkty.

Snižování viskozity je způsobeno především tepelnou a mechanickou degradací aditiv, popřípadě záměnou olejů, vniknutím vody nebo jiných zředujících látek do systému.

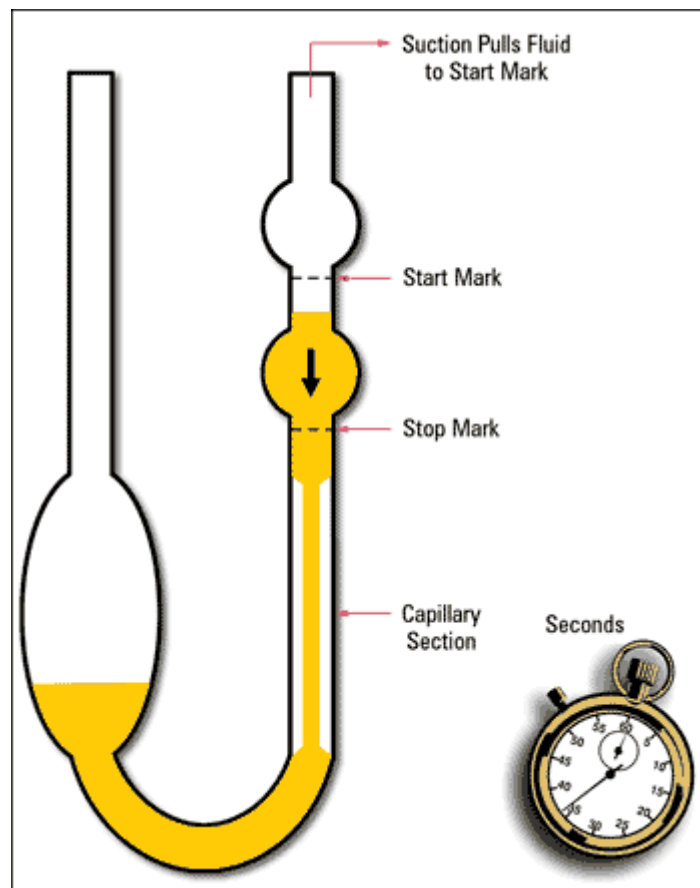
Pokud je viskozita příliš nízká, dochází k meznímu až suchému tření s důsledkem nadměrného opotřebení, popřípadě zadření třecích ploch. Vysoká viskozita způsobuje ztráty energie vzhledem k velkému koeficientu tření. U olejů průmyslových je charakteristická závislost jejich viskozity na teplotě. Změna teploty o 1 °C znamená změnu viskozity až o 5 %. Vlastní měření se provádí pro kinematickou viskozitu.“, konec citace.

Zkouška se provádí při teplotě 40°C. Měření se provádí dle normy ČSN EN ISO 3104 pomocí přístroje MUP Vistec, který je propojený s kapilárními viskozimetry (Obr. 6.1).



Obr. 4.2 Sestava pro měření kinematické viskozity [7]

Princip měření pomocí kapilárního viskozimetru je na Obr. 4.3. Vzorek oleje nalijeme do viskozimetru a necháme v temperovací lázni temperovat po dobu 30 minut. Teplota lázně je přísně kontrolována a udržována na požadované hladině po celou dobu temperování. Poté vzorek oleje necháme protéci viskozimetrem a sledujeme dobu průchodu od horní značky ke spodní. Viskozitu získáme vynásobením času průtoku mezi značkami s konstantou použitého viskozimetru. Pro neprůzračné oleje používáme viskozimetry s obráceným tokem.



Obr. 4.3 Princip kapilárního viskozimetru [16]

4.3.2 Obsah vody

Obsah vody je dalším důležitým ukazatelem, neboť voda v hydraulickém systému způsobuje:

- korozi součástí
- vypadávání aditiv
- pění oleje
- tvorbu emulze
- zvyšování viskozity
- snižování oxidační stability oleje
- tvorbu kalů

Zkouška se provádí ve dvou částech. Nejprve se některou z jednoduchých zkoušek určí přítomnost vody a poté se provede kvantitativní zkouška na určení přesného množství vody.

Mezi metody pro hodnocení obsahu vody v oleji patří:

- Kvalitativní metody
 - Vizuální zkouška
 - Prskací zkouška

- Kvantitativní metody
 - Coulometrická metoda
 - Destilační zkouška

Obsah vody se určuje coulometricky přístrojem WTK (Obr. 4.4) podle ČSN ISO 760 následujícím postupem. Při průchodu proudu se v titrační nádobce uvolňuje jód J_2 , který reaguje s vodou. Platí, že jeden mol jódu reaguje s jedním molem vody, takže 1 mg vody je ekvivalentní náboji 10,71A. s. Po zreagování veškeré vody jódem je při titraci určena koncentrace nadbytečného jódu v nádobce.



Obr. 4.4 Sestava pro určení obsahu vody [9]

Obecně platí názor, že obsah vody nesmí přesáhnout hodnotu 500 ppm. Doporučená hranice se pohybuje dokonce v oblasti 200 ppm.

4.3.3 Celkové znečištění

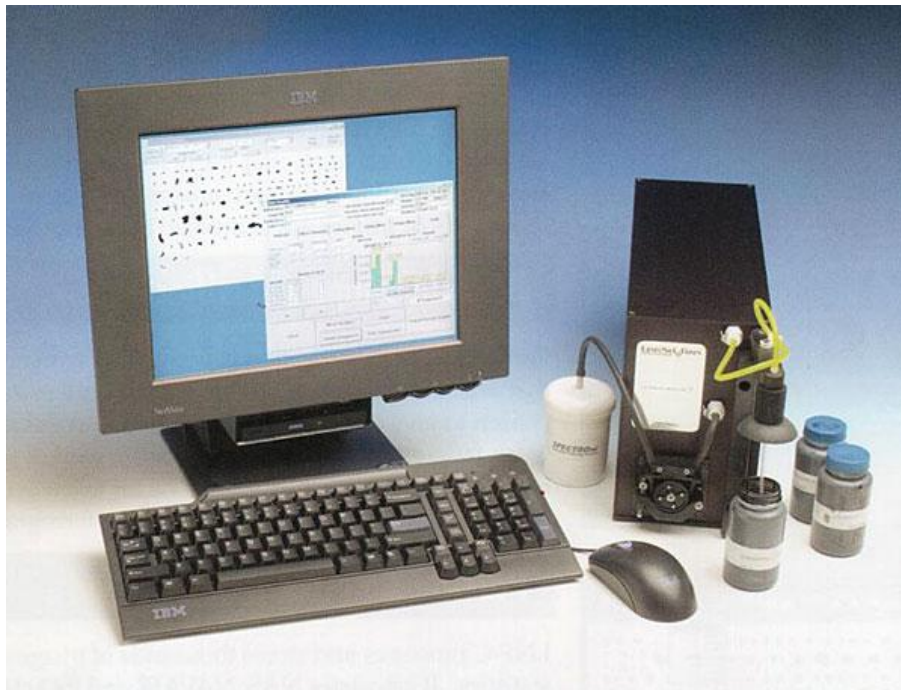
Celkové znečištění náleží mezi smluvní zkoušky a jeho vyjádření závisí na principu použité metody. Vyhodnocujeme velikost a množství mechanických nečistot, zplodin termooxidačních reakcí a dalších nečistot v oleji. Zdroje nečistot v hydraulických obvodech se dají rozdělit do následujících kategorií:

- Nečistoty primární – jedná se o nečistoty nádrže, potrubí, hydraulických prvků a hydraulické kapaliny. Mezi typické primární nečistoty řadíme otřepy a třísky, které vznikají při montáži šroubení, přetoky pryžových dílů, prach, písek, vlákna z čisticích prostředků, okuje ze svařování, barvy apod..
- Nečistoty z okolí – Tyto nečistoty vnikají do systému po povrchu pístnice, popřípadě nedostatečně těsným plnicím nebo odvzdušňovacím otvorem. Jedná se především o písek, prach a mikroorganismy.

- Nečistoty vzniklé z obvodu – Tyto nečistoty vznikají cirkulací kapaliny nebo provozem jednotlivých prvků. Jedná se o produkty koroze, opotřebení a eroze.
- Nečistoty vznikající z hydraulické kapaliny – Především se jedná o vypadlá aditiva z oleje, polymery vzniklé vzájemným působením mezi aditivy, pryskyřice a laky vznikající chemickými změnami, působením tepla, tlaku a mikroorganismů.

Pro hydraulické systémy jsou největším nebezpečím pevné nečistoty. Částice, které jsou menší nežli kritická vůle, procházejí mezi součástmi obvodu velkou rychlostí a způsobují erozivní opotřebení. Částice větší mohou způsobit ucpání štěrbin, což může zapříčinit vznik kavitace. Nejvíce nebezpečné jsou částice stejné velikosti jako je kritická vůle, neboť způsobují zadírání hydraulických prvků porušením mazacího filmu.

Společnost ALS Czech Republic s.r.o. používá pro určení celkového znečištění čítač částic LaserNet Fines-C (Obr. 4.5), který určuje kód čistoty jak podle normy NAS 1638, tak i podle normy ISO 4406/99.



Obr. 4.5 Čítač částic LaserNet Fines-C [10]

NAS 1638

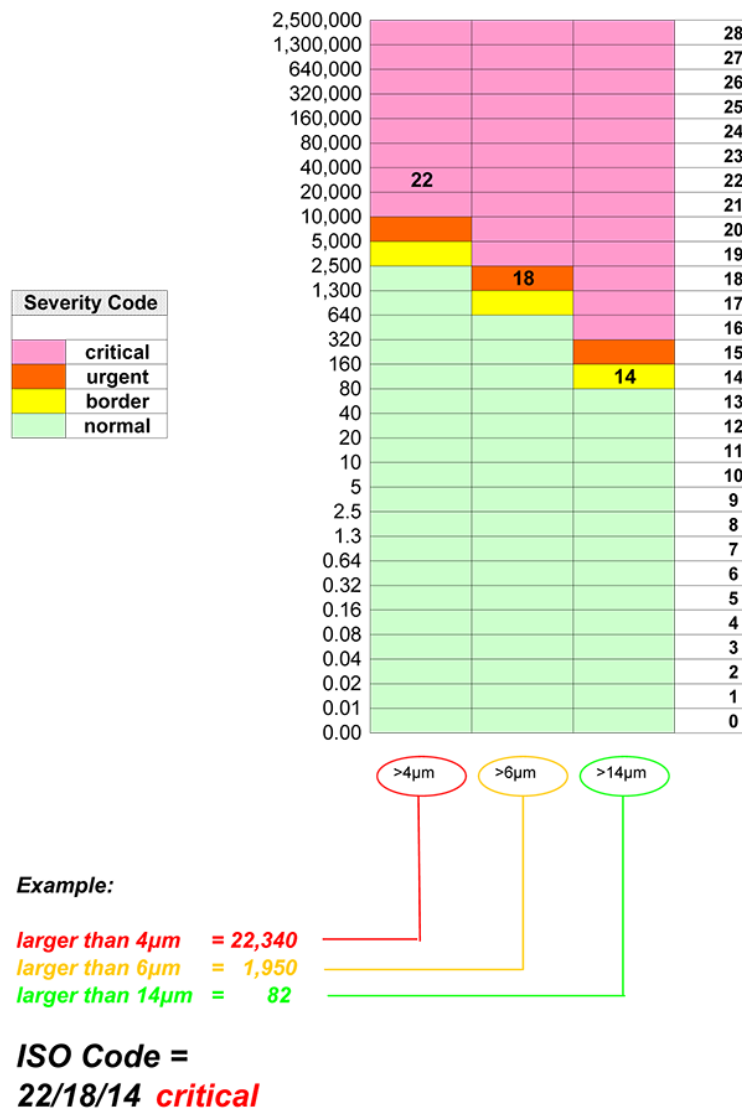
Částice, zachycené na ultrafiltru, jsou počítány pod mikroskopem na membráně rozdělené rastrem na stejně velká čtvercová pole. Určuje se množství nečistot ve 100 ml oleje. Nečistoty jsou podle velikosti rozděleny do skupin a podle celkového počtu nečistot se určuje třída čistoty (Tab. 4.1).

Tab. 4.1 Kód čistoty dle NAS 1638 [11]

Třída	Max. počet částic/100 ml ve specifikovaném rozsahu velikostí (µm)				
	5 - 15	15 - 25	25 - 50	50 - 100	>100
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1000	178	32	6	1
3	2000	256	63	11	2
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16000	2850	506	90	16
7	32000	5700	1012	180	32
8	64000	11400	2025	360	64
9	128000	22800	4050	720	128
10	256000	45600	8100	1440	256
11	512000	91200	16200	2880	512
12	1024000	182400	32400	5760	1024

ISO 4406/99

Kód čistoty dle normy ISO 4406/99 se skládá z trojice dvojčíslí. První reprezentuje počet částic větších než 4 µm. Druhé počet částic větších než 6 µm a třetí počet částic větších než 14 µm. Čísla reprezentují počet částic v 1ml kapaliny. Na Obr. 4.6 je ukázka značení, kdy zelená značí normální stav, žlutá hraniční, oranžová akutní a růžová kritický stav čistoty oleje.



Obr. 4.6 Ukázka normy ISO 4406/99 [12]

4.3.4 Obsah otěrových kovů a aditivních prvků

Obsah otěrových kovů a aditiv se určuje metodou ICP-OES neboli emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem. Touto metodou jsme schopni určit většinu prvků periodické soustavy přítomných ve vzorku (Tab. 4.2).

Princip metody

Vzorek je pomocí peristaltické pumpy přiveden do zamlžovače, který z kapalného vzorku vyrobí jemný aerosol. Takto vzniklá mlha je proudem argonu přivedena do plazmového hořáku, kde je pomocí střídavého vysokofrekvenčního magnetického pole udržováno argonové plazma o teplotě 6 000 – 10 000 K.

Při této teplotě zanikají chemické vazby v molekulách přítomných sloučenin a rozpouštědlo se odpaří. Dochází k vybuzení elektronů do vyšších energetických hladin. Daný stav je nestabilní a elektrony se vrací zpět na původní energetickou hladinu. Při návratu emitují světlo určité vlnové délky. Světlo je přivedeno na výkonný monochromátor, jenž ho rozdělí podle vlnových délek. Detektor, na který dopadají fotony tohoto světla, převede velikost záření na elektrický signál, jehož síla odpovídá množství prvku obsaženého ve vzorku.

Tab. 4.2 Prvky a jejich vlnová délka [13]

Měřený prvek	Vlnová délka (nm)	Měřený prvek	Vlnová délka (nm)
Ag	328,068	As	188,979
Al	167,079	Al	396,152
Au	267,595	B	249,678
Ba	493,409	Be	313,107
Bi	223,061	Ca	422,673
Cd	228,802	Ce	413,380
Co	238,892	Cr	267,716
Cu	324,754	Fe	259,940
K	769,896	La	379,478
Li	670,784	Mg	279,553
Mn	257,610	Mo	202,030
Na	588,995	Ni	231,604
P	177,495	Pb	220,353
Pd	340,458	Pt	265,945
Rh	343,487	S	180,731
Sb	217,581	Se	196,026
Si	251,611	Se	196,026
Sn	189,926	Sr	421,552
Ti	336,121	Tl	351,924
V	292,402	W	207,911
Zn	213,856	Zr	343,823

5 Zhodnocení naměřených výsledků

Odběry jsou prováděny jednou ročně zaměstnanci firmy Bloch servis s.r.o., a to vždy v průběhu prosince. Rozbory provádí společnost ALS Czech Republic s.r.o.. Vyhodnocení, na jehož základě je objednávana filtrace, obdrží hodnocený podnik v průběhu ledna následujícího roku. Filtrace a výměny jsou prováděny na základě objednávky většinou v březnu. Výběr této skupiny lisů je definován v kapitole 2.

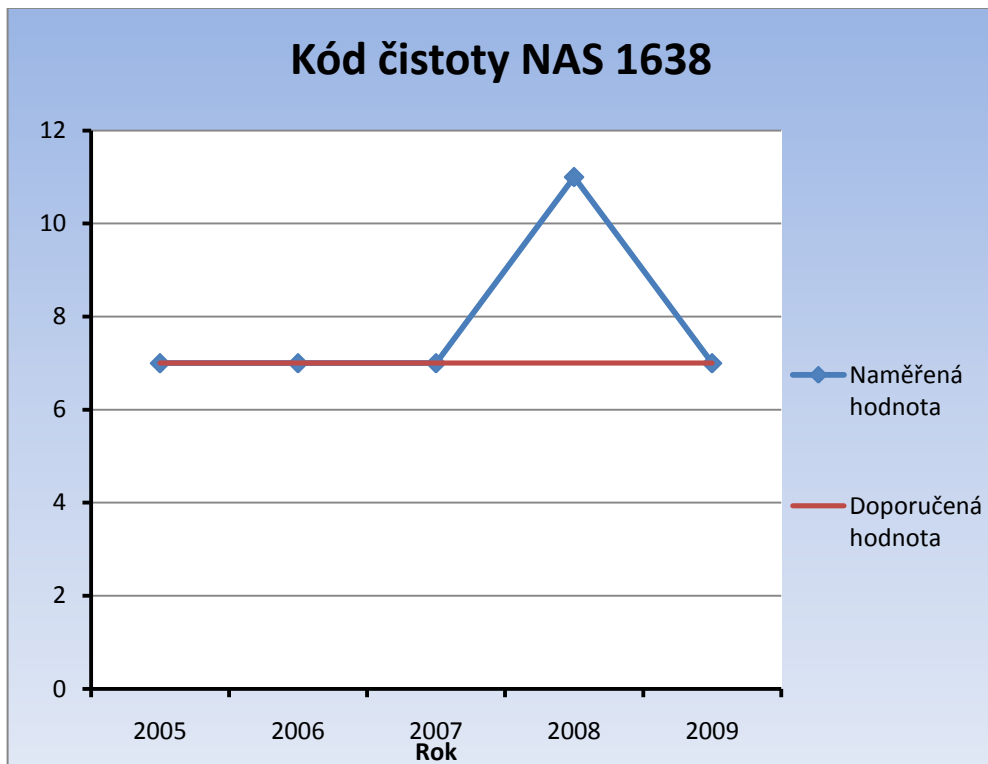
5.1 Arburg A1

Tab. 5.1 Tabulka naměřených hodnot od roku 2005 pro lis A1 [14]

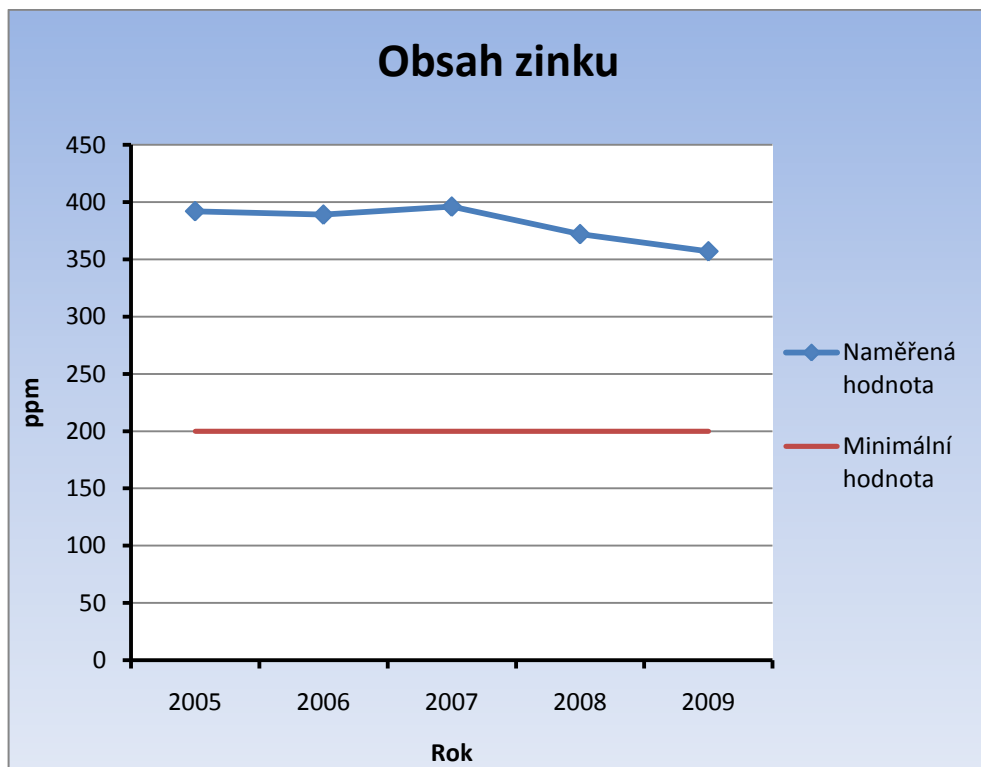
A1		doporučené hodnoty	2005	2006	2007	2008	2009
	typ oleje	Nuto H					
	viskozitní třída oleje	46					
Fyzikální testy	obsah vody	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	k.viskozita při 40°C(mm ² .s ⁻¹)	+/-15%	44,38	44,56	44,77	45,5	45
Kód čistoty	kód čistoty NAS 1638	7-8	7	7	7	11	7
	kód čistoty ISO 4406/99		-	-	16/15/1 2	20/18/1 6	16/15/1 2
Kovy	cín (Sn)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	nikl (Ni)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	olovo (Pb)	<60 ppm	-	-	<1	<1	<1
	hliník (Al)	<20 ppm	-	-	<1	<1	<1
	chrom (Cr)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	měď (Cu)	<60 ppm	-	-	20	39	11
	železo (Fe)	<50 ppm	-	-	1	6	2
Kontaminace/ aditiva (ppm)	draslík (K)	<1	-	-	<1	<1	<1
	hořčík (mg)	<1	-	-	<1	<1	<1
	molybden (Mo)	<1	-	-	<1	<1	<1
	sodík (Na)	<1	-	-	1	3	<1
	vápník (Ca)	50	-	-	45	42	36
	křemík (Si)	<1	-	-	1	<1	<1
	fosfor (P)	>200	-	-	318	308	314
	zinek (Zn)	>200	392	389	396	372	357
	Filtrace/výměna		-	-	-	Filtrace	-



Graf 5.1 Kinematická viskozita lisu A1



Graf 5.2 Kód čistoty dle NAS 1638 lisu A1



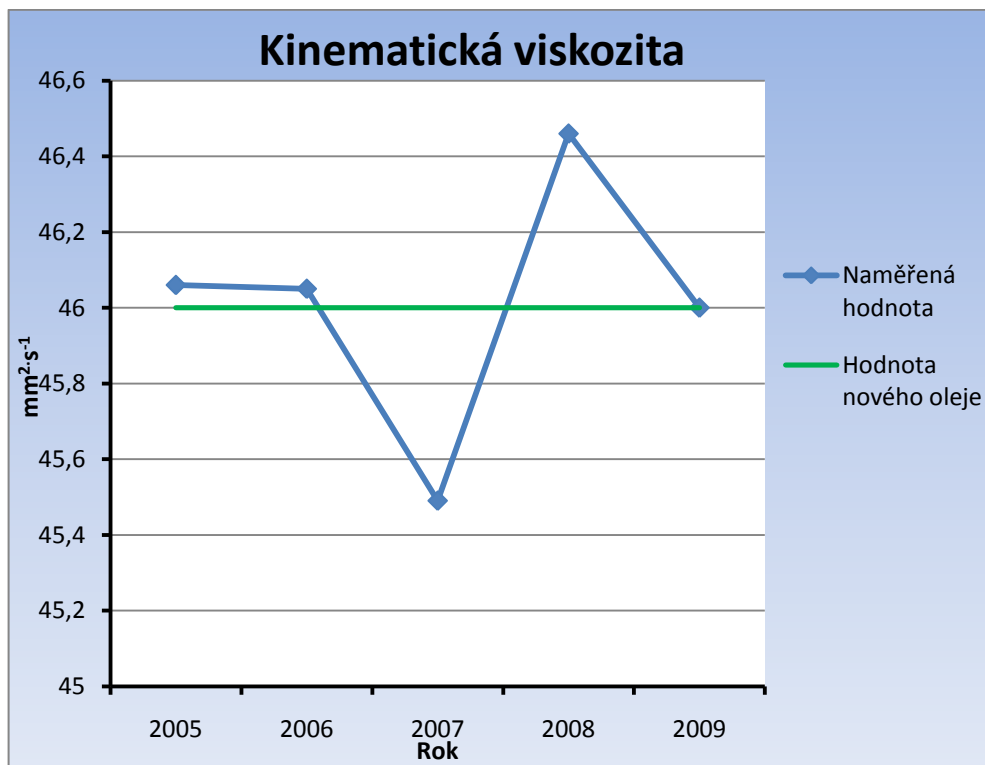
Graf 5.3 Obsah zinku lisu A1

Z tabulky a následných grafů je patrné, že olej vykazoval v letech 2005, 2006 a 2007 velice dobrý kód čistoty dle NAS 1638 s hodnotou 7. V roce 2008 se tato hodnota zvedla až na číslo 11 a můžeme si všimnout i téměř dvojnásobného množství mědi a šestinásobného množství železa oproti předešlému roku. Byla provedena filtrace. Při rozboru v roce 2009 již bylo vše opět v pořádku. Kinematická viskozita se od hodnoty udané výrobcem nejvíce lišila v roce 2005 s hodnotou $44,38 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, což je cca o 1,4% méně než hodnota nového oleje. Obsah zinku se držel až do roku 2007 mírně pod hodnotou 400 ppm, v posledních dvou letech je viditelný pokles až na současných 357 ppm.

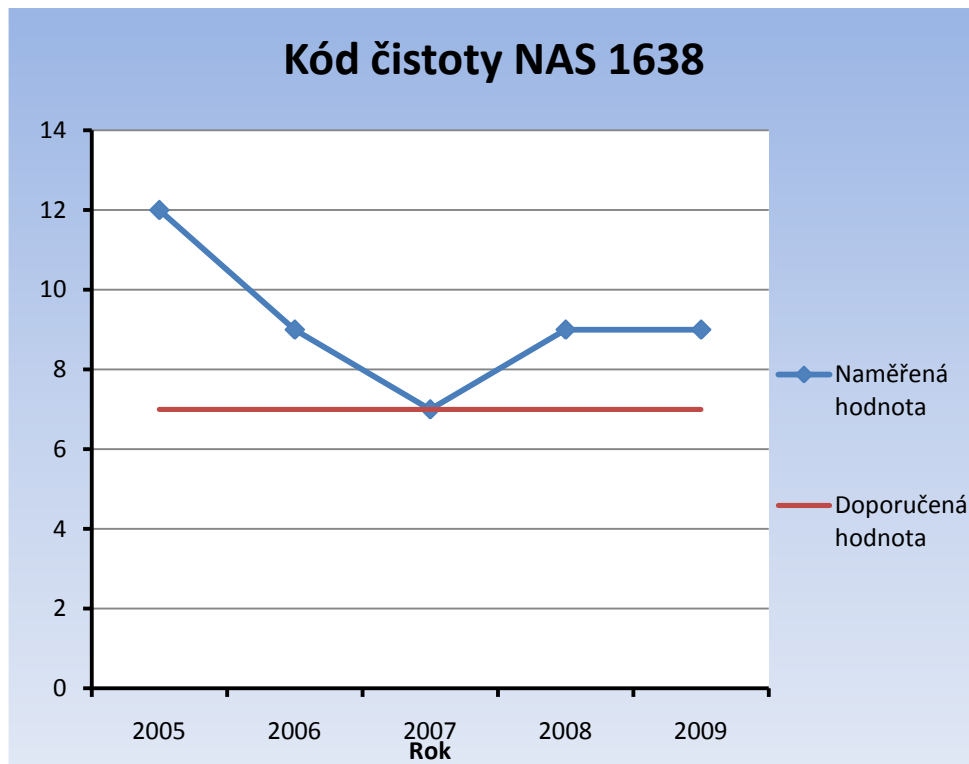
5.2 Krauss-Maffei KM40

Tab. 5.2 Tabulka naměřených hodnot od roku 2005 pro lis KM40 [14]

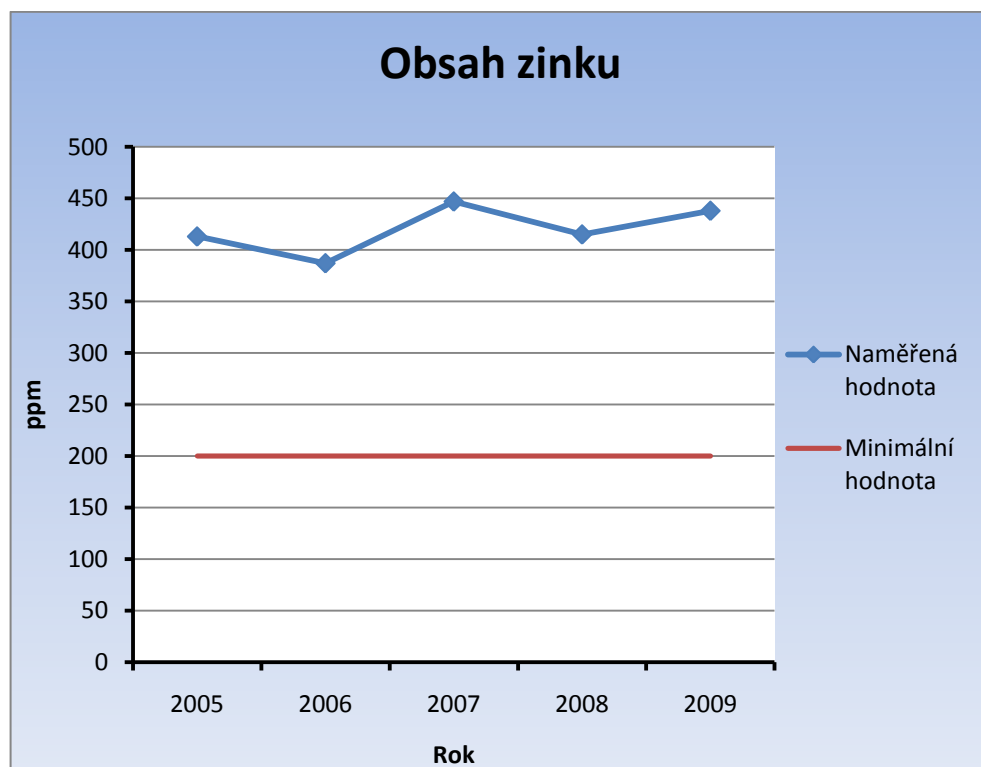
KM40		doporučené hodnoty	2005	2006	2007	2008	2009
	typ oleje	Nuto H					
	viskozitní třída oleje	46					
Fyzikální testy	obsah vody	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	k.viskozita při 40°C(mm ² .s ⁻¹)	+/-15%	46,06	46,05	45,49	46,46	46
Kód čistoty	kód čistoty NAS 1638	7-8	12	9	7	9	9
	kód čistoty ISO 4406/99		-	-	16/14/10	18/16/11	18/16/13
Kovy	cín (Sn)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	nikl (Ni)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	olovo (Pb)	<60 ppm	-	-	<1	<1	<1
	hliník (Al)	<20 ppm	-	-	<1	<1	<1
	chrom (Cr)	<10 ppm	-	-	1	1	1
	měď (Cu)	<60 ppm	-	-	2	2	2
	železo (Fe)	<50 ppm	-	-	1	2	2
Kontaminace/ aditiva (ppm)	draslík (K)	<1	-	-	<1	<1	<1
	hořčík (mg)	<1	-	-	1	1	<1
	molybden (Mo)	<1	-	-	<1	<1	<1
	sodík (Na)	<1	-	-	1	1	<1
	vápník (Ca)	50	-	-	52	49	50
	křemík (Si)	<1	-	-	1	<1	<1
	fosfor (P)	>200	-	-	340	323	347
	zinek (Zn)	>200	413	387	447	415	438
	Filtrace/výměna		Filtrace	Filtrace	-	-	Filtrace



Graf 5.4 Kinematická viskozita lisu KM40



Graf 5.5 Kód čistoty dle NAS 1638 lisu KM40



Graf 5.6 Obsah zinku lisu KM40

Kód čistoty dle NAS 1638 v tomto lise je ve všech letech vyjma roku 2007 zvýšený, a to až na 12 v roce 2005. K filtraci proto došlo v letech 2005, 2006 a 2009. V roce 2008 byl kód čistoty sice 9, ale na základě normy ISO 4406/99 bylo rozhodnuto nefiltrovat. Parametry otěrových kovů jsou nejvyšší u železa a mědi shodně po 2 ppm. Kinematická viskozita se od hodnoty nového oleje lišila za celou dobu provozu jen minimálně. Nejvíce v roce 2007, kdy byla nižší o 0,51, což je rozdíl cca 1,1%. Aditiva jsou prozatím také v pořádku.

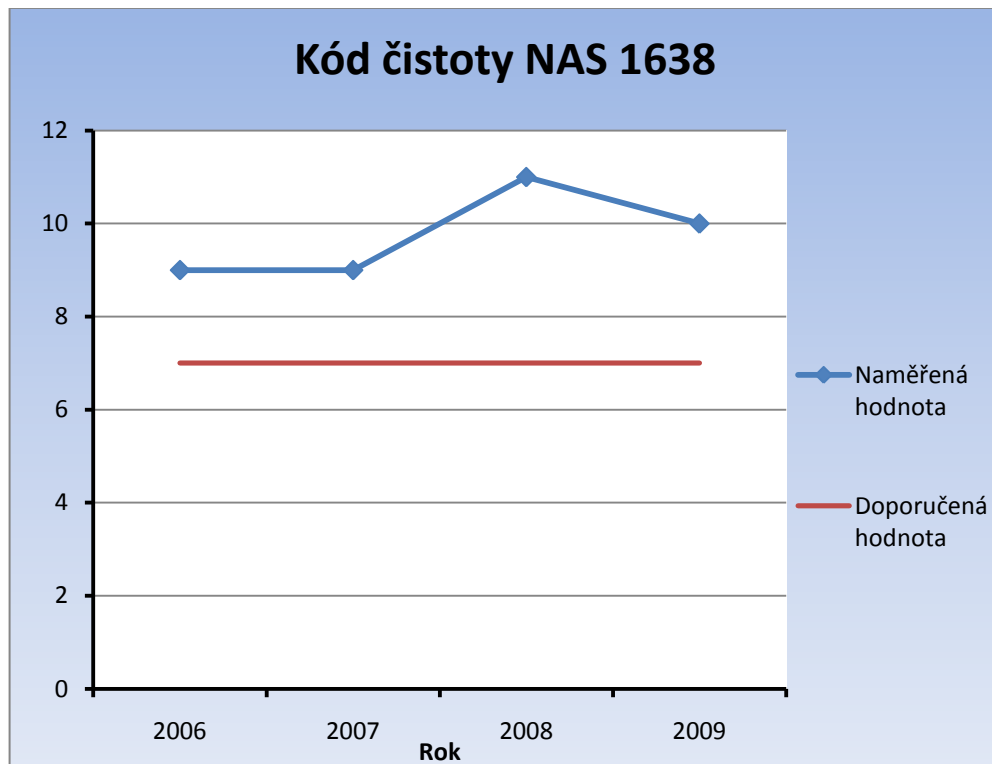
5.3 Engel 80

Tab. 5.3 Tabulka naměřených hodnot od roku 2005 pro lis 80 [14]

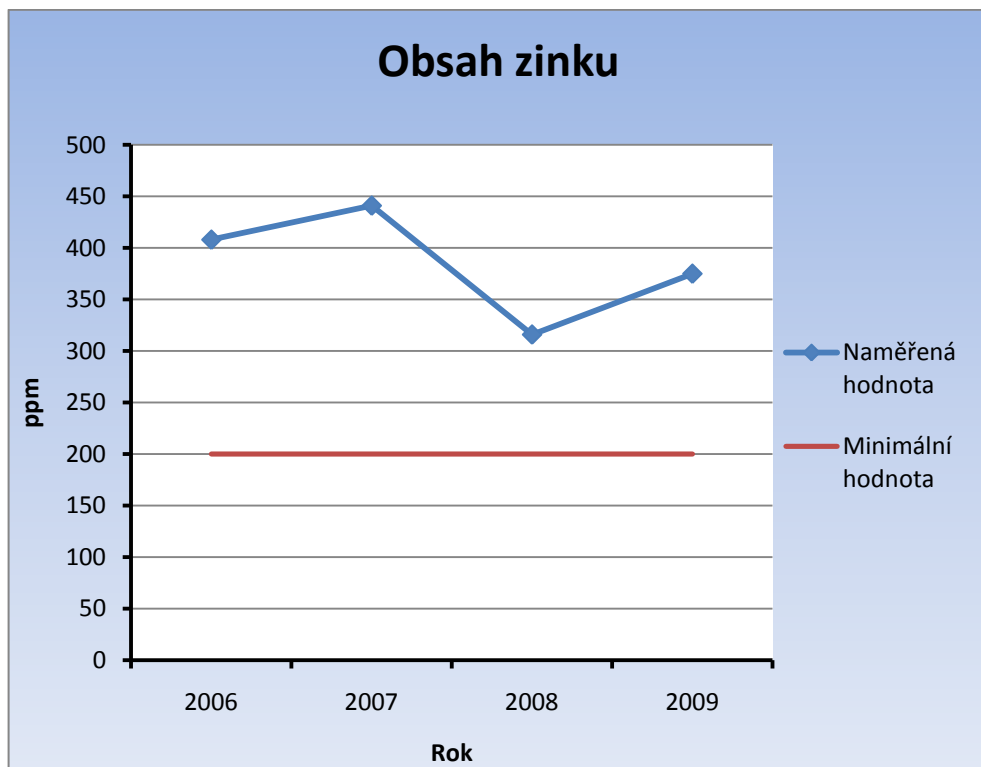
E80		doporučené hodnoty	2005	2006	2007	2008	2009
	typ oleje	Nuto H					
	viskozitní třída oleje	68					
Fyzikální testy	obsah vody	<0.1	-	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	k.viskozita při 40°C(mm ² .s ⁻¹)	+/-15%	-	64,67	63,71	59,93	63
Kód čistoty	kód čistoty NAS 1638	7-8	-	9	9	11	10
	kód čistoty ISO 4406/99		-	-	18/17/14	20/18/13	19/17/15
Kovy	cín (Sn)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	nikl (Ni)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	olovo (Pb)	<60 ppm	-	-	1	1	<1
	hliník (Al)	<20 ppm	-	-	<1	<1	<1
	chrom (Cr)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	měď (Cu)	<60 ppm	-	-	1	1	<1
	železo (Fe)	<50 ppm	-	-	1	2	1
Kontaminace/ aditiva (ppm)	draslík (K)	<1	-	-	<1	<1	<1
	hořčík (mg)	<1	-	-	1	<1	<1
	molybden (Mo)	<1	-	-	<1	<1	<1
	sodík (Na)	<1	-	-	1	2	<1
	vápník (Ca)	50	-	-	40	31	34
	křemík (Si)	<1	-	-	1	<1	<1
	fosfor (P)	>200	-	-	323	267	300
	zinek (Zn)	>200	-	408	441	316	375
	Filtrace/výměna		-	Filtrace	Filtrace	Filtrace	Filtrace



Graf 5.7 Kinematická viskozita lisu 80



Graf 5.8 Kód čistoty dle NAS 1638 lisu 80



Graf 5.9 Obsah zinku lisu 80

Jediný zástupce společnosti Engel mezi vybranými lisy je v podniku nasazen od léta roku 2006, a proto se neúčastnil dřívějšího odběru. Zatím každý rok došlo k filtraci oleje vinou zvýšeného kódu čistoty podle NAS 1638 až na hodnotu 11 v roce 2008. Mezi vybranými stroji je také jediným zástupcem používajícím olej Esso Nuto H 68. Kinematická viskozita měla sestupnou tendenci až do roku 2008, kdy klesla až na hodnotu $59,93 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Jednalo se již o hraniční hodnotu s odchylkou cca 13,5%. Počet aditivních prvků klesal do stejného roku jako viskozita. Pravděpodobně byl do nádrže dolit nový olej, a proto jsou při měření v roce 2009 hodnoty viskozity, zinku, fosforu a vápníku vyšší. Hodnoty otěrových kovů jsou v pořádku.

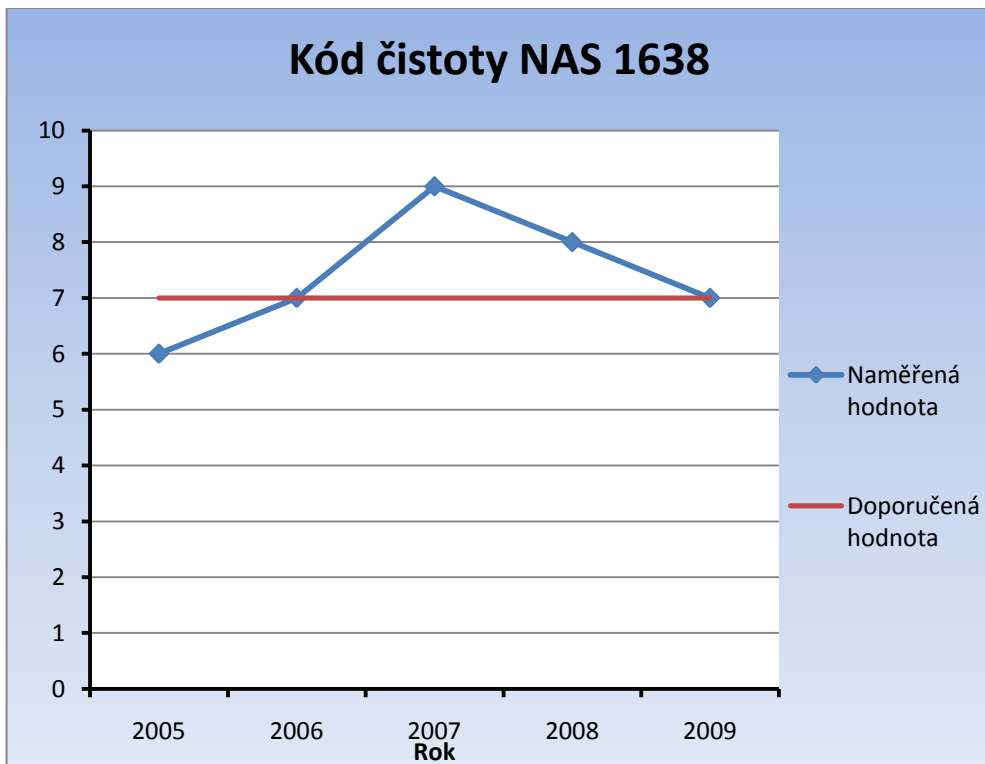
5.4 Arburg A23

Tab. 5.4 Tabulka naměřených hodnot od roku 2005 pro lis A23 [14]

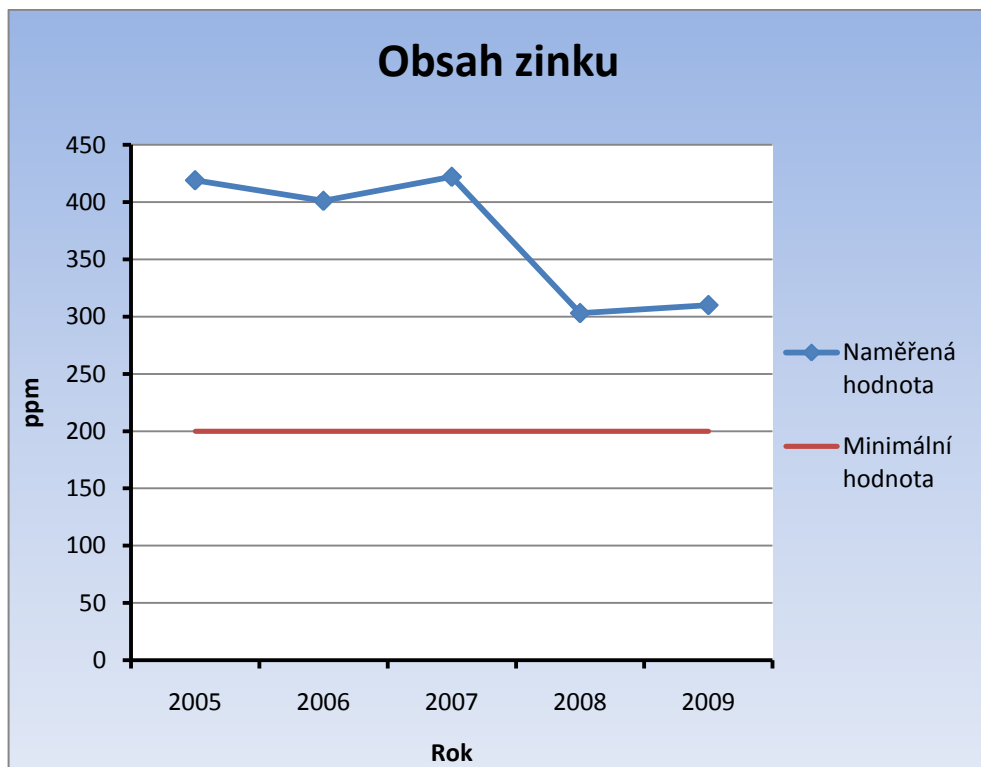
A23		doporučené hodnoty	2005	2006	2007	2008	2009
	typ oleje	Nuto H					
	viskozitní třída oleje	46					
Fyzikální testy	obsah vody	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	k.viskozita při 40°C(mm ² .s ⁻¹)	+/-15%	46,94	46,59	46,72	47,32	46,00
Kód čistoty	kód čistoty NAS 1638	7-8	6	7	9	8	7
	kód čistoty ISO 4406/99		-	-	18/16/14	17/15/13	16/15/12
Kovy	cín (Sn)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	nikl (Ni)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	olovo (Pb)	<60 ppm	-	-	<1	<1	<1
	hliník (Al)	<20 ppm	-	-	<1	<1	<1
	chrom (Cr)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	měď (Cu)	<60 ppm	-	-	348	351	299
	železo (Fe)	<50 ppm	-	-	11	33	49
Kontaminace/ aditiva (ppm)	draslík (K)	<1	-	-	1	1	<1
	hořčík (mg)	<1	-	-	<1	1	<1
	molybden (Mo)	<1	-	-	<1	<1	<1
	sodík (Na)	<1	-	-	3	6	<1
	vápník (Ca)	50	-	-	51	49	54
	křemík (Si)	<1	-	-	<1	1	<1
	fosfor (P)	>200	-	-	329	311	332
	zinek (Zn)	>200	314	412	338	303	310
	Filtrace/výměna		-	-	Filtrace	Filtrace	Filtrace



Graf 5.10 Kinematická viskozita lisu A23



Graf 5.11 Kód čistoty dle NAS 1638 lisu A23



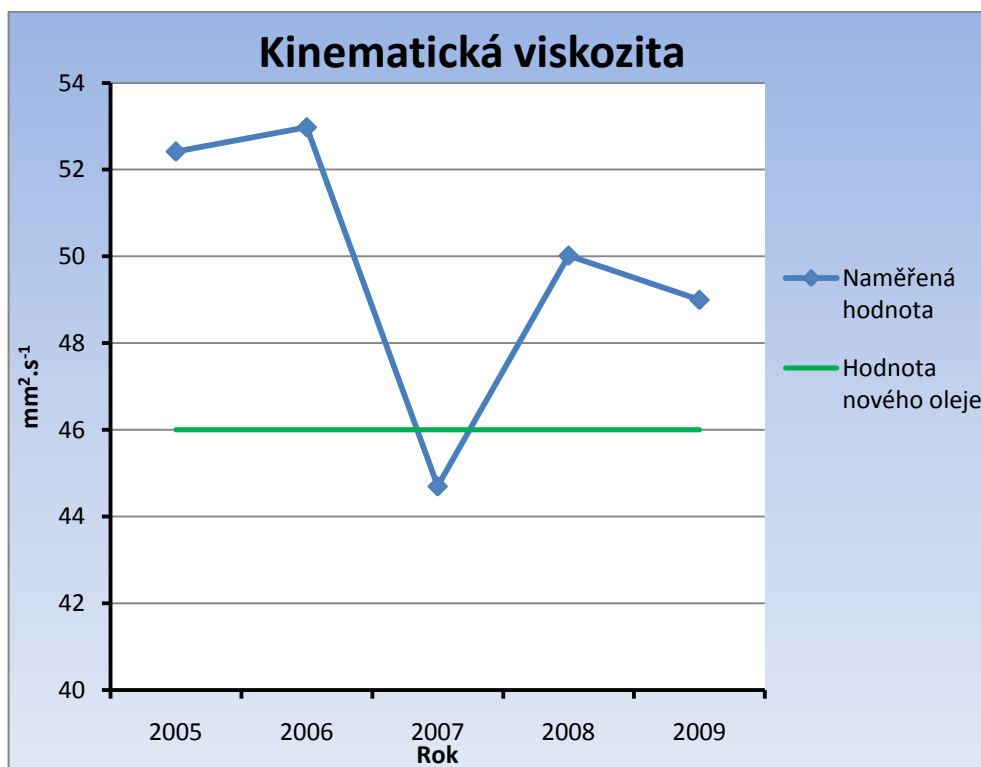
Graf 5.12 Obsah zinku lisu A23

U lisu A23 je kód čistoty po celou dobu rozborů velice dobrý až na rok 2007, kdy byl podle NAS 1638 mírně zvýšený na hodnotu 9. Kinematická viskozita neklesla během provozu pod $46 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší naměřená hodnota je $47,32 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ v roce 2008, což je odchylka zhruba 2,9% oproti hodnotě udávané výrobcem. Obsah aditivních prvků se pohybuje v normálu. Obsah mědi a železa je i přes každoroční filtrování (od roku 2007) stále velice vysoký. I přes doporučení neproběhly v roce 2009 a prozatím v roce 2010 odběry ve zkráceném termínu.

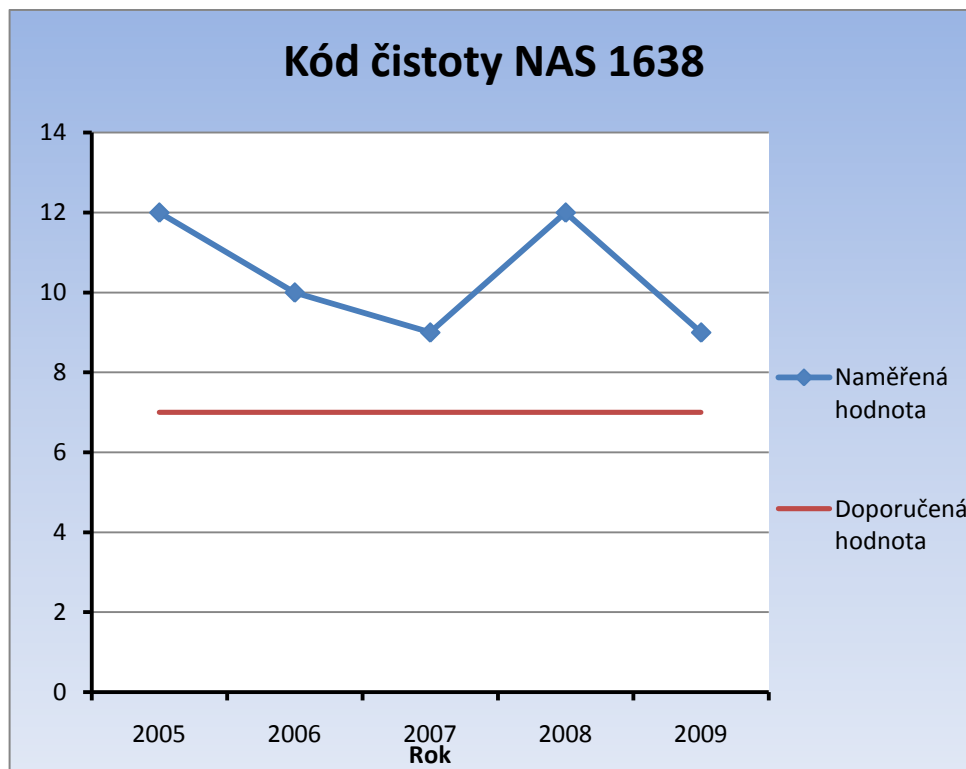
5.5 Krauss-Maffei KM150

Tab. 5.5 Tabulka naměřených hodnot od roku 2005 pro lis KM150 [14]

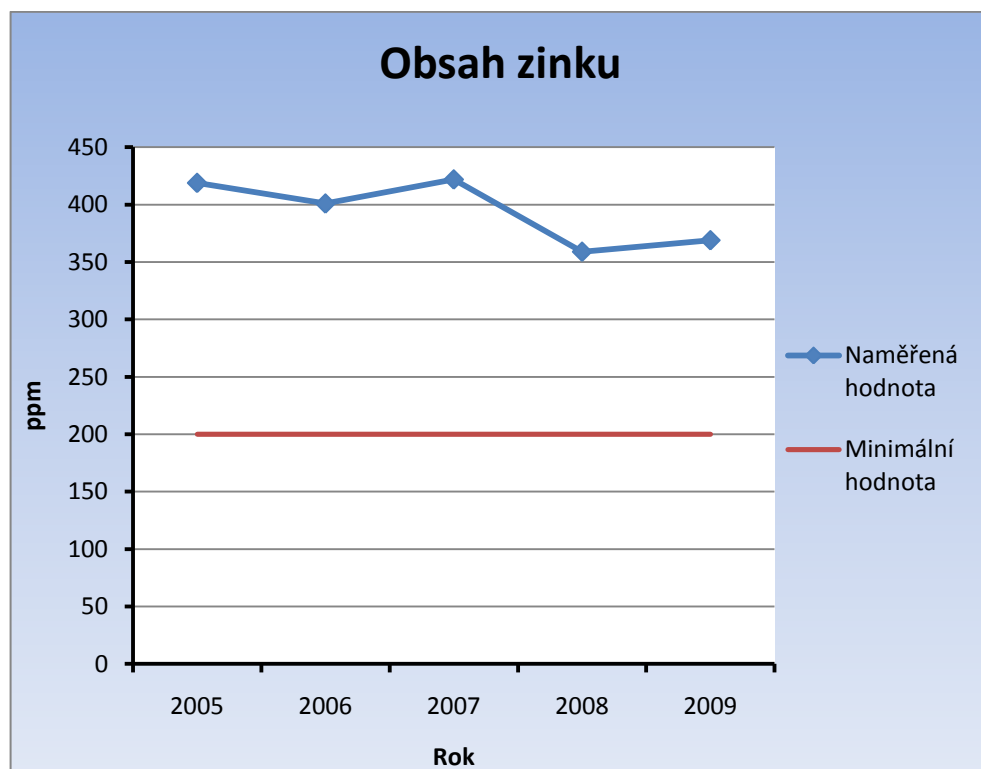
KM150		doporučené hodnoty	2005	2006	2007	2008	2009
	typ oleje	Nuto H					
	viskozitní třída oleje	46					
Fyzikální testy	obsah vody	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	k.viskozita při 40°C(mm ² .s ⁻¹)	+/-15%	52,42	52,98	44,7	50,02	49,00
Kód čistoty	kód čistoty NAS 1638	7-8	12	10	9	12	9
	kód čistoty ISO 4406/99		-	-	18/16/13	21/18/14	18/16/12
Kovy	cín (Sn)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	nikl (Ni)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	olovo (Pb)	<60 ppm	-	-	1	<1	<1
	hliník (Al)	<20 ppm	-	-	<1	<1	<1
	chrom (Cr)	<10 ppm	-	-	<1	1	<1
	měď (Cu)	<60 ppm	-	-	7	3	5
	železo (Fe)	<50 ppm	-	-	1	2	4
Kontaminace/ aditiva (ppm)	draslík (K)	<1	-	-	<1	<1	<1
	hořčík (mg)	<1	-	-	<1	<1	<1
	molybden (Mo)	<1	-	-	<1	<1	<1
	sodík (Na)	<1	-	-	<1	1	<1
	vápník (Ca)	50	-	-	38	40	42
	křemík (Si)	<1	-	-	<1	<1	1
	fosfor (P)	>200	-	-	317	288	315
	zinek (Zn)	>200	419	401	422	359	369
	Filtrace/výměna		Filtrace	Výměna	-	Filtrace	Filtrace



Graf 5.13 Kinematická viskozita lisu KM150



Graf 5.14 Kód čistoty dle NAS 1638 lisu KM150



Graf 5.15 Obsah zinku lisu KM150

Kód čistoty se po celou dobu měření pohybuje ve velmi vysokých hodnotách. Olej byl filtrován v letech 2005, 2008 a 2009. K výměně olejové náplně došlo v roce 2006. Kinematická viskozita se pohybuje až na rok 2007 vysoko nad hodnotou udávanou výrobcem, a to až o cca 15,2% po měření v roce 2006. Můžeme si také všimnout její závislosti na kódu čistoty. Obsah aditivních prvků je v normálu. Zinek se pohybuje v rozmezí 422 ppm až 359 ppm. Obsah mědi a železa je zvýšený. Železo dokonce dvojnásobně od posledního rozboru.

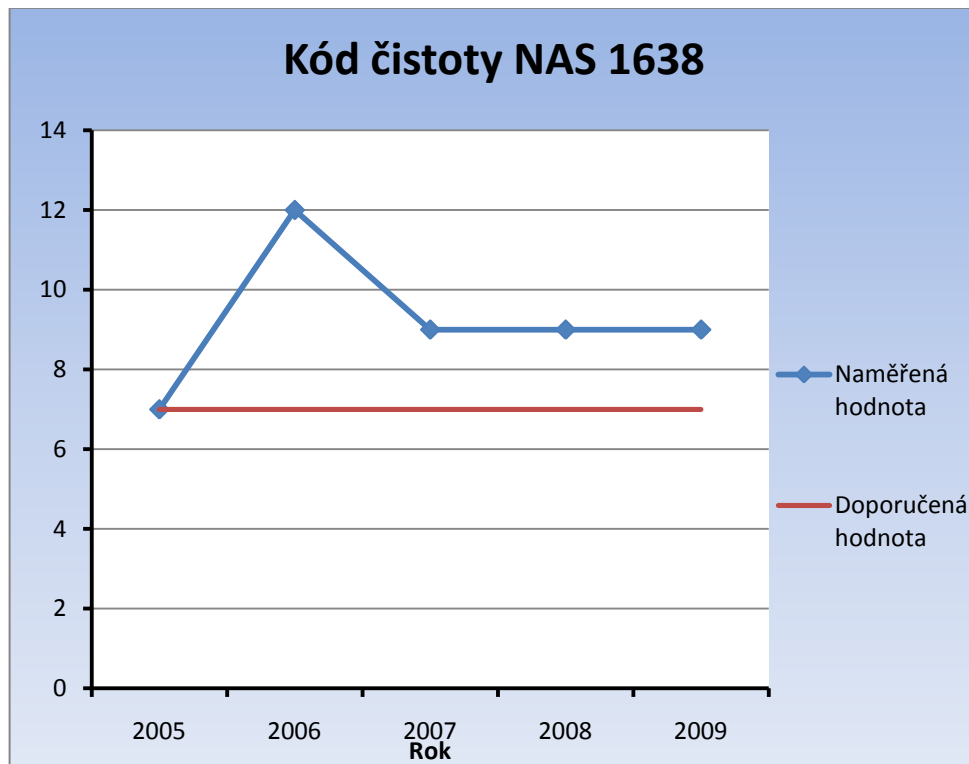
5.6 Arburg A38

Tab. 5.6 Tabulka naměřených hodnot od roku 2005 pro lis A38 [14]

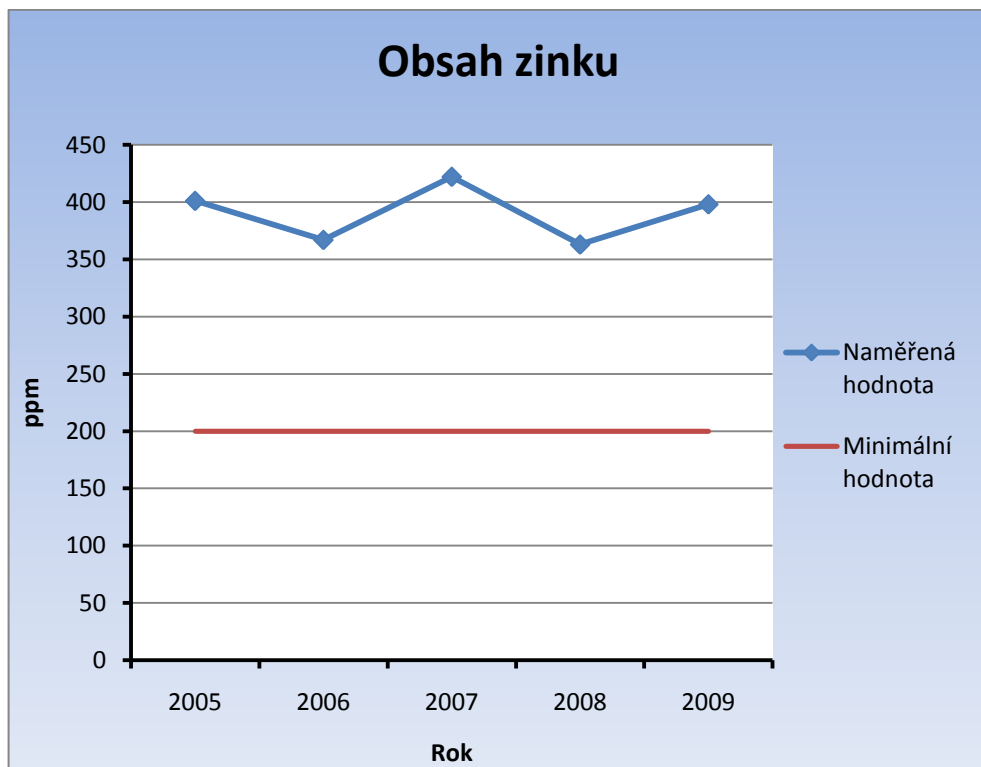
A38		doporučené hodnoty	2005	2006	2007	2008	2009
	typ oleje	Nuto H					
	viskozitní třída oleje	46					
Fyzikální testy	obsah vody	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	k.viskozita při 40°C(mm ² .s ⁻¹)	+/-15%	45,87	45,05	44,46	45,12	43,00
Kód čistoty	kód čistoty NAS 1638	7-8	7	12	9	9	9
	kód čistoty ISO 4406/99		-	-	18/16/12	17/16/13	18/17/14
Kovy	cín (Sn)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	nikl (Ni)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	olovo (Pb)	<60 ppm	-	-	<1	1	<1
	hliník (Al)	<20 ppm	-	-	<1	<1	<1
	chrom (Cr)	<10 ppm	-	-	<1	<1	<1
	měď (Cu)	<60 ppm	-	-	8	5	2
	železo (Fe)	<50 ppm	-	-	1	2	2
Kontaminace/ aditiva (ppm)	draslík (K)	<1	-	-	<1	<1	<1
	hořčík (mg)	<1	-	-	<1	<1	<1
	molybden (Mo)	<1	-	-	<1	<1	<1
	sodík (Na)	<1	-	-	<1	1	<1
	vápník (Ca)	50	-	-	38	35	35
	křemík (Si)	<1	-	-	<1	<1	<1
	fosfor (P)	>200	-	-	316	293	323
	zinek (Zn)	>200	401	367	422	363	398
	Filtrace/výměna		-	Výměna	-	-	Filtrace



Graf 5.16 Kinematická viskozita lisu A38



Graf 5.17 Kód čistoty dle NAS 1638 lisu A38



Graf 5.18 Obsah zinku lisu A38

Kód čistoty se během roku 2006 zhoršil dle NAS 1638 o pět stupňů. V následujících letech se drží na hodnotě 9. Dále můžeme podle ISO 4406/99 pozorovat zvyšování částic menších než $14 \mu\text{m}$ v letech 2007 až 2009. Kinematická viskozita má klesající hodnotu až na současných $43 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, což činí rozdíl cca 7% oproti novému oleji. Obsah zinku se drží okolo 400 ppm. Obsah fosforu kolem 300 ppm. Ostatní aditiva jsou v pořádku. Obsah mědi je zvýšený, ale má klesající tendenci až na současných 2 ppm. Obsah železa je také zvýšený. Olej byl v roce 2006 měněn. Filtrace byla doporučena v letech 2007 a 2009.

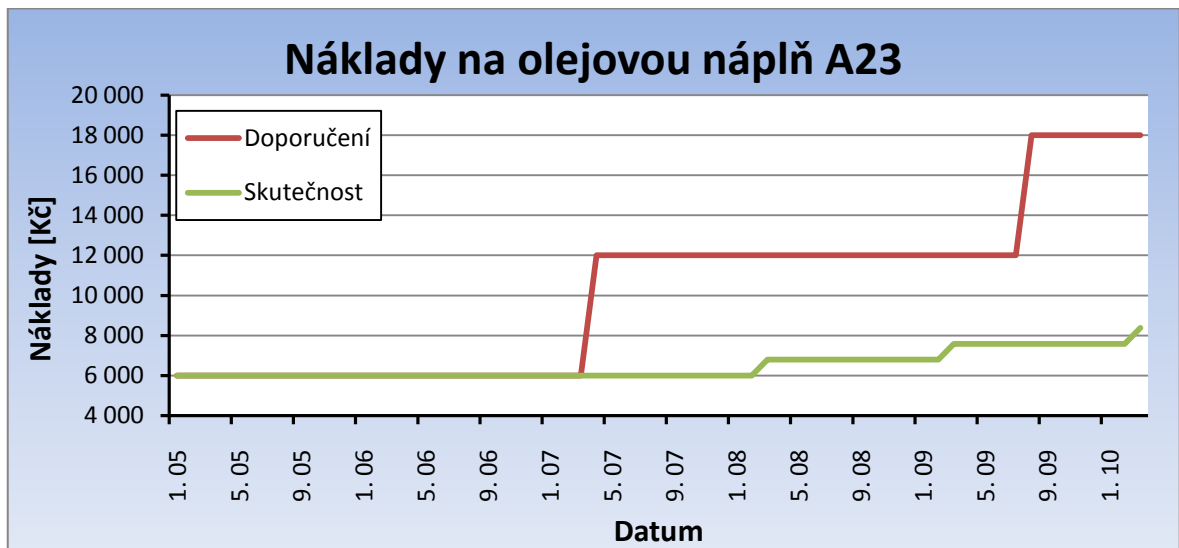
6 Ekonomické zhodnocení

Pro ekonomické zhodnocení budeme uvažovat, že olej ve všech strojích byl nový na začátku roku 2005. Jednak pro lepší počítání a hodnocení a jednak také z důvodu, že nejsou dokumentovány žádné výměny olejové náplně před tímto datem. Při určování cen budeme vycházet z tabulky 6.1, ve které je ceník jednotlivých prací prováděných firmou Bloch servis s.r.o.. Do ekonomického zhodnocení zahrneme pouze lis s nejmenším objemem olejové nádrže, lis s největším objemem olejové nádrže, všechny vstříkovací lisy v podniku a lis po havárii.

Tab. 6.1 Ceny za služby [14]

Odčerpání, filtrování a zpětné načerpání oleje	do 500 l	6,60 Kč/l
	nad 500 l	5,70 Kč/l
Odstranění vody z oleje (vakuová filtrace)	do 500 l	9,80 Kč/l
	nad 500 l	9,00 Kč/l
Načerpání nového oleje včetně filtrace	oleje ESSO, Mobil	0 Kč/l
	ostatní oleje	3,50 Kč/l
Výměna filtračních vložek		(+)200 Kč/stroj
Čištění nádrže- jako součást filtrace		500 Kč/stroj
Nuto H 46	sud 205 l	50 Kč/l
Nuto H 68	sud 205 l	50 Kč/l

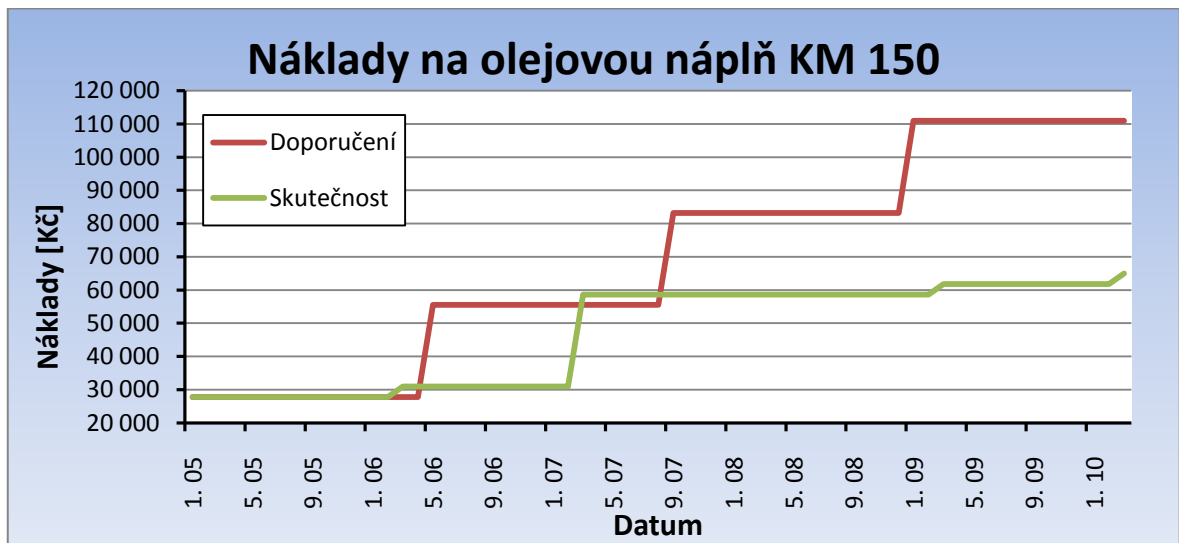
6.1 Lis s nejmenším objemem olejové nádrže A23



Graf 6.1 Náklady na olejovou náplň A23

Graf 6.1 znázorňuje náklady na provoz skutečné a náklady na provoz dle doporučení výrobce vstřikolisu. Společnost Arburg doporučuje výměnu olejové náplně pro své nové lisy po 20 000 hodinách provozu. Budeme – li uvažovat nepřetržitý provoz, to je 24 hodin denně po celý rok, dosáhneme daného počtu hodin za 28 měsíců provozu. Objem olejové nádrže je 120 l a při ceně 50 Kč/litr dle Tab. 6.1 vypočítáme náklady na jedno naplnění na 6 000 Kč. Za sledované období (celkem 63 měsíců) by došlo dle doporučení ke dvěma výměnám oleje. S náklady na první naplnění se tedy dostáváme na částku 18 000 Kč. Na základě rozborů oleje byla poprvé v roce 2007 provedena filtrace. V grafu je záměrně započítána až na 38 měsíc provozu (k filtracím a výměnám dochází až v únoru či březnu následujícího roku). Cena filtrace činí pro tuto nádrž 792 Kč. K filtraci došlo ještě v roce 2008 (měsíc 50) a i v roce 2009 (měsíc 62). Celkem se za filtrace na tomto lise zaplatilo 2 376 Kč, čímž se náklady na olejovou náplň včetně prvního naplnění vyhouply na 8 376 Kč. Jednoduchým odpočtem si určíme úsporu, která činí 9 624 Kč.

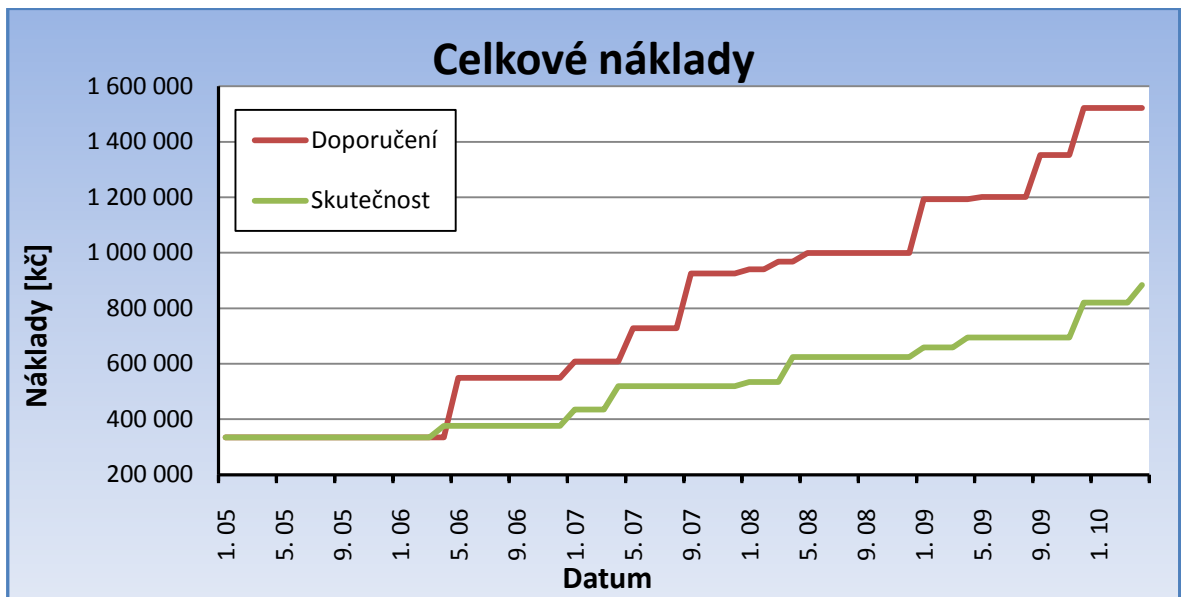
6.2 Lis s největším objemem olejové nádrže KM 150



Graf 6.2 Náklady na olejovou náplň KM 150

U grafu 6.2 vidíme opět doporučené náklady a náklady skutečné. Vzhledem k okolnosti, že výrobce vstřikovacích lisů Krauss-Maffei doporučuje výměnu oleje na základě vyhodnocení provedených tribodiagnostických zkoušek, zvolil jsem doporučenou dobu výměny 12 000 hodin provozu. Tato doba byla zvolena na základě doporučení zaměstnance společnosti Bloch servis s.r.o., který oleje do podniku dodává. Při opětovném uvažování nepřetržitého provozu se dostáváme na interval výměny každých 16 měsíců. Objem olejové nádrže tohoto lisu je 555 l a při ceně 50 Kč/litr stojí jedno naplnění 27 750 Kč. Za danou dobu provozu by došlo již ke třem výměnám (počítáno do března 2010). A celkové náklady by činily i s prvním naplněním 110 000 Kč. Na základě rozborů oleje dochází k první filtraci již po 14 – ti měsících provozu. Cena jedné filtrace činí při objemu nad 500 l s cenou 5,70Kč/litr celkové sumy 3 163,50 Kč. V roce 2006 již vlivem nečistot a především viskozity došlo k výměně olejové náplně a celkové náklady se dostaly na částku 58 663,50 Kč. Další filtrace proběhly v roce 2008 a 2009. Celkem se tedy náklady na údržbu olejové náplně na lise KM 150 dostaly na 64 990,50 Kč k březnu 2010. Opět můžeme jednoduchým odečítáním určit úspory, které činí v tomto případě 46 009,50 Kč.

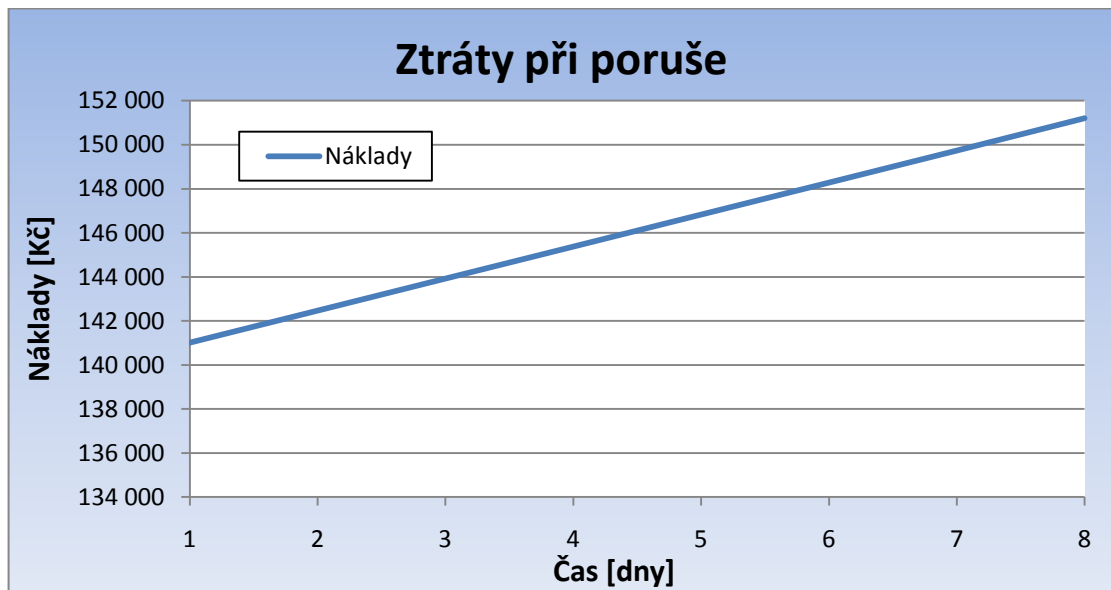
6.3 Celkové zhodnocení na vstříkovně plastů



Graf 6.3 Celkové náklady na vstříkovně plastů

Na dalším grafu opět pro zjednodušení uvažuji naplnění všech vstříkolisů v lednu 2005. Jednalo se o 30 lisů s celkovým objemem 6 700 litrů oleje. Při ceně 50 Kč/litr byly náklady na první naplnění 335 000 Kč. Pořízení nových lisů a jejich první naplnění zahrnuji vždy do prosince daného roku. Uvažuji naplnění novým olejem. Platby za filtrace jsou do nákladů zahrnuty vždy na březen následujícího roku, kdy k filtraci došlo. Doporučené výměny oleje uvažuji následujícím způsobem. Pro lisy Engel 14 měsíců, pro lisy Krauss-Maffei 16 měsíců a pro lisy Arburg 28 měsíců. K dalšímu navýšení nákladů dochází pořizováním nových lisů. Celkem by se tedy doporučené náklady k březnu 2010 dostaly na částku 1 521 750 Kč. Při posuzování skutečných nákladů si můžeme všimnout prvního zvýšení po 15 – ti měsících provozu, kdy došlo k první filtraci a výměně olejů. To je také jediná část grafu, kdy jsou skutečné náklady vyšší, než kdybychom se řídili doporučením. Skutečné náklady se zvyšují vždy v prosinci vlivem pořízení nových lisů a následně v březnu vlivem filtrací a výměn oleje. Do března 2010 se skutečné náklady dostaly na částku 883 943 Kč. Úspora tedy činí 637 807 Kč.

6.4 Ztráty při poruše



Graf 6.4 Ztráty při poruše

Tento graf se opět týká lisu KM 150, na němž v srpnu 2009 došlo k poruše hydrogenerátoru. Graf začíná na částce 141 018,8 Kč, v okamžiku poruchy, což jsou náklady na nové čerpadlo s příslušenstvím a odborný servisní zásah. Setkáváme se zde s pojmem kapacitní hodiny stroje, což je v podstatě ztráta, kterou podnik zaznamenává každou minutou, kdy stroj nejede jak má. V tomto konkrétním případě pro tento konkrétní stroj je to 1,01 Kč/min. Při uvažování 24 hodinového provozu se dostaneme na částku 1 454,4 Kč/den.

7 Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval vlivem tribotechnické diagnostiky na ekonomiku provozu ve zvoleném podniku. V první části jsem popsal podnik a vybral šest lisů, kterými se tato práce zabývá. Určil jsem požadavky na hydraulické kapaliny a popsal jednotlivé prováděné zkoušky.

V praktické části jsem vytvořil pro jednotlivé lisy tabulky naměřených hodnot od roku 2005 do současnosti. Graficky jsem zpracoval kód čistoty podle NAS 1638, kinematickou viskozitu při 40 °C a obsah zinku. Ekonomické zhodnocení bylo provedeno na lise s nejmenším a největším objemem olejové nádrže, na celém oddělení lisovny plastů a u lisu, kde došlo k poruše hydrogenerátoru. Z výsledků jednoznačně vyplývá přínos tribodiagnostiky na ekonomiku provozu, kdy úspory na celém oddělení činí od roku 2005 téměř 40 %. Zároveň je ovšem nutné dbát na pravidelnou kontrolu s cílem zajistit bezporuchový provoz strojů.

Na základě všech zjištěných informací jsem vytvořil souhrn několika dalších doporučení pro další provoz:

Filtrování oleje do olejové nádrže

Nový olej čerpaný do olejové nádrže může mít kód čistoty dle ISO 4406/99 až 20/18/15 [17], což je pro různé prvky hydraulického obvodu (jako jsou například servoventily) nepřijatelná hodnota. Proto je při každém naplňování či doplňování nutné olej do nádrže filtrovat.

Počet a rozložení rozborů

Jeden rozbor ročně bohužel příliš nevyovídá o procesech, které se dějí v hydraulickém obvodu. Vzhledem k faktu, že tento jeden rozbor poskytuje firma Bloch servis s.r.o. zdarma, doporučuji dohodnout smlouvu na druhý placený rozbor.

Výměna hydraulických hadic

Podnik by měl dbát na výrobci udávané hodnoty výměn hydraulických hadic. Při současném stavu výměny po poruše se do hydraulického systému dostane těsně před samotnou poruchou obrovské množství nečistot. Doporučuji vytvořit plán výměn hadic, který by mohl vypadat následovně: Hadice by se měnily každých pět let provozu. Při současném stavu 45 vstřikovacích lisů by to bylo 9 strojů každý rok. Plánování výroby a logistika by objednaly náhradní díly a vyčlenily několik dnů na výměnu.

Obsah vody

V tuto chvíli se voda určuje pomocí FTIR a hodnota by neměla přesáhnout 0,1 %, To je v přepočtu na ppm 1 000 ppm. Dle dnes všeobecně přijatých doporučení by hodnota vody neměla přesáhnout hodnotu 500 ppm, některé zdroje uvádí dokonce 200 ppm. Doporučuji nechat měřit vodu Coulometricky a udávat v ppm.

Vzhledem k vysokým kódům čistoty byl proveden dodatečný rozbor za účelem nalezení příčiny znečištění. Pro tento rozbor byl zvolen lis A46, jako lis s nejvyšším kódem čistoty, který nebyl filtrován. Rozbor byl proveden firmou Koma – Servis s.r.o.. Na základě neprůkazného dodatečného rozboru doporučuji provést rozbor z olejového filtru. Vzhledem k vysokému obsahu mědi by bylo dobré zkontrolovat ložiska a uložení kluzných ploch.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu Ing. Ladislavu Hrabcovi Ph.D, za cenné rady a připomínky při vypracovávání této práce. Dále vedení a zaměstnancům podniku, pro který byla tato práce zpracována za vstřícný přístup a ochotu poskytnout řadu citlivých informací. Potom také panu Ing. Gellnerovi a paní Haburové z firmy Koma – Servis s.r.o. za možnost ucelení poznatků dané problematiky a provedení specifického rozboru.



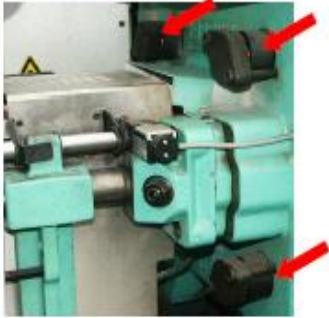
8 Seznam použité literatury

- [1] *Alldrive : Allrounder A* [online]. Německo : ARBURG GmbH + Co KG, 2010 [cit. 2010-03-05]. Dostupné z WWW: <http://www.arburg.com/com/common/download/Web_528896_CZ.pdf>.
- [2] *Plasticmaschinen.de* [online]. 3.2.2005 [cit. 2010-03-05]. Lagerliste der Spritzgussmaschinen. Dostupné z WWW: <<http://www.plasticmaschinen.de/>>.
- [3] LENFELD, Petr. *Ksp.tul.cz* [online]. 26.11.2008 [cit. 2010-03-05]. Vstřikování plastů. Dostupné z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm#043>.
- [4] *Kubousek.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-03-05]. Řada CX. Dostupné z WWW: <<http://www.kubousek.cz/cz/page/kraussmaffei-br-vstrikovaci-stroje-/produkty-rada-cx>>.
- [5] Fluidní technika : Průmyslová hydraulika - základy. In *Fluidní technika průmyslová hydraulika - základy*. Brno : Bosh Rexroth, spol. s r.o., 2006. s. 257.
- [6] *Ebeso.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-03-12]. Hydraulické oleje. Dostupné z WWW: <http://www.ebeso.cz/prumyslove-oleje/11-hydraulicke_oleje.html>.
- [7] *Vistec.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-03-23]. Technické informace. Dostupné z WWW: <<http://www.vistec.cz/>>.
- [8] HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D., *Technická diagnostika a spolehlivost I – Tribodiagnostika*. 1.vydání, Ostrava, VŠB-TU Ostrava, 2001, 155 stran, ISBN 80-7078-883-6
- [9] *Thermofisher.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-03-23]. Coulometr WTK. Dostupné z WWW: <http://www.thermofisher.cz/eshop/8020_1050.html>.
- [10] *Lockheedmartin.com* [online]. 2010 [cit. 2010-03-23]. LaserNet Fines (LNF). Dostupné z WWW: <<http://www.lockheedmartin.com/products/LaserNetFines/index.html>>.
- [11] NOVÁČEK, Vladimír. *Tribotechnika.sk* [online]. 2010 [cit. 2010-03-23]. Sledování znečištění průmyslových olejů. Dostupné z WWW: <<http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-22009/sledovani-znecisteni-prumyslovych-oleju.html>>.



- [12] *Continental-filters.co.za* [online]. 16.7.2009 [cit. 2010-03-23]. Iso.png. Dostupné z WWW: <<http://www.continental-filters.co.za/images/iso.png>>.
- [13] *Wikipedia.org* [online]. 2.12.2006, 17.1.2010 [cit. 2010-05-04]. ICP-OES. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/ICP-OES>>.
- [14] *Interní materiály podniku*
- [15] HUDCOVIČ, Martin. *Využití optimalizace vstřikovacího procesu při výrobě plastových dílů* [online]. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. 110 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Dostupné z WWW: <[http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/labcv/labor/res_stanoveni_viskozity_rozto ku/teorie.htm](http://portal.utb.cz/wps/portal/!ut/p/c5/hY5BT4QwFIR_kXnPUln2iLiRCi1b267ApSHRmCWyoFZY-uuFRI-rM8fJzHxQw-JTMx5fG3fsT80blFCH9k4W2T6JKEbbkCBDQZOMF4hRsORVaJP7OKWbHLEgB0QibpREowJkwT_tJyiRWtVGA59dmftk1K2XKFp55roiwpJu3z_fHg0t3F8ZX2ZL516Xf3rc83xgmIEkfbdc1RQby6xZYSC_mGb-y-lzg9bE7prZo3TcubtysYm8cEnoXeB8DsUTv9yvnfss4ChM-OQTVgNf6cNWg!/dl3/d3/L0IDU0IKSkthWWtLQ2xFS0NsRUtDbEVLQ2xFWSEvWUdVSUFBSUIJSU1NQ0tDRUFBSUFDR0ILQUdJT0JKQkpPQkZORk5PRkRMRExPREhQSFBPSEFpRUFNQUFBLzRDMWI5V19OcnhRREVTWk1KUKnreVITaEZKa29sR0tUSnhLQ1FBISEvN19EUU9LUEM4NDA4OTYyMEkwTjRDS01PMEsyNC8xMzE0NDQ4MzgwMDkvc3RhdGVZXkvLTkyMjMzNzIwMzY4NTQ3NzQxMzEvcHJvaGxpemVuaUFjdGlubi9jei56Y3Uuc3RhZy5wb3J0bGV0czE2OC5wcm9obGl6ZW5pLnByYWNILiByYWNIRGV0YWlsQWN0aW9uL3ByYWNISWRuby84NDIzL2RldGFpbC9wcmFjZUluZm8!/>. </p><p>[16] <i>Vscht.cz</i> [online]. 20.2.2009 [cit. 2010-05-04]. Stanovení viskozity roztoků – teoretická část. Dostupné z WWW: <.
- [17] Podkladové materiály firmy Koma – Servis s.r.o.

9 Seznam příloh

- Příloha A: Plán údržby lisu A1
Příloha B: Tabulka nákladů na lis A23
Příloha C: Tabulka nákladů na lis KM150
Příloha D: Tabulka výměn a filtrací na vstříkovně plastů
Příloha E: Tabulka celkových nákladů na vstříkovně plastů
Příloha F: Výsledky dodatečného rozboru

Plán údržby stroje - TPM				
Číslo stroje: 1		Název, typ: Arburg 220S - 150 - 60		
Středisko: 220		Úroveň: 2	Vydání: 1	
Bod čis.	Popis	Poznámka	Časový interval provedení	Provádí
5.		<p>Kontrola elektroinstalace vstřikovacího stroje</p> <ul style="list-style-type: none"> - přívodní kabel - el. přívody topení vstřikov. válce - pohyblivé přívody - pohyblivé přívody dávkovače - zásuvky 230V a 380V - vyčištění rozvaděče, prověření funkce chladiče a chladičích ventilátorů v el. rozvaděči 	měsíčně	údržba
6.		<p>Kontrola hydrauliky, pneumatiky, chlazení a dopravy granulátu.</p> <ul style="list-style-type: none"> - těsnost hydraulických ventilů, pístů (uzávěr, vyhazovač, suport) a hadic-útkapy - chladič rozvaděče stroje a přívod - čistota průtokoměrů - těsnost rozvaděče chlad. vody - kontrola přívodu stlačeného vzduchu, rozvodu a ofuk. pistole 	měsíčně	údržba
7.		<p>Kontrola mechanických částí</p> <ul style="list-style-type: none"> - odkrytování a vyčištění všech běžně nedostupných míst uzavírací jednotky stroje - stav závitů upínacích desek - dotažení vodicích sloupů (4x) - kontrola mazacích pouzder - vyvážení stroje <p>Kontrola vstřikovací jednotky</p> <ul style="list-style-type: none"> - demontáž šneku - vyčistit vstřik. komoru - rádius a opotřebení trysky (R14,5) - vystředění vstřikovací jednotky - spojka šneku 	ročně	údržba

Plán údržby stroje - TPM

Číslo stroje: 1		Název, typ: Arburg 220S - 150 - 60		
Středisko: 220		Úroveň: 2	Vydání: 1	
Bod čís.	Popis	Poznámka	Casovy interval provedení	Provádí
8.		Kontrola elektroinstalace stroje - dotažení topení vsřík. stroje - přetažení svorek v el.rozvadě-čích a zásuvek 230V; 380V - kontrola stavu přívodní pojistkové skříně, přetažení spojů	ročně	údržba
9.	Kontrola čistoty olejové náplně stroje.	Minimální požadovaná čistota oleje: NAS 8.	ročně	externí firma
10.	Výměna olejového filtru.	Provádí se až po filtraci nebo po výměně olejové náplně! Pozor ! Při výměně těsnění dutých šroubů olej. chladiče dotahuj šrouby momentovým klíčem ! !	ročně	údržba
11.	Výměna vzduchového filtru.	Provádí se až po filtraci nebo po výměně olejové náplně!	ročně	údržba
				
Vyhotovil:		Ověřil:		Schwálil:
Datum:		Datum:		Datum:
Podpis:		Podpis:		Podpis:

Příloha B: Tabulka nákladů na lis A23

Rok	Měsíc	Náklady dle doporučení (Kč)	Náklady skutečné (Kč)	Poznámka
2005	I.05	6000	6000	První naplnění lisu
	II.05	6000	6000	
	III.05	6000	6000	
	IV.05	6000	6000	
	V.05	6000	6000	
	VI.05	6000	6000	
	VII.05	6000	6000	
	VIII.05	6000	6000	
	IX.05	6000	6000	
	X.05	6000	6000	
	XI.05	6000	6000	
	XII.05	6000	6000	
2006	I.06	6000	6000	
	II.06	6000	6000	
	III.06	6000	6000	
	IV.06	6000	6000	
	V.06	6000	6000	
	VI.06	6000	6000	
	VII.06	6000	6000	
	VIII.06	6000	6000	
	IX.06	6000	6000	
	X.06	6000	6000	
	XI.06	6000	6000	
	XII.06	6000	6000	
2007	I.07	6000	6000	
	II.07	6000	6000	
	III.07	6000	6000	
	IV.07	12000	6000	Doporučená výměna oleje
	V.07	12000	6000	
	VI.07	12000	6000	
	VII.07	12000	6000	
	VIII.07	12000	6000	
	IX.07	12000	6000	
	X.07	12000	6000	
	XI.07	12000	6000	
	XII.07	12000	6000	

Rok	Měsíc	Náklady dle doporučení (Kč)	Náklady skutečné (Kč)	Poznámka
2008	I.08	12000	6000	
	II.08	12000	6000	
	III.08	12000	6792	Filtrace za rok 2007
	IV.08	12000	6792	
	V.08	12000	6792	
	VI.08	12000	6792	
	VII.08	12000	6792	
	VIII.08	12000	6792	
	IX.08	12000	6792	
	X.08	12000	6792	
	XI.08	12000	6792	
	XII.08	12000	6792	
2009	I.09	12000	6792	
	II.09	12000	6792	
	III.09	12000	7584	Filtrace za rok 2008
	IV.09	12000	7584	
	V.09	12000	7584	
	VI.09	12000	7584	
	VII.09	12000	7584	
	VIII.09	18000	7584	Doporučená výměna oleje
	IX.09	18000	7584	
	X.09	18000	7584	
	XI.09	18000	7584	
	XII.09	18000	7584	
2010	I.10	18000	7584	
	II.10	18000	7584	Filtrace za rok 2009
	III.10	18000	8376	
Úspora za sledované období			9624	

Příloha C: tabulka nákladů na lis KM150

Rok	Měsíc	Náklady dle doporučení (Kč)	Náklady skutečné (Kč)	Poznámka
2005	I.05	27750	27750	První naplnění lisu
	II.05	27750	27750	
	III.05	27750	27750	
	IV.05	27750	27750	
	V.05	27750	27750	
	VI.05	27750	27750	
	VII.05	27750	27750	
	VIII.05	27750	27750	
	IX.05	27750	27750	
	X.05	27750	27750	
	XI.05	27750	27750	
	XII.05	27750	27750	
2006	I.06	27750	27750	
	II.06	27750	27750	
	III.06	27750	30913,5	Filtrace za rok 2005
	IV.06	27750	30913,5	
	V.06	55500	30913,5	Doporučená výměna oleje
	VI.06	55500	30913,5	
	VII.06	55500	30913,5	
	VIII.06	55500	30913,5	
	IX.06	55500	30913,5	
	X.06	55500	30913,5	
	XI.06	55500	30913,5	
	XII.06	55500	30913,5	
2007	I.07	55500	30913,5	
	II.07	55500	30913,5	
	III.07	55500	58663,5	Výměna olejové náplně
	IV.07	55500	58663,5	
	V.07	55500	58663,5	
	VI.07	55500	58663,5	
	VII.07	55500	58663,5	
	VIII.07	55500	58663,5	
	IX.07	83250	58663,5	Doporučená výměna oleje
	X.07	83250	58663,5	
	XI.07	83250	58663,5	
	XII.07	83250	58663,5	

Rok	Měsíc	Náklady dle doporučení (Kč)	Náklady skutečné (Kč)	Poznámka
2008	I.08	83250	58663,5	
	II.08	83250	58663,5	
	III.08	83250	58663,5	
	IV.08	83250	58663,5	
	V.08	83250	58663,5	
	VI.08	83250	58663,5	
	VII.08	83250	58663,5	
	VIII.08	83250	58663,5	
	IX.08	83250	58663,5	
	X.08	83250	58663,5	
	XI.08	83250	58663,5	
	XII.08	83250	58663,5	
2009	I.09	111000	58663,5	Doporučená výměna oleje
	II.09	111000	58663,5	
	III.09	111000	61827	Filtrace za rok 2008
	IV.09	111000	61827	
	V.09	111000	61827	
	VI.09	111000	61827	
	VII.09	111000	61827	
	VIII.09	111000	61827	
	IX.09	111000	61827	
	X.09	111000	61827	
	XI.09	111000	61827	
	XII.09	111000	61827	
2010	I.10	111000	61827	
	II.10	111000	61827	
	III.10	111000	64990,5	Filtrace za rok 2009
Úspora za sledované období			46009,5	

Příloha D: Tabulka výměn a filtrací na vstříkovně plastů

	2005	2006	2007	2008	2009
	Objem nádrže v litrech				
A1	120	120	120	120	120
A10	125	125	125	125	125
KM15	X	X	X	X	170
A20	160	160	160	160	X
A21	120	120	120	120	120
A22	120	120	120	120	120
A23	120	120	120	120	120
A24	190	190	190	190	190
A25	120	120	120	120	120
KM28	170	X	X	X	X
KM29	170	X	X	X	X
KM30	170	170	170	170	170
KM31	170	170	170	170	170
KM32	X	170	170	170	170
KM33	X	170	170	170	170
KM34	X	X	X	220	220
A35	220	220	220	X	220
A36	220	220	220	X	220
A37	120	120	120	120	120
A38	220	220	220	220	220
KM39	X	X	X	X	170
KM40	280	280	280	280	280
E41	X	X	X	150	150
KM42	280	280	280	280	X
KM43	280	280	280	280	280
KM44	280	280	280	280	280
E45	X	X	X	150	150
A46	150	150	150	150	150
KM47	280	280	280	280	280
KM50	280	280	280	280	X
KM51	X	X	X	X	170
KM52	280	280	280	280	X
A56	160	160	160	160	160
KM59	X	280	280	280	X
KM61	340	340	340	340	340
KM63	340	340	340	X	X
KM65	X	X	X	X	270
KM66	X	X	X	X	270

	2005	2006	2007	2008	2009
	Objem nádrže v litrech				
KM67	X	X	X	X	270
E80	X	150	150	150	150
KM81	X	X	X	X	170
A100	X	X	X	175	175
A101	X	X	X	X	175
KM110	X	X	X	X	345
KM111	X	X	X	X	345
KM120	410	410	X	X	150
A130	250	250	250	250	250
KM150	555	555	555	555	555
E151	X	400	400	X	X
A200	X	X	290	290	290

Legenda	
X	Lis v podniku není
	doporučena filtrace
	Doporučená výměna
	Doporučená filtrace a vyčištění nádrže
	Doporučená výměna a vyčištění nádrže

Příloha E: Tabulka celkových nákladů na vstříkovně plastů

Rok	Měsíc	Náklady dle doporučení (Kč)	Náklady skutečné (Kč)	poznámka
2005	I.05	335000	335000	Naplnění všech lisů
	II.05	335000	335000	
	III.05	335000	335000	
	IV.05	335000	335000	
	V.05	335000	335000	
	VI.05	335000	335000	
	VII.05	335000	335000	
	VIII.05	335000	335000	
	IX.05	335000	335000	
	X.05	335000	335000	
	XI.05	335000	335000	
	XII.05	335000	335000	
2006	I.06	335000	335000	
	II.06	335000	335000	
	III.06	335000	376087,5	Filtrace za rok 2005
	IV.06	549250	376087,5	Doporučená výměna náplní u lisů KM
	V.06	549250	376087,5	
	VI.06	549250	376087,5	
	VII.06	549250	376087,5	
	VIII.06	549250	376087,5	
	IX.06	549250	376087,5	
	X.06	549250	376087,5	
	XI.06	549250	376087,5	
	XII.06	607750	434587,5	Příchod nových strojů
2007	I.07	607750	434857,5	
	II.07	607750	434857,5	
	III.07	607750	519749,5	Filtrace za rok 2006
	IV.07	728500	519749,5	Doporučená výměna náplní u lisů Arburg
	V.07	728500	519749,5	
	VI.07	728500	519749,5	
	VII.07	728500	519749,5	
	VIII.07	925750	519749,5	Doporučená výměna náplní u lisů KM
	IX.07	925750	519749,5	
	X.07	925750	519749,5	
	XI.07	925750	519749,5	
	XII.07	940250	534249,5	Příchod lisu A200

Rok	Měsíc	Náklady dle doporučení (Kč)	Náklady skutečné (Kč)	poznámka
2008	I.08	940250	534249,5	
	II.08	967750	534249,5	Doporučená výměna náplní u lisů Engel (příchod XII. 06)
	III.08	967750	624155	Filtrace za rok 2007
	IV.08	998750	624155	Doporučená výměna náplní u lisů KM (příchod XII. 06)
	V.08	998750	624155	
	VI.08	998750	624155	
	VII.08	998750	624155	
	VIII.08	998750	624155	
	IX.08	998750	624155	
	X.08	998750	624155	
	XI.08	998750	624155	
	XII.08	1193250	658905	Příchod nových strojů + Výměna náplní u lisů KM (původních)
2009	I.09	1193250	658905	
	II.09	1193250	658905	
	III.09	1193250	695208,5	Filtrace za rok 2008
	IV.09	1200750	695208,5	Doporučená výměna náplní u lisů Engel (příchod XII. 06)
	V.09	1200750	695208,5	
	VI.09	1200750	695208,5	
	VII.09	1200750	695208,5	
	VIII.09	1352500	695208,5	Doporučená výměna náplní lisů Arburg (původních) + KM (příchod XII. 06)
	IX.09	1352500	695208,5	
	X.09	1352500	695208,5	
	XI.09	1521750	820458,5	Příchod nových strojů
	XII.09	1521750	820458,5	
2010	I.10	1521750	820458,5	
	II.10	1521750	820458,5	
	III.10	1521750	883943	Filtrace za rok 2009
Úspora za sledované období			637807	

Příloha F: Výsledky dodatečného rozboru

A46		doporučené hodnoty	2010
	typ oleje	Nuto H	
	viskozitní třída oleje	46	
Fyzikální testy	obsah vody	<0.1	-
	k.viskozita při 40°C(mm ² /s)	+/-15%	-
Kód čistoty	kód čistoty NAS 1638	7-8	7
	kód čistoty ISO 4406/99		16/12
Kovy	cín (Sn)	<10 ppm	<1
	nikl (Ni)	<10 ppm	<1
	olovo (Pb)	<60 ppm	<1
	hliník (Al)	<20 ppm	<1
	chrom (Cr)	<10 ppm	<1
	měď (Cu)	<60 ppm	209
	železo (Fe)	<50 ppm	6