

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Seznam použitých symbolů a zkratk	08
1. Úvod	09
2. TEORETICKÁ ČÁST	
2.1 Základy oboru - Tribologie a Tribotechnika	10
2.2 Maziva – druhy, vlastnosti a složení	11
2.3 Průmyslová maziva	12
2.3.1 Druhy průmyslových maziv a jejich značení	13
2.3.2 Složení průmyslových maziv	14
2.3.2.1 Základové oleje	14
2.3.2.2 Aditiva - přísady do průmyslových olejů	18
2.3.3 Základní funkční vlastnosti průmyslových maziv	20
2.3.3.1 Hustota	20
2.3.3.2 Viskozita	21
2.3.3.3 Odparnost	22
2.3.3.4 Bod vzplanutí a bod hoření	23
2.3.3.5 Oxidace maziv	23
2.3.3.6 Mazací schopnost	23
2.3.3.7 Mazivost	23
2.4 Úloha maziv při tváření	24
2.4.1 Základní charakteristika tvářecího procesu - hlubokého tažení	24
2.4.2 Charakteristika maziv pro tváření	28
2.4.2.1 Požadavky na maziva pro tváření	28
2.4.2.2 Přísady používané ve tvářecích mazivech	29
2.4.3 Principy použití maziva pro tváření	30
2.4.3.1 Nanášení maziva před tvářením	30
2.4.3.2 Chování maziv během tváření	30
2.4.3.3 Odstranění maziva	31
2.4.3.4 Problematika likvidace tvářecích maziv	32
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	
3.1 Příprava měření	33
3.1.1 Úkol měření, popis experimentů	33
3.1.2 Použité materiály, přístroje a přípravky	34
3.1.3 Přípravné práce se vzorky	37
3.1.4 Vstupní podmínky testování	39
3.2 Postup měření	40
3.2.1 1. série měření při teplotě $35\pm 1^{\circ}\text{C}$	40
3.2.2 2. série měření při teplotě $20\pm 1^{\circ}\text{C}$	42
3.3 Zápis naměřených hodnot a výpočty	42
3.3.1 Tabulky odměřených hodnot	42
3.3.2 Výpočty a výsledné tabulky	42
3.3.2.1 Výpočet průměrných hodnot množství jednotlivých olejů na vzorcích	42

3.3.2.2	1.experiment – Sledování úbytku naneseného množství maziva v závislosti na čase a teplotě	43
3.3.2.3	2. experiment – Sledování sklonu ke skapávání maziva v závislosti na čase a teplotě	45
4.	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ A JEJICH DISKUZE	
4.1	1 experiment – Sledování úbytku naneseného množství maziva v závislosti na čase a teplotě	47
4.2	2 experiment – Sledování sklonu ke skapávání maziva v závislosti na čase a teplotě	50
5.	ZÁVĚR	53
6.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
7.	SEZNAM PŘÍLOH	58

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

A_{80}	%	tažnost pro zkušební těleso délky 80mm
D	-	smykový spád =gradient rychlosti
F_p	N	síla přidržovače
F_T	N	tažná síla
h	mm	výška vrstvy maziva
n	-	počet opakovaných měření
p	Mpa	tlakové zatížení
R_a	μm	drsnot povrchu
R_m	Mpa	mez pevnosti v tahu
$R_{p0,2}$	Mpa	smluvní mez kluzu při trvalém prodloužení 0,2%
$\bar{s}$	-	celková výběrová směrodatná odchylka
s	-	výběrová směrodatná odchylka (jednoho měření)
v	ms^{-1}	relativní rychlosti třecích partnerů
$\bar{x}$	-	aritmetický průměr
x_i	-	konkrétní hodnota jednoho měření
Δ	-	rozdíl naměřených nebo spočtených hodnot
μ	-	koeficient tření
η	mm^2s^{-1}	viskozita
ρ	kg.m^{-3}	hustota
τ	Mpa	smykové napětí
AC		označení typu tažného oleje - Anticorit
AW		přísada do maziv zlepšující ochranu proti vysokému tlaku a opotřebení
C		označení chemického prvku - uhlíku
EG		elektrolyticky pozinkovaný plech (Electro Galvanized)
EP		protizadírací přísady do maziv
DIN		deutscher Industrie Normen je soubor německých národních norem.
HDG		označení žárově pozinkovaného plechu (Hot Dip Galvanized)
ISO VG		označení norem Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
LCD		displej z tekutých krystalů anglicky Liquid crystal display
PCB		polychlorované bifenylly
Ppm		parts per million (z angličtiny, česky dílů či částic na jeden milion), je výrazem pro jednu miliontinu (celku)
RFM		označení typu tažného oleje - Renoform
VT		vysokotlaké přísady do maziv

1. ÚVOD

Díky skutečnosti, že výlisky karosářského typu zaujímají velký podíl na trhu, je výzkum v oblasti tribologických jevů a jejich hodnocení velice podporován a to nejen samotnými výrobci plechů a maziv, ale též podniky plechy zpracovávající. Jejich vzájemná spolupráce umožňuje hledat nové cesty řešení v oblasti výroby a zpracování plechů pro automobilový průmysl. Na základě této spolupráce se vyvíjejí stále nové a lepší typy maziv, jak z hlediska technologie, tak i z hlediska ekologické nezávadnosti a ekonomické výhodnosti a zároveň současně tak lze vyrábět a testovat nové materiály s upravenými parametry, které lépe vyhovují náročným požadavkům pro výrobu dílů karoserií automobilu.

Přesto je nabídka renomovaných firem v této oblasti daleko užší než u maziv strojních, popřípadě motorových olejů. Je to dáno jednak kratší historií potřeby a užitku mazání při výrobě rozměrných plochých výlisků a jednak jejich jednoúčelovostí a vysokými nároky na ně kladenými.

Informace o vhodnosti maziva pro tu, kterou výrobu jsou poměrně skoupé. Na produktových listech najdeme pouze popis nejzákladnějších parametrů maziva jako je jeho hustota, viskozita, teplota vzplanutí, náročnost odstraňování a informace o vzhledu, určení a kontraindikacích pro jednotlivé výrobní postupy. Nověji i jeho zdravotní a ekologická hlediska, především informace o jeho ekologické odbouratelnosti a pokyny pro jeho bezpečné skladování a bezpečnou manipulaci. Nedožíváme se nic podrobnějšího o složení a bohužel ani o odparnosti, která by mohla mít vliv na požadovanou vrstvu oleje, nanášenou na hlubokotažné plechy před tvářením. Především přesné informace o složení, tedy druh základového oleje, druhy a složení jednotlivých aditiv a jejich procentuální zastoupení, jsou firemním tajemstvím.

Tato bakalářská práce byla směřována do oblasti tribologie a to do speciální oblasti tvářecích maziv pro automobilový průmysl.

Na Katedře strojírenské technologie probíhá v této oblasti aplikovaný výzkum v rámci společného projektu „In-TECH“ mezi Technickou univerzitou v Liberci a předním českým výrobcem automobilů Škoda Auto, a.s. v Mladé Boleslavi, jako partnerem tohoto projektu. Téma bakalářské práce bylo navrženo pro potřeby partnerského podniku Škoda Auto, a.s. v Mladé Boleslavi, jejím cílem bylo najít odpovědi na otázky technologie výroby týkající se úbytku množství nanášených vybraných tvářecích olejů a jejich případného skapávání v podmínkách běžného provozu při tváření nepravidelných výlisků dílů karoserie automobilu. Výskyt možného jevu úbytku maziva společně se skapáváním je zajímavý právě z hlediska olejové vrstvy a její změny během časových prodlev při tváření v sériové výrobě a z toho vyplývajících problémů spojených s výrobními vadami způsobenými nedostatečným mazáním.

V experimentálním měření byly porovnávány jednotlivé typy olejů za daných teplotních a časových intervalů a vyhodnocován jejich sklon ke ztrátám úbytků množství maziva nanášeného na povrch substrátu a také jejich sklon ke skapávání.

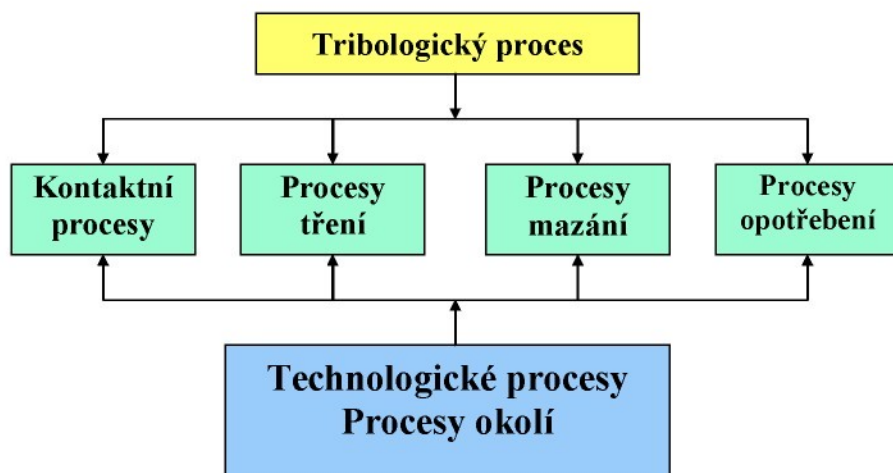
2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Základy oboru - Tribologie a Tribotechnika

Termín Tribologie, složený z řeckých slov tribo =tření a logos=věda, je poměrně mladý, rozšířil se od roku 1966.

Tribologie je mezioborová věda, zabývající se obecně vzájemným působením povrchů tuhých těles při jejich relativním pohybu nebo při pokusu o vzájemný pohyb a s tím související technologií. Tento pohyb může být obecně kluzný, valivý, nárazový nebo kmitavý. Ve skutečnosti se často uplatňují dva i více druhů pohybu současně. Tribologie řeší problematiku nejen tření, ale i mazání a opotřebení těchto povrchů. Je třeba si uvědomit, že pro řešení tribologických otázek je nutná vzájemná spolupráce i s dalšími vědními obory jako jsou např. chemie, fyzika, nauka o materiálu, tribotechnika a další.

Tribologický proces charakterizují materiálové interakce třecích těles, mezilátky a okolí, které probíhají v prostoru a čase. Obecné vazby mezi jednotlivými částmi tribologického procesu jsou znázorněny na obr.2.1.[1].



Obr. 2.1: Vzájemné vazby v tribologickém systému

Tribotechnika se zabývá komplexně, praktickým řešením otázek, týkajících se tření, opotřebení a mazání.

Přesto, že tento obor vznikl teprve nedávno, zabývá se vlastně problematikou velmi starou, která se objevila již se stavbou prvních strojů. Při vzájemném působení povrchů v pohybu dochází k odporu proti pohybu - ke tření. Důsledkem tření je opotřebení pohybujících se povrchů. Tření a opotřebení se zmenšuje mazáním, přitom mazivem může být látka jakéhokoliv skupenství.

Počátky využití tření však sahají do pravěku – oheň se rozdělával třením dřeva o dřevo, před 5000 lety bylo použito kolo k odvezení břemen místo vlečení. Teorie tření se rozvíjely hlavně v novověku, ale základy této vědě dal už učenec Leonardo da Vinci počátkem 16. století. Zjistil, že třecí síla nezávisí na velikosti styčné plochy, ale je úměrná kolmému zatížení.[2]

Co všechno tedy **do tribotechniky patří**:

- výběr a způsoby aplikace maziv
- maziva a jejich testování
- materiály pro třecí dvojice
- výpočet, konstrukce a optimalizace třecích dvojic
- mazací technika
- vědecké základy pro tření a opotřebení
- měřicí a kontrolní metody pro tribotechnické pochody
- spolehlivost a diagnostika (v tomto případě tzv. tribodiagnostika) konstrukčních částí a skupin
- speciální technologické postupy vedoucí ke zvýšení odolnosti proti opotřebení
- organizace techniky mazání,

... a to vše pro veškeré obory lidské činnosti....[3]

S tématem této práce úzce souvisí jen jedna část Tribotechniky, a to problematika mazání. Proto nyní bude podrobněji pojednáno o mazivech.

2.2 Maziva – druhy, vlastnosti a složení

Jako maziva se dají označit všechny látky, jejichž společným základem je tuk. Doba, kdy člověk využíval pouze přírodní zdroje tuků a mastných kyselin je dávno pryč. V současnosti existuje velmi mnoho druhů látek na tukové bázi a stejně tak i možností jejich využití. Člověk používá mastné látky v potravinářství, farmacii, kosmetice i technice už stovky let. Proto je nyní potřeba zúžit výběr na maziva používaná v technice.

Dnešní technická maziva jsou převážně výrobkem chemického průmyslu. Jejich vlastnosti popisuje Tribofyzika a Tribochemie.

Hlavním úkolem maziva je:

- zmenšovat tření v dotykových místech dvou těles v relativním pohybu.

Tato definice však nevystihuje všechny požadavky, které praxe na mazivo klade.

Počet možných funkcí maziv ve spojení s jejich základním úkolem je větší a to:

- zmenšovat opotřebení
- zabezpečit odvod tepla
- působit jako těsnící činitel
- chránit kovové plochy před korozi

Ve zvláštních případech se může po mazivu požadovat, aby působilo i jako elektroizolační činitel, vykonávalo funkci prostředníka pro přenos síly nebo tlumilo rázy. Maziva se rozlišují druhově i vlastnostmi podle toho jak dalece jsou schopna tyto funkce vykonávat.[3]

V třecích prvcích se významně uplatňují některé chemické prvky, které označujeme jako triboaktivní. Z kovů jsou to zinek, kadmium, arzén, antimon, cín, a olovo. Nekovy s podobnými vlastnostmi jsou bór, uhlík, fosfor, síra a fluór. Jejich triboaktivita se projevuje nejen ve slitinách použitých ve třecích dvojicích, ale i v tuhých mazivech a ve zušlechťujících přísadách.[2]

Při výběru maziv se musí uživatel řídit vždy tím, že neexistují naprosto dobrá a špatná maziva, nýbrž za daných podmínek je jedno mazivo více či méně vhodné ke konkrétní operaci. Optimálního stavu je dosaženo tehdy, jestliže

celková materiálová dvojice (materiál a mazivo), včetně makrogeometrických a mikrogeometrických podmínek je navzájem v souladu.[4]

Dobré mazivo musí splňovat mnohé požadavky, které lze shrnout do těchto bodů:

- schopnost vytvořit pevný souvislý film
- mazací schopnost
- schopnost udržení na třecích plochách
- chemická stálost
- tepelná stálost a odolnost
- snadné nanesení a odstranění
- hygienická nezávadnost
- nízká cena

Komplexním požadavkem na mazivo je, aby mělo dostatečnou mazací schopnost. To je vlastnost, která určuje schopnost přilnutí maziva k povrchu. Tento požadavek je dán především mazivostí a viskozitou. Mazivostí posuzujeme pevnost mezní vrstvy maziva. Viskozita je ukazatelem vnitřního tření a vyjadřuje odpor proti vzájemnému posunutí molekul maziva. Lepší výsledky se dosahují u maziv s vyšší viskozitou, neboť mají schopnost odolávat vyšším tlakům. Další důležité požadavky na maziva se týkají bezpečnosti a hygieny práce. Mazadlo musí být fyziologicky nezávadné a při použití nemá jeho zápach obtěžovat okolí. V současné době hraje také důležitou roli ekologické hledisko na znečišťování životního prostředí všech produktů výrobců olejů a maziv.[2]

Technická maziva se využívají ve strojním průmyslu, kde plní mnoho důležitých funkcí a nesou název : Průmyslová maziva.

2.3. Průmyslová maziva

Ruku v ruce s vývojem strojů a strojních celků jde i vývoj mazacích prostředků. Požadavky strojů tedy určují užité vlastnosti maziv, a tak vlastně vymezují i sortiment mazacích prostředků. Provozní požadavky moderních strojů na maziva lze zhruba shrnout takto:

- zajistit dokonalé mazání za běžných provozních podmínek, ale i za vysokých a nízkých teplot
- umožnit bezporuchovou funkci strojů při vysokých zatíženích i při vysokých otáčkách
- maziva musí být schopná funkce i v agresivním prostředí; maziva musí zaručit dlouhou životnost strojů
- maziva musí případně splnit i další specifické požadavky (např. zdravotní nezávadnost, odolnost radiaci apod.)

Důležitou roli hrají i ekologické aspekty, vyžaduje se biologická rozložitelnost maziv, nízká odparnost, nízká produkce emisí a minimální riziko znečištění vody.[6]

Dnes je k dispozici sortiment maziv, který splní prakticky libovolný soubor požadavků uvedených výše. Používají se maziva plynná, kapalná, plastická a tuhá. Protože požadavků je mnoho, je sortiment maziv velmi široký.

Proto byly vytvořeny systémy klasifikace maziv, které umožňují zařazení jednotlivých produktů do klasifikačních skupin pomocí jednoduchých, mezinárodně platných symbolů. Kromě toho je pomocí zařazení maziv do

přesně určených skupin možné porovnávat různé produkty a posuzovat jejich zaměnitelnost.[3]

2.3.1 Druhy průmyslových maziv a jejich značení

Průmyslová maziva se klasifikují podle viskozitních tříd (viz. ISO VG v části "Viskozitní klasifikace" průmyslových olejů) a podle výkonových norem. Označení maziva podle použití a jeho kvalitativní charakteristiky (výkonu) je zpravidla písmenný kód umístěný před číslem označujícím viskozitu oleje podle ISO VG, např. HLP 46 podle DIN 51 524. První písmeno zpravidla značí zařazení oleje podle jeho hlavního způsobu použití dle normy ISO 6743 nebo DIN 51 502, jak je uvedeno v tabulce 2.1.

Tabulka 2.1: Značení maziv podle DIN a ISO.[3]

Obecná oblast použití- podle ČSN ISO 6743/0	Typové označení maziv a jejich skupin (obvyklé druhy a skupiny maziv, deklarované výrobcí)	Symbol značení skupiny podle ISO 6743/0	Symbol značení skupiny podle DIN 51 502
Ztrátové mazací soustavy	Strojní oleje nízkých užitných vlastností, ložiskové oleje s nízkými užitnými vlastnostmi, tmavé oleje (destiláty), oleje pro mazání otevřených ozubených převodů, drátěných lan, řetězů	A	AN, B
Mazání odlévacích forem	Formové oleje, separační oleje (beton, asfalty, kovy aj.)	B	FS
Ozubené převody	Průmyslové převodové oleje, oleje pro oběhové soustavy	C	C, HYP
Kompresory (včetně chladičových), vývěvy	Kompresorové oleje, oleje pro vzduchové kompresory, oleje pro plynové kompresory, oleje pro chladičové kompresory, oleje pro vývěvy	D	V, K
Spalovací motory	Oleje motorové pro spalovací motory	E	HD
Vřetena, ložiska a příslušné spojky	Strojní oleje, vřetenové oleje, ložiskové oleje s přísadami	F	C
Kluzná vedení	Oleje pro kluzná vedení, oleje pro vodící plochy	G	CG
Hydraulické systémy	Hydraulické oleje, hydraulické kapaliny s omezenou hořlavostí	H	H, HV, HF, ATF
Obrábění kovů	Řezné kapaliny nemísitelné s vodou-řezné kapaliny, řezné kapaliny mísitelné s vodou-emulzní oleje, obráběcí koncentráty, oleje pro tvárění, prostředky pro tvárění	M	S, W
Elektroizolace	Elektroizolační oleje, transformátorové oleje, trafooleje, kondenzátorové oleje	N	J
Pneumatické stroje, mazání olejovou mlhou	Oleje pro pneumatické nástroje a nářadí, oleje k mazání olejovou mlhou	P	D
Přenos tepla	Teplonosná media, oleje pro přenos tepla	Q	Q
Dočasná ochrana proti korozi	Konzervační oleje, konzervační prostředky, konzervační vazelíny, konzervační vosky	R	R
Turbíny	Turbínové oleje, oleje pro parní turbíny, oleje pro plynové turbíny	T	TD
Tepelné zpracování	Kalící oleje, oleje pro termální kalení	U	L
Aplikace, vyžadující plastická maziva	Plastická maziva, mazací tuky, konzistentní maziva, vazelíny, pasty.	X	K, G, OG, M

Další písmena obvykle udávají jaké musí mít olej zušlechťující přísady nebo blíže specifikují oblast použití, jak popisuje tabulka 2.2.

Tabulka 2.2: Vedlejší identifikační písmeno určuje oblast použití[3]

Vedlejší identifikační písmeno	Druh maziva
D	Mazací oleje, které mají detergentní přísadu, např. hydraulické oleje HLPD
E	Oleje, které se používají ve směsi s vodou (emulgační) např. emulgační olej SE
F	Mazací prostředky, které obsahují tuhé mazivo (grafit, molybdendisulfid aj.), např. olej CLPF
L	Maziva zušlechtěná přísadou proti korozi nebo přísadou antioxidační, např. CL 100
M	Emulgační kapaliny na bázi ropného oleje, např. SEM
S	Emulgační kapaliny na syntetické bázi, např. SES
P	Maziva s vysokotlakými, protiotěrovými a protizadíracími přísadami, např. CLP 100
V*	Maziva, která obsahují rozpouštědlo, např. olej BB-V

2.3.2. Složení průmyslových maziv

Kvalita mazacího oleje je dána kvalitou základového oleje a souborem přísad. Účinnost přísad je tím vyšší, čím je kvalitnější základový olej. Ačkoliv výkonnost oleje je obecně zvýšena účinkem přísad, z nekvalitního základového oleje nelze přidavkem přísad vyrobit vynikající mazací olej.

Základový olej + Aditiva = Mazací a hydraulický olej

2.3.2.1 Základové oleje

Výchozí surovinou pro výrobu olejů je ropa, která je směsí nejrůznějších uhlovodíků. Uhlovodíky jsou látky, jejichž molekuly jsou tvořeny různě dlouhými řetězci atomů uhlíku C na které jsou navázány atomy vodíku H. Řetězce jsou různě rozvětvené, mohou být i cyklické. Vybrané uhlovodíky seřazené podle délky řetězce jsou v tabulce 2.3.

Tabulka 2.3: Délka uhlovodíkových řetězců[3]

Frakce	Délka řetězce
Benzín	C5 - C12
Nafta, lehký topný olej	C10 - C20
Mazací olej	C20 - C35
Těžké topné oleje	C35 - C80
Asfalt	C80 a výše
Plasty	C100 výše

Pokud je řetězec kratší než pět atomů uhlíku C (C1 - C4), uhlovodík existuje v plynném stavu a je těžen ve formě zemního plynu.

Postupy získávání základových olejů jejich užití

Jednotlivé základové oleje (rafinát, hydrokrakované oleje, syntetické uhlovodíky, syntetické oleje) se získávají níže popsanými postupy. V praxi tvoří základ maziva směs jednotlivých základových olejů a proto jsou pro označování maziv používána označení minerální, polosyntetický a syntetický olej.

1) Rafinát

Rafinát se získává rafinací ropy, která je nejdéle známou metodou pro získávání základových olejů z ropy. Cílem rafinace ropy je rozdělit ropu na jednotlivé složky (frakce) podle délky řetězců uhlovodíků. Jednou z frakcí, která je rafinací získána jsou i základové oleje. Rafinace ropy probíhá destilací, poté vakuovou destilací, rafinováním a nakonec odparafinováním.

2) Hydrokrakované oleje

Hydrokrakované oleje se získávají hydrokrakováním produktů rafinace ropy. Cílem hydrokrakování je rozštěpit dlouhé řetězce molekul uhlovodíků (C35 a výše) na kratší řetězce molekul olejů (C20 - C35). Tímto způsobem lze získat z parafinů a těžkých topných olejů mazací oleje těmito způsoby : krakováním a hydratací, vakuovou destilací a odparafinováním.

3) Syntetické uhlovodíky

Syntetické uhlovodíky jsou vyráběny syntézou (chemickým slučováním) základních stavebních uhlovodíkových molekul. Cílem syntézy uhlovodíků je vytvořit požadované molekuly složením ze základních stavebních uhlovodíků. Syntéza uhlovodíků probíhá následujícím postupem: krakování, poté syntéza, vakuová destilace a hydrogenace.

4) Syntetické oleje

Základem pro výrobu syntetických maziv jsou obecně produkty chemických reakcí, kdy se z nízkomolekulárních látek vytváří velké komplexní molekuly s mazacími vlastnostmi potřebnými pro danou aplikaci. Na rozdíl od ropných olejů, které jsou tvořeny komplexní směsí uhlovodíků, je možno vlastnosti syntetických kapalin předem definovat a zajistit standardní kvalitu. Kapaliny na syntetické bázi je možno klasifikovat následujícím způsobem:

Syntetické uhlovodíky

Syntetické uhlovodíky někdy označované SHC se vyrábí řízenou polymerací olefinů s následnou hydrogenací, přičemž vznikají téměř výhradně sloučeniny s nasycenými řetězci umožňujícími vysokou stabilitu kapaliny ve srovnání s produkty obsahujícími naftenické a aromatické kruhy. Další výhodou je nižší bod tuhnutí ve srovnání s ropnými oleji obsahujícími parafiny. Maziva SHC nabízejí oproti současným vysoce kvalitním olejům na ropné bázi řadu technických i ekonomických výhod:

- vynikající viskozitně-teplotní vlastnosti umožňující pracovat v širším rozsahu teplot
- vysoká tepelná i oxidační stabilita za vysokých teplot snižující tvorbu úsad
- schopnost pracovat i za extrémně nízkých teplot až do -50°C

- plná kompatibilita s ropnými oleji, nátěry a těsnicími materiály běžně používanými v systémech s ropnými oleji
- prodloužená životnost oleje 2 až 5x v závislosti na pracovních podmínkách
- nízká odparnost snižující spotřebu a prodlužující životnost oleje za vysokých teplot
- významná úspora energie v rozmezí 2-10 % podle typu aplikace
- zvýšená ochrana proti únavovému opotřebení materiálu
- nižší opotřebení strojních částí díky stabilnímu olejovému filmu

Organické estery

Obecně je možno hovořit o esterech dvojsytných kyselin a polyesterech. Estery dvojsytných kyselin, častěji známé jako diestery, se vyznačují vysokou stříhovou stabilitou v širokém rozsahu pracovních teplot. Rovněž je pro ně typická vynikající smáčivost kovů a nízká odparnost za zvýšených teplot. Polyestery nabízejí všechny zmíněné výhody a navíc vysokou účinnost i za extrémně vysokých teplot. Nejčastěji se uplatňují v leteckých plynových turbínách a v moderních chladicích systémech s chladivem na bázi fluorovaných uhlovodíků.

Polyglykoly

Polyglykoly, přesněji řečeno polyalkylenglykoly (polyalkylétery) jsou velmi častým základem syntetických olejů. Získávají se z látek o vysoké molekulární hmotnosti - polyethylenoxidu nebo polypropylenoxidů, příp. kombinace obou a vyznačují se vysokou účinností v širokém rozsahu pracovních teplot. Z toho důvodu se běžně používají v oběhových a převodových systémech. Polyglykoly jsou nerozpustné ve vysokotlakých uhlovodících, a proto jsou vhodné pro mazání plynových kompresorů.

Zvýšenou pozornost je však třeba věnovat jejich nižší kompatibilitě s ropnými oleji, těsněním a velkým množstvím barevných povlaků.

Estery kyseliny fosforečné

Estery kyseliny fosforečné obvykle představují základ těžkozápalných kapalin. Jejich chemická povaha umožňuje snížit riziko hořlavosti v hydraulických a oběhových systémech.

Mají velmi dobré mazací vlastnosti i v podmínkách mezního tření, používají se občas jako přísady do jiných maziv.

Ostatní syntetické oleje

Silikáty

Křemičité estery, vynikají vysokými body varu a nepatrnou odparností, mají průměrné mazací vlastnosti a nízkou oxidační stabilitu což však lze vylepšit aditivací nebo mísením s jinými mazivy. Používají se zejména jako kapaliny pro přenos tepla, hydraulické kapaliny v letectví a raketové technice a jako maziva pro automatické palubní letecké zbraně. Teplotní rozsah použití je -50 až +200°C

Silikony

Polysiloxany, nejdůležitější jsou polymetylsiloxany, mají vynikající teplotně-viskozitní křivku, malou odparnost, velmi nízké body tuhnutí a vysoké body

vzplanutí, vysokou tepelnou stabilitu. Jejich mazací schopnosti jsou však špatné, zejména u třecího páru ocel-ocel v oblasti smíšeného tření. Používají se k mazání přesných měřicích přístrojů, jako kapaliny do tlumičů, k impregnaci samomazných bronzových ložisek. Široce se používají k mazání plastických a pryžových součástí, v chladničkách, čerpadlech a dalších přístrojích. V ropných olejích potlačují pění a zvyšují bod vzplanutí. Polysiloxany jsou zdravotně nezávadná maziva, čímž jsou předurčeny pro některé potravinářské aplikace.

Polyfenylmethylsilikony

Polyfenylmethylsilikony jsou vhodné jako maziva od - 55 do + 230 °C, používají se jako maziva pro spalovací turbíny a jako složka vysokoteplotních plastických maziv. Některé typy se mohou používat samotné nebo jako složka plastických maziv při teplotách až +320 °C.

Fluorované uhlovodíky

Představiteli těchto maziv jsou například fluorované estery a perfluorované alkoholy používané vesměs pro speciální aplikace - raketovou techniku, mazání kyslíkových kompresorů, maziva v ponorkách apod. Jejich výhodou jsou vysoké teploty rozkladu přes 300°C. Nejsou mísitelné s uhlovodíkovými mazivy, polyfenyletery, silikony a silikáty.

Používají se rovněž jako olejová složka některých speciálních plastických maziv.

5) Rostlinné oleje

V našich zeměpisných šířkách se jedná téměř výhradně o rafinovaný olej z řepky olejné. Tyto oleje se vyrábějí v celé řadě viskozit a používají se hlavně tam, kde musí mazivo splňovat přísné ekologické požadavky na biologickou odbouratelnost (lesnictví, stavebnictví, vodohospodářství, atd.). Tyto maziva mají vesměs výborné přirozené mazací vlastnosti, mají však horší oxidačně tepelnou stabilitu. Používají se jak pro uzavřené systémy (hydrauliky), tak pro aplikace ztrátového mazání (řezné části pil, kluznice katrů a jiné). Samostatnou kapitolou je pak výroba metylesteru řepkového oleje, který se používá jako přídatek do motorové nafty pro zlepšení ekologických vlastností pro zlepšení ekologických vlastností při spalování.

Význam maziv přírodního původu dnes je malý a na jejich úkor roste spotřeba syntetických olejů. Oleje se dělí podle použití do mnoha skupin, každá skupina má jiné nároky a požadavky na složení k zajištění optimálních vlastností oleje pro dané podmínky. Proto se do maziv a olejů přidávají přísady – aditiva. Jako aditiva se využívají různé látky přírodního i syntetického původu. Přesná složení jednotlivých maziv jsou přísně střeženým firemním tajemstvím. Kromě odborníků ve vývojovém oddělení a hlavních technologů, zajišťujících výrobu, nemají ani zaměstnanci úplné informace o jejich složení.[3]

2.3.2.2 Aditiva - přísady do průmyslových olejů

Aditiva jsou chemické přísady, které zlepšují vlastnosti olejů a plastických maziv. Druhy aditiv a jejich množství se liší podle způsobu užití maziva. Obsah aditiv v mazivu se pohybuje v rozsahu od 1 do 25%. Druhy a množství aditiv stanovují výrobci na základě norem a praktických zkoušek.

Chemická struktura aditiv

1) Polární aditiva

Velké množství aditiv jsou tzv. povrchově aktivní - polární látky. Polární látky jsou chemické látky, jejichž molekuly jsou nesymetrické a proto na jejich koncích vznikají elektrické náboje. Těmito náboji jsou molekuly přitahovány k povrchům, např. k povrchu pístu ve válci motoru. Polární aditiva utvoří na povrchu tenký film, který v závislosti na chemickém složení aditiva zvyšuje odolnost proti korozi, proti usazování nečistot, proti poškození vysokým tlakem apod.

2) Nepochární aditiva

Nepochární aditiva nejsou povrchově aktivní, tzn. že nejsou přitahována k povrchům, ale jsou rozptýlena v celém objemu maziva rovnoměrně. Přesto jsou tato aditiva velice významná - zlepšují viskozitu maziva, snižují bod tuhnutí maziva, chrání pryžová těsnění proti poškození, apod.

Typy aditiv

Aditiva s povrchovým účinek

a) Detergenty

Zamezují usazování nečistot na povrchu, případně již vytvořené nečistoty rozpouštějí. Díky detergentům mazivo lépe přilne k mazaným plochám. Zvětšuje se přilnavost maziva k mazanému povrchu, zabraňuje se odstřiku maziva, případně zmenšuje se odlučivost oleje z plastického maziva. Používají se zejména vysokomolekulární polyalkeny a polybuteny. U plastických maziv závisí přilnavost zejména na typu použitého mýdla. Detergenty hrají významnou roli např. při ochraně pístu ve válci, kde vlivem vysokých teplot dochází k uvolňování uhlíku, který má tendenci se usazovat na pracovních plochách pístu. Vzniklé usazeniny způsobují vznik netěsností vlivem mechanického poškození (poškrábání) nebo změnou tvaru zapříčiněnou nánosem nečistot.

b) Disperzanty

Zabraňují tvorbě usazenin, které se tvoří především za nižších provozních teplot. Disperzanty obalí mikroskopické mechanické nebo kapalné nečistoty a zamezí tak jejich koncentraci, usazování, a zabraňují tvorbě kalů, které mohou ucpat sítko olejového čerpadla, filtry, případně mazací kanály. Nečistoty se vlivem disperzantu vznášejí rovnoměrně v celém objemu maziva. Z hlediska usazenin jsou dalšími kritickými místy oblasti pístních drážek. Při nadměrné tvorbě usazenin může dojít k zapečení pístních kroužků. Nejčastějšími disperzanty jsou sukcinimidy.

c) Zlepšující ochranu proti vysokému tlaku a opotřebení (EP, AW)

Tato aditiva chrání před opotřebením ocelové části, které se o sebe třou pod vysokým tlakem (např. ozubená kola). Aditiva vytvoří chemickou reakci na povrchu kovu odolné vrstvy, které zamezí kontaktu kov na kov.

d) Zvyšující ochranu proti korozi

Tato aditiva vytvářejí na povrchu kovů ochranný film, který zabraňuje tvorbě koroze (brání oxidaci kovového povrchu). K oxidaci povrchů kovů může docházet například vlivem agresivních sloučenin vznikajících ve válci motoru při spalování palivové směsi.

e) Upravující tření

Tato aditiva upravují tření mezi třecími plochami na požadovanou hodnotu. Přesná hodnota tření ploch je požadována například v automatických převodovkách, retardérech.

f) Protiúnavová aditiva

Potlačují reaktivitu čerstvého povrchu, povrchových a podpovrchových mikrotrhlin a makrotrhlin. Zabraňují tak únavovému opotřebení povrchu třecích ploch.

g) Aditiva zlepšující vlastnosti oleje

Mezi tato aditiva patří :

Zlepšující viskozitu

Tato aditiva stabilizují viskozitu maziva, tzn. viskozita maziva je méně závislá na teplotě (viz. viskozitní index). Tím rozšiřují teplotní rozsah, v jakém je mazivo schopno plnit svou funkci. Se snižující se teplotou viskozita maziva stoupá a naopak, se zvyšující teplotou viskozita maziva klesá. Změny viskozity maziva mají dopad rovněž na tloušťku mazacího filmu a na ztráty energie, které vznikají překonáváním odporu maziva.

Snižující bod tuhnutí

Tato aditiva snižují možnost shlukování parafinů v mazivu za nízkých teplot. Při nízkých teplotách dochází u minerálních olejů k vylučování a shlukování parafinů a tudíž ke zvyšování hustoty. Zvýšená hustota maziva a jeho nekonzistentnost zhoršuje kvalitu mazání a zvyšuje ztráty energie z důvodu překonávání odporu maziva.

Chránič eleastomery

Tato aditiva zpomalují stárnutí pryžových a plastových částí, které jsou ve styku s mazivem (například těsnění) tím, že zamezují vyplavení změkčovadel / chemické degradaci elastomerů / obsažených v gumových a plastových dílech. Elastomery zajišťují, aby gumové a plastové části byly stále elastické (pružné).

h) Aditiva chránící olej

K těmto aditivům se řadí :

Zpomalovače stárnutí

Tato aditiva omezují chemickou degradaci maziva, ke které dochází především za vyšších teplot. Likvidací oxidačních činidel zamezují vzniku

nežádoucích chemických sloučenin, které zkracují životnost maziva. Degradací mazivo tmavne a dochází ke zvyšování viskozity.

Deaktivátory kovů

Tato aditiva zabráňují chemickým reakcím probíhajícím na povrchu mikroskopických kovových částíček přítomných v mazivu (ocel, měď). Kovové částičky, které vznikají třením kovu o kov působí jako katalyzátor chemických degradačních procesů. Vytvořením ochranného filmu kolem částíček kovu je zamezeno katalytickým chemickým reakcím a je tudíž zpomaleno stárnutí maziva.

Aditiva snižující pěnivost

Tato aditiva potlačují vznik olejové pěny. Intenzivním promícháváním oleje se vzduchem dochází k tvorbě pěny, která urychluje stárnutí maziva (usnadňuje oxidaci), zvyšuje stlačitelnost maziva (vznikají problémy u hydraulických soustav, motorů, kompresorů a převodovek) a může způsobit i únik maziva ze zařízení. Jsou účinné ve velmi nízkých koncentracích. Do motorových olejů se obvykle používají přísady silikonového typu. Pro jiné typy olejů mohou být silikonové odpěňovače nevhodné.[3]

Spojením základového oleje a přísad je možno získat velké množství kombinací a proto je třeba cíleně sledovat vliv složení na jeho funkční vlastnosti.

2.3.3. ZÁKLADNÍ FUNKČNÍ VLASTNOSTI PRŮMYSLOVÝCH MAZIV

2.3.3.1 Hustota

Nepatří k hlavním funkčním vlastnostem, ale má význam pro charakterizaci kapalného maziva z hlediska jeho složení, pro vzájemný přepočet objemových a hmotnostních jednotek a pro výpočet kinematické viskozity z viskozity dynamické.

Obvykle se uvádí při teplotě +20°C a jde o hmotnost objemové jednotky látky při dané teplotě.

Jde o veličinu aditivní. Obecně vzrůstá s velikostí molekuly a u uhlovodíků od alkanů přes cyklany k aromátům. Proto z hustoty kapalného maziva můžeme do určité míry usuzovat na jeho složení, přesněji však až po zohlednění dalších fyzikálních vlastností.

Hustota převážně uhlovodíkových maziv se pohybuje asi od 860 do 980 kgm⁻³. Při stejné viskozitě mají oleje s nejmenší hustotou charakter alkalický, s největší aromatický. Syntetická maziva s výjimkou organokřemičitých mají při stejné viskozitě zpravidla vyšší hustotu, i nad 1000kgm⁻³.

Hustota kapalných maziv se mění s teplotou a tlakem. S teplotou lineárně klesá a s tlakem naopak vzrůstá.[1]

2.3.3.2 Viskozita

Viskozita je jednou z nejdůležitějších vlastností tekutých maziv, určuje tvorbu tekutinového tření (mazání), únosnost mazacího filmu, velikost odporů při

rozběhu pohyblivých částí strojů, těsnící schopnost maziv, jejich čerpatelnost, tepelnou vodivost aj.

Viskozita kapalin je proměnná veličina, která je závislá nepřímo na teplotě. V zájmu dobré účinnosti mazání je, aby se viskozita oleje měnila v závislosti na teplotě co nejméně. Tato závislost je určena tzv. viskozitním indexem. Čím je tento index větší, tím je závislost viskozity na změnách teploty nižší.[2]

Viskozita je mírou vnitřního tření v tekutině. Podle závislosti viskozity maziva na smykovém napětí τ a smykovém spádu D rozlišujeme maziva na

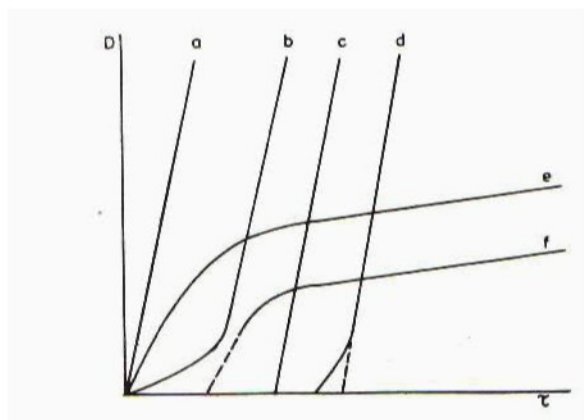
- tekutiny newtonovské

a několik typů nenewtonovských látek :

- tekutiny pseudoplastické
- látky ideálně plastické
- látky kvaziplastické
- látky dilatantní
- látky dilatantní s mezí tekutosti

V newtonovských tekutinách je vztah mezi τ a D lineární, jejich vnitřní tření, vyjadřované viskozitou, nezávisí na τ a D . Newtonovské jsou mazací oleje bez vnitřní struktury.

V nenewtonovských látkách vztah mezi τ a D není lineární, jejich vnitřní tření závisí na τ a D a hovoříme o zdánlivé viskozitě. Nenewtonovské jsou tekutiny s vnitřní strukturou, například mazací oleje mezi bodem zákalu a tuhnutí, oleje obsahující polymery, plastická maziva, emulze a suspenze, asfalty. Jejich viskozita s tlakem vzrůstá. Velikost změny je závislá na chemickém složení kapaliny. Tyto závislosti jsou znázorněny na obr.2.2.



Obr. 2.2: Křivky toku tekutin[2]

a – newtonovská tekutina

b – pseudoklasická tekutina

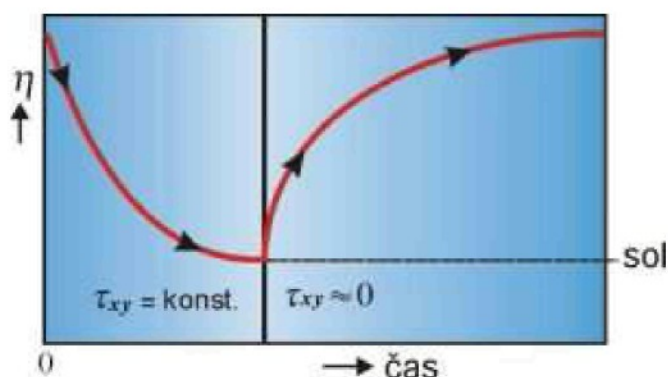
c – ideální plastická látka

d – kvaziplastická látka

e – dilatantní látka

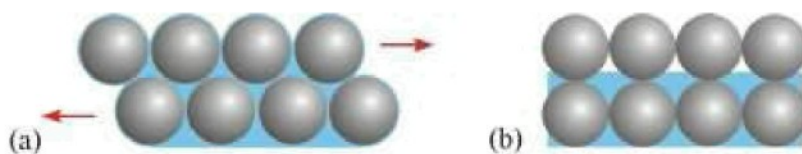
f – dilatantní látka s mezí tekutosti

Kromě závislosti zdánlivé viskozity na smykovém napětí je pozorována též její závislost na době působení smykového napětí. Tento jev se nazývá tixotropie nebo reopexie podle toho, zda viskozita s časem klesá nebo vzrůstá. Viz. obr. 2.3.[2]



Obr. 2.3:Časová závislost zdánlivé viskozity tixotropního systému.[7]

O vratné tixotropii se hovoří, jestliže se struktura látky po rozbití v toku (Obr.2.4) obnovuje v klidu -například vratná přeměna gelu v sol (Sol je tvořen pevnými částicemi s rozměry v řádu stovek nanometrů, často se jedná o kovové soli suspendované v kapalně fázi) a naopak, provázená velkými změnami zdánlivé viskozity.Podle doby, za níž se v klidu obnoví původní struktura látky rozbitá v toku, se rozlišuje větší nebo menší tixotropie látky.[7]



Obr. 2.4: Schematické znázornění tixotropního systému

a)působení smykového napětí b)porušení struktury látky.[7]

2.3.3.3 Odparnost

Odparnost par i lehkých kapalných maziv je při teplotách do 50°C velmi malá, se vzrůstající teplotou se však zvyšují v závislosti na obsahu lehkých podílů.

Znalost odpornosti olejů je důležitá z hlediska ztrát olejů a bezpečnosti při jeho použití a manipulaci. Tam kde pracuje mazivo v tenkém filmu na tepelně exponovaném povrchu mohou ztráty odparností působit poruchy mazání v důsledku nedostatku nebo zmenšení jeho mazivosti.

Studiem odpornosti olejů bylo prokázáno, že odpornost oleje s povrchu je závislá na velikosti povrchu a na teplotě, ale je nezávislá na zahuštění oleje polymerními modifikátory viskozity.

Ke stanovení odpornosti olejů se používá metody podle Noacka (DIN 51581), kdy je olej ohříván 1 hodinu na +250°C při proudění vzduchu přes jeho povrch. Vzduch společně s parami je odsáván za podtlaku asi 200Pa. Pak je vyhodnocen úbytek oleje.[2]

2.3.3.4 Bod vzplanutí a bod hoření

Přibližným kritériem, podle kterého je možno posuzovat teplotu oleje z hlediska jeho hořlavosti i velikosti ztrát je bod vzplanutí, což je teplota, při níž se v uzavřené nebo otevřené nádobě zkušebního přístroje nahromadí za podmínek zkoušky tolik par, že se při přiložení plamene vznítí. Při ještě vyšší teplotě, bodu hoření, se páry vyvíjejí tak intenzivně, že po vzplanutí trvale hoří. Bod vzplanutí souvisí s chemickým a frakčním složením oleje, při stejné viskozitě mají nejnižší body vzplanutí oleje polycyklické a nejvyšší oleje alkalické – mají menší molekulu a větší odparnost.

Bod vzplanutí je velmi citlivý na přítomnost lehkých prchavých podílů v oleji, abnormálně nízký bod vzplanutí a malý rozdíl mezi ním a bodem hoření může upozornit na jejich přítomnost a tím i na možnost zvětšení odparnosti a ztrát. Stejně tak lze zjistit přítomnost většího množství lehkých podílů v oleji z rozdílů bodů vzplanutí v otevřené a uzavřené nádobě, velký rozdíl je ukazatelem přítomnosti složek s nižším bodem varu.[2]

2.3.3.5 Oxidace maziv

V běžné praxi je stárnutí kapalných a plastických maziv, zaviněné reakcemi jejich složek vlivem působení vzdušného kyslíku, běžným jevem. Rozsah a rychlost změn způsobených oxidací závisí na chemickém složení maziv, na přítomnosti látek urychlujících, nebo naopak zpomalujících oxidační reakce aj., ale hlavně na teplotě, proto lze při aplikacích maziv za vyšších teplot hovořit o termooxidační stálosti maziv za tepla.[3]

2.3.3.6 Mazací schopnost

Je vlastnost, která se projevuje přilnutím maziva k mazanému povrchu a vytvořením souvislé mazací vrstvy s dostatečnou přilnavostí a s malým vnitřním třením. Mazací schopnost je charakterizována především mazivostí a viskozitou.

2.3.3.7 Mazivost

Podle této vlastnosti posuzujeme pevnost mezní vrstvy maziv a je charakterizována mazacími vlastnostmi v podmínkách mezního tření. Mazivost je ovlivňována fyzikálně chemickými ději probíhajícími mezi mazivem a mazaným materiálem. Upravuje se látkami, které mají velkou polaritu ke kovu (mastné látky) nebo s nimi chemicky reagují, a tak zlepšují kluzné vlastnosti povrchu.

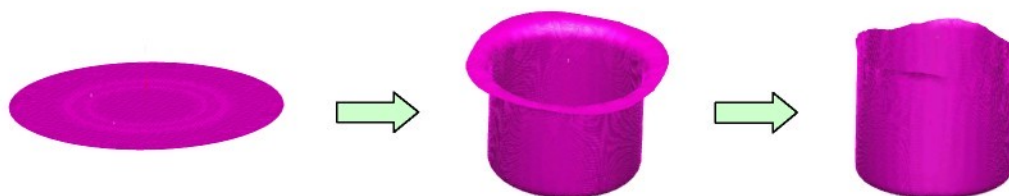
Popsané základní vlastnosti byly vybrány se zřetelem na zadanou oblast jejich využití. Ze všech typů maziv využívaných v průmyslu, je pro téma této práce stěžejní jejich využití při tváření hlubokotažných plechů ve výrobě automobilových karoserií. Proto je v následující kapitole shrnuta jejich úloha v tomto procesu i nastíněna technologie hlubokého tažení.

2.4. Úloha maziv při tváření

2.4.1 Základní charakteristika tvářecího procesu - hlubokého tažení

Tažení obecně je technologická operace plošného tváření plechu za studena, kdy z rovinných přístřihů vzniknou prostorové součástky nerozvinutelných tvarů, princip výroby je znázorněn na obr.2.5. Jde o velmi rozšířený způsob zpracování plechu, který nám umožňuje získat součástky přesných tvarů s mnohými přednostmi před jinými technologiemi výroby.

Technologie plošného tváření kovů patří mezi jedny z nejproduktivnějších tvářecích technologií lisování plechů, její princip je znázorněn na obr.2.5. Jejich stoupající význam v moderní průmyslové výrobě souvisí s tím, že umožňují zhotovení součástí nejrůznějších tvarů, rovinných nebo prostorových, jakož i součástí nejrůznějších velikostí. Výhodou těchto součástí je kvalitní povrch zhotovovaného dílu, vysoká přesnost předepsaných rozměrů a poměrně vysoká tuhost při minimální váze součástí. Vzhledem k tomu, že tváření plechu probíhá většinou bez předchozího ohřevu, je kvalita povrchu finálního výrobku prakticky stejná jako kvalita povrchu výchozího materiálu. Důsledkem tváření za studena je také zvýšení meze kluzu a meze pevnosti v závislosti na stupni přetvoření.[5]



Obr.2.5: Princip tažení výlisku rotačního tvaru.[8]

Vliv technologických parametrů na proces hlubokého tažení

Tažení rovinného přístřihu plechu na tvarově a prostorově složitý výtažek probíhá v konkrétním nástroji, na konkrétním lise a při určených technologických podmínkách. Kromě vlivu taženého materiálu na úspěšný výsledek operace je nezbytné brát v úvahu také vliv konkrétních podmínek tažení. Podmínky, v kterých probíhá proces tažení na lise, mají značný vliv na výsledek konečné kvality hotového výlisku, podle doposud získaných poznatků ovlivňují vlastní tažení a mezní přetvoření při tažení zejména tyto faktory:

- přidržovací tlak
- rychlost tažení
- mazání

Vliv přidržovacího tlaku

Přidržovací tlak je vyvozen v přidržovači, jehož úkolem je během tažení zabránit tvorbě vln v oblasti příruby. Aby mohl přidržovač tuto funkci plnit, musí vyvinout na materiál takový tlak, aby k tomuto zvlnění příruby nedocházelo. Tlak však nesmí být příliš velký, aby nedošlo ke značnému zvýšení třecích sil, které by způsobily porušení výtažku. Problém nastává zejména při určení správného přidržovacího tlaku u složitých výtažků, neboť tlak je rozdílný v rohu výtažku, přechodové části a i v rovné části výtažku.

Vliv rychlosti tažení

Tato problematika je neustále mnohými vědeckými pracovišti řešena, neboť v současné době jsou v lisovnách používány již moderní lisy s vysokým počtem zdvihů. Na základě mnohých výsledků bylo zjištěno, že zvýšení rychlosti tažení velkorozměrných výtažků složitých tvarů má nepříznivý vliv na proces plastické deformace v důsledku vzniku plastických vln, způsobujících lokalizaci deformace a tím i možné porušení výtažku při tažení.

Rychlost tažení ovlivňuje třecí poměry, přestože součinitel tření závisí od smykové rychlosti, proto může rychlost tažení podstatně ovlivnit stupeň tažení. Tato závislost je tím větší, čím větší podíl z celkové tažné síly náleží třecím silám.

Vliv mazání

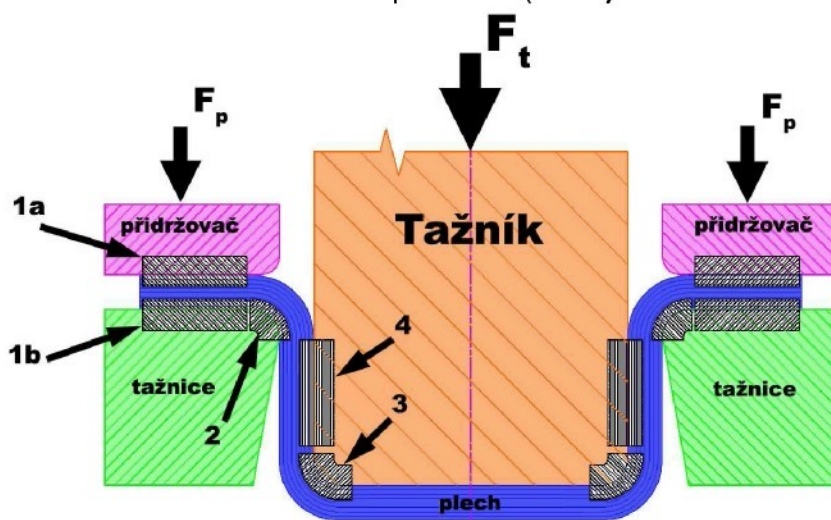
Při tažení vznikají třecí síly a tření samotné pak zvyšuje tažnou sílu o 20-30%, způsobuje otěr, opotřebení činných částí tažného nástroje a ovlivňuje též mezní hodnoty stupně tažení. Pro snížení tření se používají maziva, která dokáží snížit nežádoucí tření při tažení.[8]

Tažení obecně probíhá za podmínek mezního tření a další faktory do procesu vstupující tento stav ovlivňují a značnou měrou se tak podílí na kvalitě konečného výsledku tažení.[5]

Složka třecí síly se skládá z dílčích třecích sil v jednotlivých oblastech stykových povrchů systému nástroj-výtažek.

Výskyt tření souvisí se vzájemným relativním pohybem dvou povrchů, proto při tažení výlisku dochází k tomuto jevu v oblastech jež jsou znázorněny na obr.2.6.

- mezi přidržovačem a plechem (1a)
- mezi tažnicí a plechem (1b a 2)
- mezi tažníkem a plechem (3 a 4)



Obr.2.6: Schématické znázornění dílčích třecích složek v kontaktu tažný nástroj-materiál. F_T -tažná síla, F_P -síla přidržovače[8]

Zvláštní oblastí zpracování tenkých plechů je tažení výlisků nepravidelných tvarů v automobilovém průmyslu. S ohledem na tvarovou složitost výlisku je problematika tažení značně odlišná od tažení jednoduché válcové nádoby. Výtažek je tvořen ve většině případů křivočarými plochami a jeho obrys je

nepravidelný a složitý. Příklad výlisku nepravidelného tvaru tzv. "karosářského výlisku" pátých dveří automobilu Škoda Fabia combi je vidět na obr. 2.7.[8]



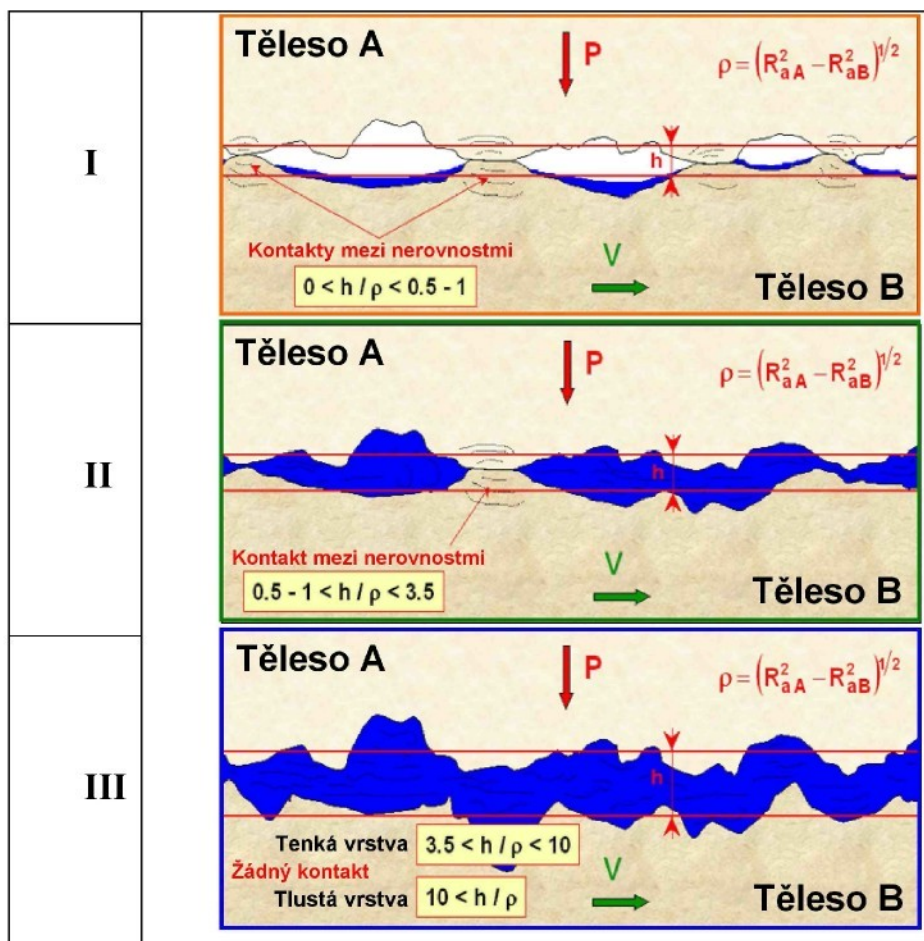
Obr. 2.7.: Karosářský výlisek pátých dveří automobilu Škoda Fabia combi.[8]

U povrchových výlisků mohou vznikat při lisování problémy, s porušením soudržnosti olejového filmu a vzájemném působení plechu a nástroje za vysokých tlaků s výraznějším poškozením povrchu, což negativně ovlivňuje vzhled výlisků. Při zatížení se plocha styku zvětšuje, což může vést k adheznímu spojení těles – zadírání. K tomuto jevu dochází ojediněle i za přítomnosti maziva, jsou-li přítlačné síly příliš vysoké.

Ve většině případů u povrchových a viditelných vad se popsaný problém stává limitujícím při posuzování vhodnosti:

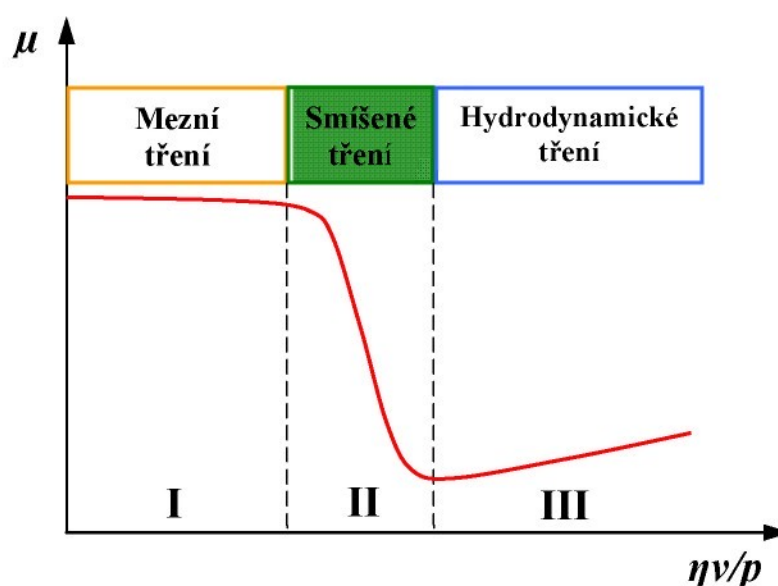
- struktury povrchu
- druhu substrátu
- druhu použitého maziva
- druhu materiálu na tažné nástroje

Při tažení je koeficient tření μ závislý na druhu maziva a jakosti třecích ploch, jak je to znázorněno na obr.2.8, kde jsou jednotlivé případy možných druhů tření vyskytujících se při tažení nepravidelných výlisků, jsou odvozeny v závislosti na mezní vrstvě maziva h mezi substrátem (**těleso A**) a nástrojem. (**těleso B**). Jednotlivé typy tření (I tření mezní , II tření smíšené a III tření hydrodynamické) jsou zaznamenány do tzv. Stribeckova diagramu viz obr.2.9, kde koeficient tření je závislý na relativní rychlosti třecích partnerů v , při použití maziva s určitou viskozitou η a při konstantním zatížení p . [8]



(I tření mezní, II tření smíšené a III tření hydrodynamické)

Obr.2.8: Jednotlivé typy tření vznikající při tažení karosářských výlisků .[8]



Obr.2.9: Stribeckův diagram tření působících při tažení [8]

2.4.2 Charakteristika maziv pro tváření

Mazivo je důležitým prostředkem v procesu tváření, bez něj by většina procesů nebyla uskutečnitelná. Na jeho složení, vlastnostech a použití záleží životnost tvářecích nástrojů, povrchové vlastnosti tvářených materiálů a velikost tvářecí práce.

Beztržkové opracování patří do oboru tváření kovů, zde v užším smyslu ke tváření za studena. Výroba kovových součástí tvářením získávala v minulých letech stále větší význam. Podstatnou předností ve srovnání s třískovým obráběním je větší hospodárnost a technologičnost, například:

- úspora materiálu
- zpevňování při tváření za studena
- optimální průběh vláken v dílci
- docílení vysoké kvality povrchu
- krátké výrobní časy.

V průběhu zlepšování postupů a rozšíření znalostí v této oblasti se zvyšovaly i požadavky na používaná maziva. Výběr maziv a jejich použití je závislý na různých vlastnostech a musí být posuzován ze tří různých hledisek:

- stav maziva a dílů před tvářením; aplikace
- chování během tváření
- antikorozní ochrana a odstranitelnost maziva po tváření a další opracování dílů.

V současné době získávají stále větší význam také ekonomická, ekologická, fyziologická a toxikologická hlediska.[5]

2.4.2.1 Požadavky na maziva pro tváření

Požadavky na maziva pro hluboké tažení karosářských plechů jsou :

- dobré mazací schopnosti
- konzervační vlastnosti
- snadná odstranitelnost s povrchu.[3]

Jde o středně viskózní rafinované ropné cyklické oleje s dobrou smáčecí schopností kovových povrchů, vybavené mazivostní přísadou a inhibitorem koroze.

Plechý a ocelové pásy určené pro tváření jsou ve válcovnách většinou ošetřeny ochranným filmem antikorozního nebo konzervačního oleje (**Prelube**). Tyto produkty se osvědčily nejen jako ochranné antikorozní oleje, ale také při dalším opracování pro lehké a střední tažné operace, aniž by se na tvářené plechy nanášelo další mazivo. Film, který zbyl na tažených dílech, poskytuje také dobrou antikorozní ochranu.

Pokud se pro tváření aplikuje přídatné mazivo (**Spot lubricant**), může být v mnoha případech na tvářených dílech ponecháno, aby po dobu mezikladování až do doby dalšího opracování poskytovalo antikorozní ochranu.[6]

Pro použití olejů k tváření a následné ochraně plechů proti korozi musí mít tyto oleje dobrou mazivost která roste s přítomností jedné nebo více polárních skupin v molekule, které zabezpečují vytvoření kompaktní pevně lnoucí hydrofobní vrstvičky na kovovém povrchu i za přítomnosti vody. Osvědčují se látky, které zmenšují styčný úhel kapky vody na olejové ploše.

Zvětšený polární nebo alespoň aromatický charakter oleje je z tohoto hlediska žádoucí avšak obvykle nedostačující, navíc je většinou požadována jeho stálost.

Proto se kvalitní tvářecí oleje i plastická maziva vybavují speciálními přísadami, které jim dodávají žádoucí smáčecí a ochranné vlastnosti.[6]

2.4.2.2 Přísady používané ve tvářecích mazivech

Antioxidanty

Potlačují oxidační děje a prodlužují životnost maziv.

Nízkoteplotní – lapače radikálů – provázejí reaktivní radikály vzniklé oxidací a tím zpomalují až zastavují oxidaci. Působí do teplot až +150°C.

Vysokoteplotní – rozkladače peroxidů – usměrňují rozklad peroxisloučením na interní molekuly místo na katalyticky účinné peroxidy. Nositelem této schopnosti jsou sírné látky

Protikoroziční přísady

Rozeznáváme inhibitory koroze a inhibitory rezavění. Inhibitory koroze tím, že pasivují povrch kovů, potlačují tvorbu kyselin v oleji a zpětnou korozi kovů těmito kyselinami..

Svojí polární částí se pevně adsorbují na kov, zatímco nepolární uhlovodíkový zbytek vytváří vrstvu odpuzující vodu.

Jde o zabránění mechanicky přímému styku korodantu s povrchem a potlačení difuze korodantu i korozních zplodin prostředí. U maziv tento účinek roste s jejich viskozitou. Protikoroziční účinek maziv je dočasný – oleje stárnou. Vyrábějí se speciální konzervační oleje.

Modifikátory viskozity a viskozně teplotní křivky

Jde především o polární a nepolární polymery a kopolymery. Oleje zahuštěné polymery jsou pseudoplastické a viskoelastické. To zvyšuje jejich mazivost, zvláště u polárních polymerů.

Protipěnovostní přísady

Polární látky v olejích zvyšují jejich sklon k nežádoucímu pění při styku se vzduchem. Nejčastěji se používají polymetylsiloxeny.

Mazivostní a protioděrové přísady, modifikátory tření

Vytvářejí fyzikální, nebo chemickou adsorpci únosnější film na povrchu třecích párů s menším součinitelem tření.

Vysokotlaké a protizadírací přísady (VT,EP)

Jsou to látky, které vytvářejí s materiálem třecích dvojic vlastní mazací film, pevně připoutaný k povrchu a odolný proti roztrhnutí. Aktivní jsou skupiny chlóru, síry a fosforu. Vzniklý mazací film zabraňuje svaření a zadření kovových povrchů.[2]

Z hlediska tvářecího procesu je potřeba dále osvětlit nejen chování maziv v průběhu tváření ale i způsoby jejich nanášení a odstraňování.

2.4.3 Principy použití maziva při tváření

2.4.3.1 Nanášení maziva před tvářením

Nanášení maziva záleží na jeho typu, neboť každé mazivo je charakteristické svými užitnými vlastnostmi. Tvářecí maziva lze rozdělit na tři základní druhy :

- konzervační (dvoufunkční),
- technologická (jednofunkční),
- prací oleje

Konzervační mazadla jsou nanášena na plech již u výrobce – v hutích. V dnešní době je kladen podstatně větší význam na jejich konzervační schopnost (primární funkce), než na schopnost mazací – technologickou (sekundární funkce).

Technologická mazadla jsou nanášena na přístřih až před vlastním tažením a dále dle mazacích plánů pouze na místa, kde chceme omezit vliv tření (primazávání).

Prací oleje, použití má význam zejména při tažení výlisků karosářského typu, u kterých je požadována vysoká kvalita povrchu (např. z důvodu další úpravy povrchu lakováním).[8]

Při hlubokém tažení plechů mohou být maziva nanášena ručně nebo válečkem, máčením, naválcováním nebo nástřikem. Ručně lze nanášet produkty všech konzistencí, pokud roztírání nebude vyžadovat přílišné pracovní úsilí. Nanášení jinými způsoby vyžaduje řídce pastovitou až tekutou konzistenci, případně vyšší teploty. Pro nanášení máčením jsou vhodné emulze, přičemž teplota máčecí lázně je závislá na optimálním smočení materiálu a předcházejícím zpracování. U teplých máčecích emulzí se odpaří podstatný podíl vody a na ošetřeném dílu zůstává tenký film koncentráту, který po tváření většinou nemusí být odstraněn.

Nejvýhodnějším způsobem nanášení je nástřik. Stejně jako u ručního nanášení lze mazivo nanášet cíleně, což znamená, že mazivo lze nanést jen na potřebná místa, zatímco ostatní místa zůstanou nenamazaná. Proto se pro mazivo používané při tváření plechů užívá stále častěji označení spot lubricant. Předností tohoto maziva s možností lokálního nanesení není jen úsporné použití, ale také snížené zaoilování a znečištění lisů a okolí. Rovněž se zjednodušuje následné čištění.[3]

2.4.3.2 Chování maziv během tváření

Úspěšnost procesů tváření kovů závisí na třech skupinách vlivů:

- na metalurgických vlastnostech kovu a jeho povrchu
- na mechanickém způsobu tváření a použitém stroji
- na množství a způsobu nanesení, na konzistenci a výkonnostních parametrech maziva.[5]

Pro všechny tvářecí operace má největší význam tvářitelnost materiálů. Z toho odvozený stupeň obtížnosti tváření je důležitý pro výběr maziva. Informace o tvářitelnosti je dána přetvořitelností, kterou lze odvodit například z poměrného zúžení průřezu při přetržení zjištěného při tahové zkoušce. Dalším kritériem je tak zvaná krajní mez přetvoření, která je závislá na parametrech tváření.

Znalost přetvárné pevnosti není nutná jen pro výpočet vznikajících sil a práce, kterou je nutno vynaložit. Z křivek přetvárné pevnosti můžeme odvodit jakého zvýšení pevnosti při jakém přetvoření lze docílit. Zpevnění současně znamená zvýšení odolnosti proti opotřebení.

Vliv legování ocelí na přetvárnou pevnost lze odvodit z křivek přetvárné pevnosti. Podle toho je potřeba síly pro legované oceli téměř dvojnásobná ve srovnání s nelegovanou nebo nízkouhlikatou ocelí. U nerezavějících ocelí s obsahem nejméně 12 % chromu je potřebná síla ještě vyšší.[6]

Od maziva se očekává, že zmenšením tření usnadní kluzný pohyb tvářeného dílu v nástroji a současně vytvoří účinnou separační vrstvu mezi kovy tvářených dílů a nástrojů. Vzhledem k tomu, že při tváření lze jen v málo případech počítat s hydrodynamickým mazáním, musí mazivo obsahovat přísady, které po celou dobu tvářecího procesu zajišťují účinnou separační vrstvu. Mohou to být polární přírodní přísady nebo takové, které mění povrchy kovů chemickou reakcí. Zamezují tak kontaktu povrchu kovů.

Podobného separačního efektu lze docílit také přidáním pevných, v mazivu dobře rozptýlených látek, které fungují jako inertní plniva nebo pevná maziva. V řadě případů, jako například u plochých tažných dílů, se vyžaduje relativně nízká tažná síla a současně vysoká přidržovací síla. Síla tření pod přidržovačem při tom nesmí být výrazně snížena, aby se zamezilo zvlnění. Proto se musí mazat cíleně. Mazání by se zásadně mělo omezit jen na zónu tváření, aby byl příznivě ovlivněn poměr mezního tažení a tvářecí síly. Například mazáním dna taženého dílu může být dosaženo právě opačného účinku a může vést k trhlinám dna. Tato místa musejí zůstat bez maziv.

Snížením koeficientu tření mezi tvářeným dílem a nástrojem je ovlivňován tok materiálu a tím také omezeno opotřebení nástrojů. Nedostatečný tok materiálu při hlubokém tažení se na místech s vysokým požadavkem na protažení projeví zúžením průřezu. Pokud povrch tvářeného materiálu vykazuje rýhy, nemá mazivo dostatečnou separační účinky. To působí jednak zvýšené opotřebení nástroje a v případě nánosu materiálu na hrany nástroje může podpořit tvorbu rýh nebo může ovlivnit zachování přesnosti rozměru tvářených dílů.[5]

Životnost nástrojů z tvrdokovu je podstatně vyšší ve srovnání s životností nástrojů z nástrojové oceli. Speciálně upravené povrchy také výrazně prodlužují životnost nástroje. V podstatě je nutno při posuzování mazacího procesu zohlednit materiál tvářeného dílu a nástrojů, případně povrchové úpravy.

2.4.3.3 Odstranění maziva

Mazivo je nutno ve většině případů z ošetřených dílů okamžitě po opracování nebo krátkém meziskladování odstranit. Mazivo lze odstranit omytím nebo v případě tepelného zpracování bez předchozího čištění přímo žiháním.

Pro odstraňování maziva mytím se používají průmyslové čisticí prostředky, většinou vodné, alkalické. Rozlišujeme hlavně dvě skupiny čisticích prostředků a to do ponořovacích lázní a postřikové čisticí prostředky.

Tyto čisticí prostředky jsou složeny ze syntetických organických a anorganických složek ve spojení se smáčecími prostředky a jsou provozními kapalinami, optimalizovanými pro daný způsob použití.

V mnoha případech může být provedeno mytí až po absolvování jiných pracovních postupů,

V automobilovém průmyslu je jednou z podmínek použití maziv, při tváření dílů karosérie, jejich kompatibilita např. s různými typy lepidel používanými buď na utěsňování či přímo k lepení dílů karoserie nebo v kombinaci s jinými látkami při lakování, kde i malé zbytky maziv mohou ovlivnit používané elektroforézní laky nanášené ponořováním.

Při lepení plechů se stále častěji upouští od předchozího odstranění tvářecího maziva. Přitom nesmí dojít k nepřípustné změně přilnavosti lepidla. Jde tu o jasnou závislost na tloušťce vrstvy maziva, dají se však zřetelně zjistit i specifické vlivy maziv.[6]

2.4.3.4 Problematika likvidace tvářecích maziv

Dle nařízení o upotřebených olejích dle zákona o odpadech, které vstoupilo v platnost 1.11.1987, jsou mezní hodnoty pro znovuzpracovatelná upotřebená maziva 4 ppm PCB a celkem 0,2 % halogenů. Pokud jsou tyto mezní hodnoty překročeny, musí být tyto upotřebené oleje dány k tepelnému zpracování v povolených spalovacích zařízeních nebo musí být likvidovány jako zvláštní odpad. Znamená to, že pro tvářecí maziva s vysokým obsahem chlóru vznikají vysoké likvidační náklady. To má určitý význam i u ztrátového mazání (kde se upotřebený olej nevyskytuje), jelikož filmy tvářecích maziv obsahující chlór mohou později kontaminovat jiné produkty, například čisticí kapaliny, organickými sloučeninami chlóru. Tvářecí oleje se mohou při použití dostávat také do hydraulických a převodových oběhových systémů a při jejich likvidaci nebo výměně vytvořit nebezpečný odpad.

V minulých letech byly kladeny zvýšené požadavky na vývoj tzv. ekologických kovoobráběcích kapalin. U těchto inovací šlo v podstatě o to, vybírat surovinu zvláště podle toxikologických hledisek a při používání produktů klást důraz na jejich nepatrnou tvorbu olejové mlhy a malou odparnost. .[6]

3.0 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1.0 Příprava měření

3.1.1 Úkol měření, popis experimentů

Cílem bakalářské práce bylo experimentálně zjistit závislost úbytku množství maziva nanášeného na vzorky žárově pozinkovaného hlubokotažného karosářského plechu a jeho možný sklon ke skapávání v závislosti na podmínkách testování(času a teplotě a polohy uložení vzorků).

Pro sledování úbytku nanášeného množství maziva byla zvolena metoda přímého měření pomocí speciálního měřicího přístroje firmy FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH zapůjčeného Katedře strojírenské technologie ze ŠKODA AUTO,a.s v Mladé Boleslavi (dále v článku 3.1.2 Použité materiály, přístroje a přípravky). Při samotném měření byl používán speciálně navržený přípravek – měřicí rastr, který zaručoval přesnou polohu vzorku, izoloval měřený povrch od dotyků přístroje a lokalizoval bodová měření.

Pro splnění cíle byly navrženy 2 experimenty, které jsou dále v práci označovány takto:

- **1.experiment – sledování úbytku nanášeného množství maziva**
- **2.experiment – sledování sklonu maziva ke skapávání**

Oba typy experimentu byly prováděny v závislosti na čase a teplotě a poloze vzorku v termoizolační komoře(popis v článku 3.1.2 Použité materiály, přístroje a přípravky).

Podmínky testování byly stanoveny podle metodiky měření na Katedře strojírenské technologie vycházejících z podmínek vyskytujících se v sériové výrobě automobilového závodu ŠKODA AUTO,a.s v Mladé Boleslavi.

Společné podmínky pro oba experimenty

Časové podmínky

- Kondicionace – **1 hodina**
- Náhlá výrobní odstávka – **24 hodin**
- Celozávodní dovolená – **336 hodin (14 dní)**

Teplotní podmínky

- Teplota ve výrobní hale v letním období - **+35±1°C**
- Teplota běžně udržovaná ve výrobní hale - **+20±1°C**

Rozdílné podmínky experimentů

Podmínka polohy vzorku v termoizolační komoře

- 1.experiment – **Horizontální poloha**
- 2.experiment – **Vertikální poloha**

Experimenty byly zařazeny do dvou sérií podle společné podmínky teploty udržované v termoizolační komoře takto:

- **První série – teplota komory +35±1°C**
- **Druhá série – teplota komory +20±1°C**

3.1.2 Použité materiály, přístroje a přípravky

Tvářecí oleje

Skupina maziv byla volena tak, aby obsahovala běžně používaná maziva při tažení v průmyslu a pokrývala jak prací oleje, tak preluby i tažné oleje.

Při experimentu byly použity 3 zástupci charakteristických tvářecích olejů a jeden nově připravovaný olej firmy FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH a to

- Anticorit PL 3802-39S dále označení **39S**
- Anticorit PL 3802-39LV dále označení **39LV**
- Anticorit PL 39LV14 dále označení **LV14**
- Renoform MCO 3028 dále označení **RF**.

Do skupiny tažných olejů byl zařazen i olej firmy PFINDER KG

- AP 167/72 dále označení **AP**.

Pro popis základních vlastností těchto olejů byly použity jejich produktové listy. Jejichž úplné znění je v přílohách 1,2,3,4,5 a přehled funkčních vlastností poskytuje tabulka 3.1.

Zde jsou popsány pouze nejdůležitější vlastnosti a informace jednotlivých typů maziv použitých v experimentu.

Anticorit PL 3802-39S

Olej typu Prelube – jde o ochranný antikorozi olej i tvářecí mazivo pro použití v ocelárnách i jako tvářecí látka nanášená bezprostředně před tvářením. Je vhodný pro zušlechtnuté i běžné ocelové plechy. Snadno se odstraňuje i po tepelném zatížení, je slučitelný se všemi běžnými lepicími systémy při výrobě automobilů, je snášetlivý s katalytickými laky a laky s nízkým obsahem rozpouštědel a pigmentů.

Nezatěžuje pracovní prostředí díky základovému oleji bez obsahu těžkých kovů a halogenů a s nízkým obsahem aromatů.

Při delším skladování může dojít k lehkému usazování látek, zajišťujících tixotropní účinky.

Anticorit PL 3802-39LV

Olej typu Prelube - prací olej .-.jde o nízkoviskózní ochranný antikorozi olej s tvářecími vlastnostmi, bez obsahu baria.

Poskytuje velmi dobrou odolnost při venkovním skladování pod střechou, v klimatické komoře a v kyselé atmosféře, zejména na citlivém povrchu pásové oceli válcované za studena.

Je snadno odstranitelný neutrálními a alkalickými čistidly. Na svislých plochách vykazuje optimální stabilitu filmu.

Anticorit PL 39LV14

Jde o novinku na trhu, tento olej je nízkoviskózní olej typu Prelube – prací bez obsahu baria pro čištění ocelových pásů v pracích strojích před tvářením, jeho mazací schopnosti zlepšují tažení a redukují opotřebení, zbytkově chrání proti korozi.

Je snadno odstranitelný a jen omezeně stéká na kolmých plochách. Je kompatibilní s fosfátováním, katodickým lakováním a dnes obvyklými lepidly používanými při hrubé stavbě karoserií.[9]

Renoform MCO 3028

Olej typu Spot Lubricant – jde o olej určený pro hluboké tažení povrchových dílů karoserií pro střední až obtížné stupně přetvoření, obsahuje ropné oleje, polární a EP přísady.

Je ověřena jeho dobrá snášenlivost s antikorozními oleji Anticorit a Prelube.

Nanáší se jen na požadovaná místa plechových tabulí, je vhodný pro všechny kvality plechů, i pohliníkované a pozinkované. Snadno se nanáší, má omezenou stékavost, poskytuje vysokou ochranu proti opotřebení a korozi, nepůsobí rušivě při kataforetickém lakování ponorem.

Odstranění je doporučováno vodnými alkalickými čistidly.[9]

AP 167/72

Olej pro hluboké tažení ocelových i pozinkovaných či pohliníkových plechů. Má velmi dobré protikorozi ochranné vlastnosti, je lehce odstranitelný, nevykazuje sklony k odkapávání během skladování.

Je složen ze speciálních rafinovaných minerálních olejů, antikorozních a vysokotlakých aditiv.

Aplikuje se ponořením dílů v lázních nebo nástřikem při teplotě 20 – 30°C nebo krátkodobě při 70°C. Jeho životnost je při běžných teplotách 1rok, je nutno jej vždy před použitím promíchat, má sklon k usazování.[10]

Tabulka 3.1: Stručná hodnotová charakteristika použitých maziv [9,10]

Označení oleje	Kinematická viskozita při 40°C [mm ² s ⁻¹]	Hustota při 15°C [kg m ⁻³]	Bod vzplanutí [°C]
AC PL 3802-39S	60	915	196
AC PL 3802-39LV	17	890	150
AC PL 39LV14	15	875	>110
RF MCO 3028	130	918	>155
AP 167/72	160	910	>200

Testovaný substrát

Pro plánované experimenty byl zvolen hlubokotažný ocelový plech, opatřený protikorozi ochranou vrstvou na bázi zinku, zhotovenou žárovým zinkováním.

- St 06 Z 100 MBO (označení dle VW 501 11)
- DX 54 D+Z100 MBO (označení dle EN 10 142)
- jmenovitá tloušťka 0,80 mm (tolerance rozměrů dle EN 10 143)
- skutečná tloušťka 0,81 mm
- mikrogeometrie povrchu: **Ra** = 1,04μm
- mechanické vlastnosti: **Rm** = 295 MPa, **Rp0,2** = 164 MPa
- tažnost: **A80** = 44 %

Měřicí přístroj

Pro měření tloušťky vrstvy oleje na kovovém povrchu byl využit speciální aparát firmy FUSCH EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH zapůjčený Technické univerzitě z automobilového závodu Škoda auto a.s. v Mladé Boleslavi. Zařízení se skládá z pevného hliníkového obalu, potaženého pryží, který obsahuje osvětlovací systém, filtrové kolo, detektor, referenční mechaniku, baterie a elektroniku. Tento přístroj pracuje na principu infračervené – filtrovací techniky a používá se k běžné kontrole kondicionace karosářských plechů při výrobě. Jeho nespornou výhodou je velice snadná manipulace, nastavení i odečítání hodnoty olejového povlaku v g/m^2 přímo na LCD displeji přístroje. Konstrukce měřícího aparátu umožňuje infračerveným paprskem snímat povrch plechu o rozměrech $10 \times 10 \text{ mm}$ a zaznamenávat množství maziva naneseného na kontrolované ploše.

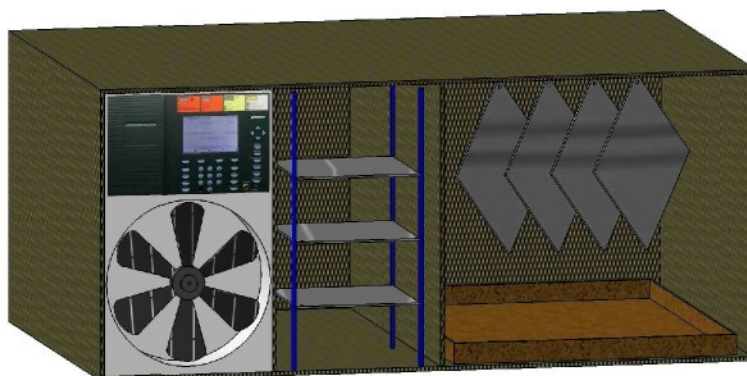
Kalibrace je přednastavená na několik druhů kovového povlaku např. na ocelové plechy válcované za studena, na plechy s povlaky žárově zinkovanými (HDG), elektrolyticky zinkovanými (EG), plechy pohliníkované. Další povrchy mohou být dle požadavků přidány. Zařízení je schopno měřit vrstvy maziv v rozsahu hodnot $0,2$ až 6 gm^{-2} . [11]



Obr.3.1: Měřicí aparát pro kontrolu naneseného množství maziva firmy FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH

Termoizolační komora

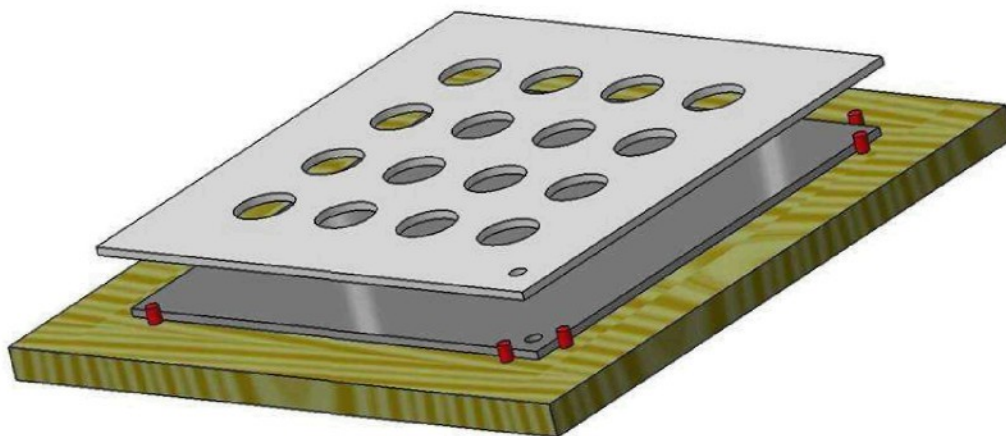
Při experimentu byla využita termoizolační komora umístěná v laboratořích Katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci. Tato je vybavena teplovzdušným ventilátorem s vnějším termostatem a vnitřním snímačem teploty v komoře, který udržuje nastavenou teplotu s přesností $\pm 1^\circ\text{C}$. Komora je uzpůsobená k umístění vzorků ve vodorovné i svislé poloze, jak je znázorněno na obr.3.2.



Obr.3.2: Uspořádání termoizolační komory

Přípravek pro měření – měřicí rastr

Přípravek – měřicí rastr byl vyroben pro účely experimentu z plastu – polypropylenu a dřevěné základové desky. Je vybaven opěrkami tak, aby při měření umožnil přesně umístit každý vzorek, izolovat kondicionovaný povrch substrátu od dotyku s měřidlem a zároveň lokalizovat měření do 16 bodů na ploše vzorku pomocí pravidelně rozmístěných otvorů o průměru 35mm. Tento rastr představuje obrázek 3.3.



Obr.3.3: Přípravek pro měření – měřicí rastr s pohledem na ustavení vzorku

3.1.3 Přípravné práce se vzorky

Výroba vzorků

Z plechu byly na tabulových nůžkách nastříhány vzorky o rozměrech 300 x 300 mm v počtu 30 ks. Do všech vzorků byl v jednom z rohů vyvrtán otvor o průměru 8 mm pro zavěšení v termoizolační komoře.

Příprava vzorků

Každý zkušební vzorek byl pečlivě opakovaně odmaštěn acetonovým rozpouštědlem a vysušen pomocí bavlněné tkaniny.

Nanášení olejové vrstvy

Olej byl na vzorky nanášen ručně pomocí stěrky s jelenicovým páskem (viz. Obrázek 3.4). Dle metodiky vypracované na Katedře strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci a kritérií ŠKODA AUTO, a.s. bylo stanoveno pro všechny druhy maziv množství 3g oleje na 1m² plochy vzorku s přesností $\pm 0,2$ g/m².



Obr.3.4: Ruční nanášení olejové vrstvy na sledované vzorky

Každý olej byl nanášen na 3 vzorky pro každý typ experimentu (2 polohy vzorků), tedy celkem na 6 vzorků v každé sérii. Vzorek byl po nanesení oleje 5x přeměřen měřícím aparátem v náhodných bodech pro kontrolu nanesené vrstvy, jak znázorňuje obrázek 3.5.



Obr.3.5: Kontrolní přeměřování naneseného množství

Jelikož nebylo možné použít aparát pro nástřik maziva, byla stanovena požadovaná tolerance naneseného množství maziva vyšší, a to $3 \pm 0,3 \text{ g/m}^2$. Pokud při kontrole byla zjištěna měřená hodnota mimo zadanou toleranci, byl celý vzorek znovu upravován stěrkou tak dlouho, dokud vstupní měření nebyla v požadované toleranci množství maziva na naneseném povrchu. Teprve pak byl požadovaný vzorek přijat pro následné experimentální měření.

Dosáhnout pravidelné vrstvy ručním nanášením bylo velice komplikované a proto byla příprava vzorků mnohem časově náročnější než kdyby byla použita strojní metoda nástřiku. Celá operace nanášení množství maziva s požadovanou přesností pro přijetí vzorků do experimentu probíhala pro každou sérii 30ti vzorků odděleně a kladla velké požadavky nejen na pečlivost a přesnost nanášení a měření ale i na čas.

3.1.4 Vstupní podmínky testování

Označení vzorků

Každý vzorek byl po nanesení tvářecího oleje označen lihovým popisovačem v rohu s otvorem kódem, který konkretizoval jak použitý olej, tak každý vzorek a zároveň jej zařadil do typu experimentu.

Pro zřejmost zápisu je třeba uvést, jak byly vzorky označeny. Příslušný kód a jeho význam je uveden v tabulce 3.2

Tabulka 3.2: Význam označení vzorků během experimentů

Označení vzorku	Použitý olej	Teplota	Poloha vzorku
1A, 1B, 1C	AC PL 3802-39S	Dle série	Horizontální
2A, 2B, 2C	AC PL 3802-39LV	Dle série	Horizontální
3A, 3B, 3C	AC PL 39LV14	Dle série	Horizontální
4A, 4B, 4C	RF MCO 3028	Dle série	Horizontální
5A, 5B, 5C	AP 167/72	Dle série	Horizontální
1D, 1E, 1F	AC PL 3802-39S	Dle série	Vertikální
2D, 2E, 2F	AC PL 3802-39LV	Dle série	Vertikální
3D, 3E, 3F	AC PL 39LV14	Dle série	Vertikální
4D, 4E, 4F	RF MCO 3028	Dle série	Vertikální
5D, 5E, 5F	AP 167/72	Dle série	Vertikální

Písmena A – C určovala vzorky 1. experimentu - sledování úbytku naneseného množství maziva v závislosti na čase a teplotě a písmena D – F určovala vzorky 2. experimentu - sledování sklonu maziva ke skapávání v závislosti na čase a teplotě.

Čas jednotlivých měření

Stanovení jednotlivých časů vycházelo z podmínek sériové výroby.

Pro oba experimenty byly nastaveny stejně dlouhé prodlevy mezi jednotlivými měřeními a to **1 hodina, 24 hodin a 336 hodin**.

Čas jedné hodiny mezi nanesením olejové vrstvy a vstupním měřením je optimální pro rozlití maziva na kondicionovaném substrátu.

Prodleva jednoho dne (24 hod.) měla simulovat přerušení výroby v důsledku náhlého výpadku výroby či plánované odstávky.

Dvoutýdenní interval (336h) představuje plánovanou výrobní přestávku z důvodu celozávodní dovolené.

Teplota

Každý experiment probíhal ve dvou teplotních režimech.

Pro první sérii byla zvolena teplota $+35\pm 1^{\circ}\text{C}$, což odpovídalo teplotě provozní haly letním období.

Druhá série probíhala za běžných teplotních podmínek dodržovaných v hale lisovny, tedy při $+20\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Poloha vzorku

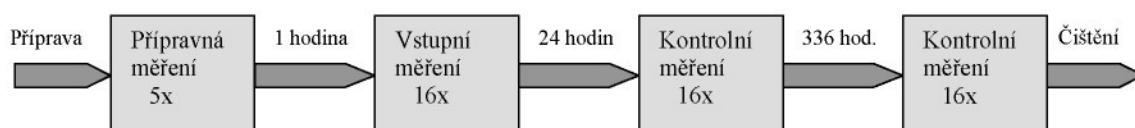
V každé sérii byly zvoleny dvě polohy pro ukládání vzorků do termoizolační komory a to :

- **horizontální** – pro experiment zaměřený na určení úbytku naneseného množství oleje s časem a teplotou
- **vertikální** – pro experiment zaměřený na sledování sklonu oleje ke skapávání v závislosti na čase a teplotě

3.2 Postup měření

Postup operací, prováděných s každým vzorkem každé série znázorňuje následující schéma.[Obr.3.6]

Cesta vzorku experimentem



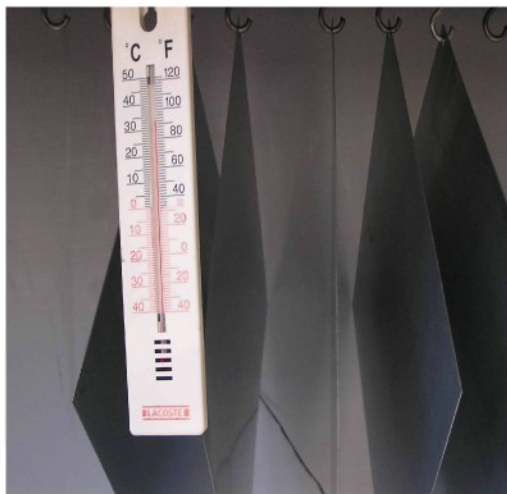
Obr.3.6: Schéma postupu měření

3.2.1 1.série měření - při teplotě $+35\pm 1^{\circ}\text{C}$

Vstupní měření množství maziva

Po nanesení prokázané vrstvy $3\pm 0,3 \text{ g/m}^2$ a hodinové kondicionaci ve vodorovné poloze byly odměřeny pomocí přípravku - měřícího rastru a měřidla firmy FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH vstupní hodnoty olejové vrstvy v 16 bodech na každém vzorku a zapsány do tabulky. Vzorek byl pak následně dle typu experimentu buď zavěšen, nebo položen do termoizolační komory.

Po vstupním měření byly vzorky umístěny 24 hodin za stálé teploty $+35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ v termoizolační komoře, jak ukazuje obrázek 3.7.



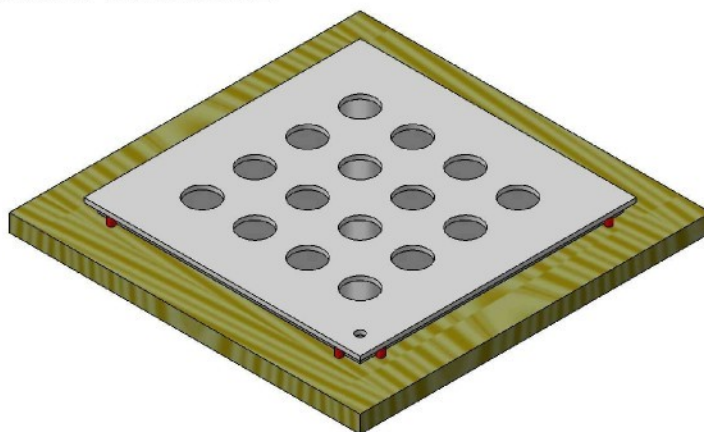
Obr.3.7 Vzorky 1. experimentu v termoizolační komoře

Kontrolní měření po 24 hodinách od vstupního měření

Po uplynutí 24 hodin od vložení celé série do termoizolační komory byly vzorky vyjmuty z komory a každý vzorek opět pomocí přípravku odměřen ve stejných 16 bodech, hodnoty byly zapsány do nové tabulky a vzorek byl vrácen na své místo do komory, kde setrval za stálé teploty až do dalšího měření.

Kontrolní měření po 336 hodinách od vstupního měření

Po 336 hodinách od vstupních měření proběhlo poslední přeměření hodnot aktuálního množství maziva na substrátu vzorků. Vzorky byly naposledy vyjmuty z termoizolační komory na pracovní stoly a každý z nich byl i nyní přeměřen pomocí přípravku ve stejných 16 bodech, (jak je vidět na obrázku 3.8) kde proběhla předchozí dvě měření. Poté byly vzorky pečlivě několikanásobně odmaštěny acetonovým rozpouštědlem a osušeny a takto připraveny na druhou sérii měření.



Obr. 3.8 : Použití rastru k nastavení polohy měřených bodů

3.2.2 2. série měření - při teplotě $+20\pm 1^{\circ}\text{C}$

Na očištěné a odmaštěné vzorky byla v rámci druhé série měření opět nanesena vrstva oleje s přesností $3\pm 0,3 \text{ g/m}^2$. Vzorky v počtu 6 kusů pro každý

zkoušený olej a tyto byly opět postupně 3x přeměřeny ve stejných 16 bodech dle měřicího rastru. Po dobu zvolených časových intervalů mezi měřeními se vzorky nacházely v termoizolační komoře v poloze, odpovídající jejich zařazení do experimentu. Měření probíhalo opět po 1 hodině, po 24 hodinách a po 336 hodinách od nanesení olejové vrstvy. Tyto hodnoty byly také zapisovány do příslušných tabulek. Od předchozí série se tato lišila zadanou vstupní podmínkou teplotou nastavenou v komoře, metodika experimentu jinak byla stejná, jako v předcházející sérii měření, které probíhalo při $+35\pm 1^\circ\text{C}$, což odpovídá letní teplotě v dílně, druhá série probíhala při $+20\pm 1^\circ\text{C}$, což je dílenská teplota v zimním období. Zapsáním měřených hodnot do tabulek vznikly popisy odměřených vrstev olejů na konkrétních vzorcích při daných podmínkách a časových intervalech.

3.3 Zápis naměřených hodnot a výpočty

3.3.1 Tabulky odměřených hodnot

Během celého cyklu měření bylo vyplněno 180 tabulek, popisujících hodnoty nanesených množství maziv v jednotlivých místech každého vzorku v průběhu času. Tyto naměřené hodnoty byly dále využity pro výpočty potřebné k porovnání chování jednotlivých olejů při zadaných režimech.

Vzhledem k jejich množství bylo účelné uvést je v přílohách č. 6, 7, 8, 9.

3.3.2 Výpočty a výsledné tabulky

3.3.2.1 Výpočet průměrných hodnot množství jednotlivých olejů na vzorcích

Jelikož měřicí přístroj pracoval s omezenou tolerancí $0,1 \text{ g/m}^2$ nelze určit průměrnou hodnotu množství naneseného oleje přesněji, výsledky jsou tedy uváděny v téže přesnosti.

Při měření byl dodržován postup i poloha měřených míst pomocí přípravku, který zabezpečoval neporušení vrstvy oleje v měřených bodech mezi jednotlivými měřeními. Výpočet byl prováděn pomocí matematicko statistických metod pro opakovaná měření sledovaných hodnot. Pro určení průměrného množství naneseného oleje bylo vhodné určit aritmetický průměr všech naměřených hodnot na každém vzorku, po vyloučení anomálií, tedy nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty.

Hodnota aritmetického průměru $\bar{x}$ byla určena dle vztahu:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

kde x_i je hodnota při jednom měření, n je počet opakovaných měření.

Dále byla stanovena výběrová směrodatná odchylka (jednoho měření) s :

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Pro výpočet výběrové směrodatné odchylky $\bar{s}$ střední hodnoty (aritmetického průměru) byl použit vztah:

$$\bar{s} = \frac{s}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (3)$$

Tyto výpočty proběhly pro každou tabulku odměřených hodnot 1: experimentu, tedy celkem pro 90 testů.

3.3.2.2 1 experiment – Sledování úbytku naneseného množství maziva v závislosti na čase a teplotě

Výpočet procentuálních ztrát množství olejů při jednotlivých teplotních režimech v závislosti na čase

Pro sledování úbytků naneseného množství maziva na substrátu v závislosti na čase a teplotě byla zvolena metoda porovnání průměrných hodnot nanesených množství na jednotlivých vzorcích ve sledovaných časových intervalech. Tato metodika se lišila od dříve používaných tím, že využila ke stanovení naneseného množství aritmetický průměr hodnot přímo naměřených speciálním přístrojem na jednotlivých, přesně určených, místech vzorků, nikoli získaných odvažováním celého vzorku na přesných vahách. Zároveň byly získány podrobnější místní popisy stavu vrstev nanesených množství olejů na jednotlivých vzorcích v průběhu času. Popsaný postup byl nově stanoven na Katedře strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci a poprvé použit v této práci.

Výpočet spočíval v určení průměrného procentuálního rozdílu hodnot množství oleje po 1 hodině a 24 hodinách nebo 336 hodinách od počátku kondicionace.

Nejprve byly spočteny průměrné hodnoty množství oleje na jednotlivých vzorcích pro každé měření, pomocí vzorců (1), (2) a (3), uvedených dříve, pro všech devadesát tabulek vzorků 1A, B, C, až 5A, B, C. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.3 ve sloupcích označených 1.měření 1h (pro interval 1 hodiny od nanesení maziva), 2.měření 24h (pro interval 24 hodin od nanesení maziva) a 3.měření 336h (pro interval 336 hodin od nanesení maziva).

Dalším krokem výpočtu bylo zjistit rozdíly v průměrných hodnotách množství naneseného oleje mezi jednotlivými přeměřeními vzorků. Tyto hodnoty jsou v tabulce 3.3 označeny jako $\Delta 1$ až 2 (pro interval 24 hodin) a $\Delta 1$ až 3 (pro interval 336 hodin).

Následně byly určeny průměrné procentuální úbytky množství maziva pro každý vzorek za daných podmínek. Tyto hodnoty jsou ve sloupcích tabulky 3.3 označených $\Delta 1$ až 2 v % (pro interval 24 hodin) a $\Delta 1$ až 3 v % (pro interval 336 hodin).

Posledním krokem vyhodnocení bylo určení průměrného procentuálního úbytku maziva pro jednotlivé typy olejů a časové intervaly. Tyto konečné hodnoty jsou ve sloupcích tabulky 3.3 označených žlutě a konkrétně průměrné procentuální úbytky množství naneseného oleje po 24 hodinách od zahájení experimentu jsou označeny jako 1 až 2 v %, a průměrné procentuální úbytky množství maziva po 336 hodinách od zahájení experimentu jsou označeny jako 1 až 3 v %.

Tabulka 3.3: Zápis vypočtených hodnot pro zhodnocení závislosti úbytku nanášeného množství oleje na čase a na teplotě, hodnoty množství jsou uváděny v g/m², poměrné veličiny v procentech.

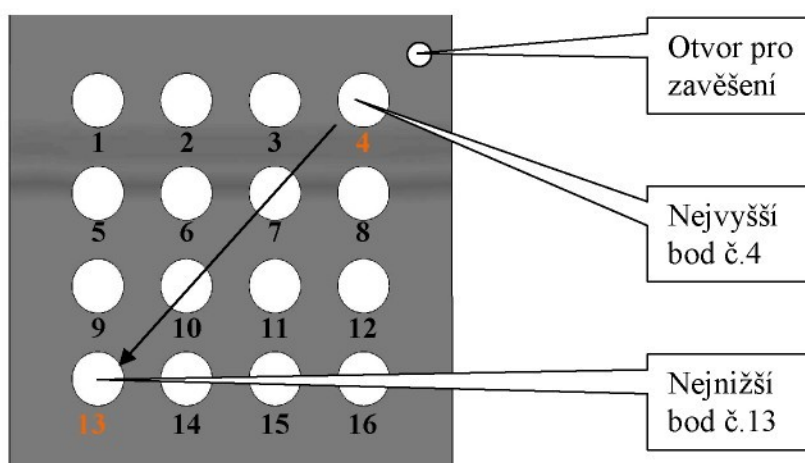
Teplota	Označení Vzorku	Průměrné hodnoty maziva v g/m ²					Úbytek v procentech			
		1.měření 1h	2.měření 24h	3.měření 336h	Δ 1 až 2	Δ 1 až 3	Δ 1 až 2 v %	Δ 1 až 3 v %	Průměrné úbytky	
									1 až 2 v %	1 až 3 v %
35°C	1A	3,0	2,6	1,9	0,4	1,1	13	37	9 $\bar{s} = 0,012$	35 $\bar{s} = 0,016$
	1B	2,9	2,5	1,9	0,4	1,0	14	34		
	1C	3,0	2,7	2,0	0,3	1,0	10	33		
	2A	3,0	2,7	1,7	0,3	1,3	10	43	10 $\bar{s} = 0,021$	47 $\bar{s} = 0,013$
	2B	3,1	2,8	1,5	0,3	1,6	10	52		
	2C	3,0	2,7	1,6	0,3	1,4	10	47		
	3A	3,0	2,3	1,5	0,7	1,5	23	50	20 $\bar{s} = 0,020$	51 $\bar{s} = 0,017$
	3B	3,0	2,4	1,4	0,6	1,6	20	53		
	3C	3,0	2,5	1,5	0,5	1,5	17	50		
	4A	2,9	2,9	2,2	0,0	0,7	0	24	1 $\bar{s} = 0,019$	29 $\bar{s} = 0,015$
	4B	3,0	2,9	2,1	0,1	0,9	3	30		
	4C	2,8	2,8	1,9	0,0	0,9	0	32		
	5A	2,9	2,9	1,5	0,0	1,4	0	48	5 $\bar{s} = 0,022$	49 $\bar{s} = 0,023$
	5B	3,0	2,8	1,5	0,2	1,5	7	50		
	5C	2,9	2,7	1,5	0,2	1,4	7	48		
20°C	1A	3,0	2,8	2,0	0,2	1,0	7	33	3 $\bar{s} = 0,016$	32 $\bar{s} = 0,019$
	1B	3,0	2,9	2,0	0,1	1,0	3	33		
	1C	2,9	2,9	2,0	0,0	0,9	0	31		
	2A	3,1	2,9	1,6	0,2	1,5	6	48	2 $\bar{s} = 0,021$	42 $\bar{s} = 0,017$
	2B	3,0	3,0	1,7	0,0	1,3	0	43		
	2C	2,8	2,8	1,8	0,0	1,0	0	36		
	3A	2,9	2,5	1,6	0,4	1,3	14	45	15 $\bar{s} = 0,015$	48 $\bar{s} = 0,018$
	3B	2,8	2,4	1,6	0,4	1,4	14	50		
	3C	3,1	2,6	1,6	0,5	1,5	16	48		
	4A	3,0	3,0	2,0	0,0	1,0	0	23	0 $\bar{s} = 0,014$	24 $\bar{s} = 0,018$
	4B	3,0	3,0	2,0	0,0	1,0	0	23		
	4C	3,0	3,0	1,9	0,0	1,1	0	27		
	5A	3,1	3,1	1,8	0,0	1,3	0	42	0 $\bar{s} = 0,019$	39 $\bar{s} = 0,022$
	5B	3,2	3,1	1,8	0,0	1,2	0	38		
	5C	2,8	2,8	1,7	0,0	1,1	0	39		

3.3.2.3 Druhý experiment – Sledování sklonu ke skapávání maziva závislosti na čase a teplotě

Sledování možného sklonu ke skapávání jednotlivých olejů

V produktových listech jednotlivých olejů bylo uváděno skapávání převážně jako omezené a při měření opravdu nedošlo ke skápnutí oleje z žádného vzorku na filtrační papír na dně komory během 336 hodin zkoušky.

V důsledku fyzikálních zákonitostí však mohlo docházet k přemístění objemových vrstev maziva po vzorcích směrem dolů. Na základě těchto skutečností byla stanovena měřená oblast, úhlopříčka vzorku, vycházející z místa zavěšení. U každého vzorku tak byl porovnán úbytek hodnoty množství naneseného oleje ve sledovaném **bodě 4** (nejvýše položené měřené místo na vzorku) s úbytkem hodnoty množství naneseného oleje ve sledovaném **bodě 13** (nejníže položené měřené místo na vzorku). Dle číslování jednotlivých měření odpovídá poloha naměřené hodnoty na vzorku poloze v tabulce naměřených hodnot.



Obr.3.9: Vzorek s očíslovaným pořadím jednotlivých měřených pozic

Pokud by olejová vrstva měla sklon ke skapávání, pak by se měl procentuální rozdíl hodnot na těchto pozicích projevit tak, že bod 4 by měl mít větší úbytek než bod 13 pro daný časový interval a teplotu.

Výpočet spočíval v určení procentuálních úbytků nanesených množství olejů na jednotlivé vzorky ve 2 přesně určených měřených bodech každého vzorku během časových intervalů v závislosti na teplotě. Vzhledem k metodě ručního nanášení se jednotlivé vstupní hodnoty odlišovaly v mezích povolené tolerance, což ovšem činilo $\pm 10\%$ od hodnoty 3g/m^2 , proto z vypočtených procentuálních úbytků nebyly spočteny průměrné hodnoty. Získané výsledky by byly zatíženy velkou statistickou chybou.

Nejdříve byly pro každý vzorek ve sledovaných bodech číslo 4 a 13 (jejich umístění je na obrázku 3.9) vypsány hodnoty naměřené po 1 hodině od nanesení oleje na substrát (v tabulce 3.4 označeno jako Vstup).

Další krok výpočtu spočíval v určení rozdílů mezi vstupní hodnotou a hodnotami naměřenými v těchto bodech po 24 hodinách (v tabulce 3.4 označeno jako $\Delta 24\text{h}$) a po 336 hodinách (v tabulce 3.4 označeno jako $\Delta 336\text{h}$).

Nakonec byly tyto rozdíly vyjádřeny v procentech vzhledem ke vstupní hodnotě v příslušném bodě každého vzorku. Tyto výsledné hodnoty jsou v tabulce 3.4 ve sloupcích označených žlutě a to pro úbytek v průběhu prvních 24 hodin (označeno jako Δ 24h v %) a také pro úbytek v průběhu celých 336 hodin trvání experimentu (označeno jako Δ 336 h v %).

Přírůstek je označen znaménkem +, úbytek je bez znaménka.

Tabulka 3.4: Zápis naměřených a vypočtených hodnot k určení sklonu ke skapávání jednotlivých olejů

Teplota	Vzorek	Bod číslo 4 hodnoty maziva v g/m ²					Bod číslo 13 hodnoty maziva v g/m ²				
		Vstup	Δ 24h	Δ 24h v %	Δ 336 h	Δ 336 h v %	Vstup	Δ 24h	Δ 24h v %	Δ 336 h	Δ 336 h v %
35°C	1D	3,1	0,6	19	1,3	42	2,9	+0,1	+3	1,3	45
	1E	3,2	0,7	22	1,5	47	3,2	0,1	3	1,1	34
	1F	3,2	0,9	28	1,5	47	3,1	0,3	10	1,1	35
	2D	3,2	1,2	38	1,7	53	3,1	0,2	6	1,4	45
	2E	3,1	1,1	35	1,7	55	2,9	0,4	14	1,5	52
	2F	3,2	1,0	31	2,0	63	3,1	0,2	6	1,8	58
	3D	2,9	0,9	31	1,7	59	3,1	0,5	16	1,1	35
	3E	2,8	0,8	29	1,5	54	3,0	0,3	10	1,1	37
	3F	3,2	1,0	31	1,7	53	3,2	0,4	13	1,2	38
	4D	2,9	0,5	17	0,9	31	2,9	0,1	3	0,7	24
	4E	3,0	0,2	7	1,0	33	3,2	0,2	6	0,7	22
	4F	2,9	0,1	3	0,8	28	3,1	0,2	6	0,6	19
	5D	2,8	0,4	14	1,6	57	2,9	0,2	7	1,4	48
	5E	2,9	0,3	7	1,5	52	3,1	+0,2	+6	1,4	45
	5F	2,9	0,2	7	1,6	51	2,7	+0,5	+19	1,3	47
20°C	1D	2,8	0,2	7	1,0	36	3,3	0,2	6	1,2	36
	1E	2,9	0,3	10	1,2	41	2,8	+0,2	+7	0,9	32
	1F	3,2	0,3	9	1,1	34	3,0	+0,2	+7	0,9	30
	2D	2,8	0,4	14	1,3	46	2,7	+0,1	+4	1,0	37
	2E	3,0	0,6	20	1,4	47	2,8	+0,2	+7	1,1	39
	2F	3,0	0,5	17	1,6	53	2,7	+0,2	+7	0,7	26
	3D	2,8	0,9	32	1,3	46	2,9	0,4	14	1,1	38
	3E	2,9	1,0	34	1,4	48	3,3	0,5	15	1,2	36
	3F	2,8	0,9	32	1,5	54	3,0	0,4	13	1,2	40
	4D	3,0	0,1	3	0,8	27	3,2	0,2	6	0,4	13
	4E	2,7	0,1	4	0,6	22	2,7	+0,2	+7	0,1	4
	4F	2,9	0,2	7	0,8	27	2,8	0,0	0	0,1	4
	5D	3,0	0,2	7	1,4	47	3,1	0,1	3	0,9	35
	5E	3,2	0,2	9	1,7	53	3,2	+0,2	+6	1,0	31
	5F	3,2	0,5	16	1,4	44	2,8	+0,4	+14	1,0	36

4.0 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ A JEJICH DISKUZE

K vyhodnocení olejové ztráty i sklonu ke skapávání jednotlivých olejů byly využity matematicko statistické metody. Díky speciálně vyrobenému měřicímu rastru nebyla narušována vrstva oleje na vzorcích a měření byla pevně umístěna do jednotlivých bodů každého plechu při každém odměřování, což redukovalo vliv nerovnoměrností vrstvy, zapříčiněných metodou ručního nanášení. Proto lze na základě porovnání naměřených hodnot v jednotlivých bodech v průběhu času určit průměrnou hodnotu úbytku vrstvy každého tvářecího oleje za daných podmínek pro oba typy experimentu.

4.1 1 experiment – sledování úbytku naneseného množství maziva v závislosti na čase a teplotě

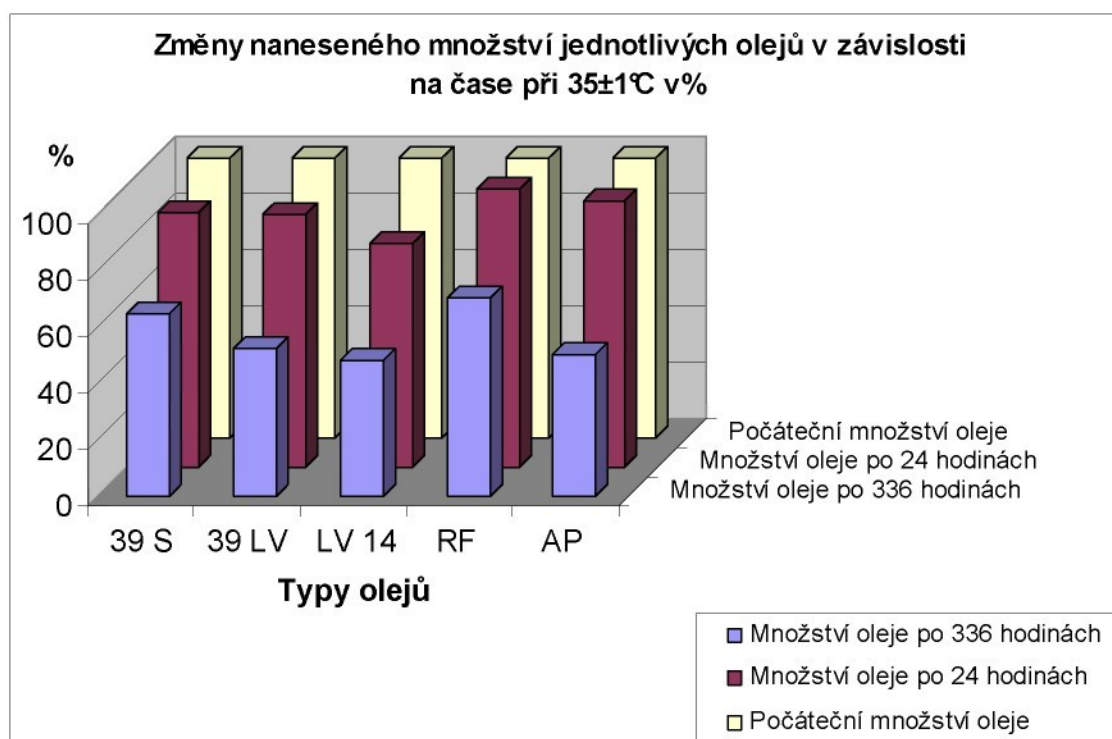
Dílčí výsledky

Při 1. experimentu zaměřeném na zjištění úbytku množství nanesených olejů v závislosti na teplotě a čase, byly vzorky ukládány ve vodorovné poloze. Vzhledem k poloze uložení plechů olej nestékal k okrajům, pouze se rovnoměrně snížilo množství naneseného maziva v závislosti na teplotě, čase a druhu použitého oleje.

Posouzení závislostí bylo provedeno zvlášť pro jednotlivé teploty uložení vzorků v termoizolační komoře a pro každou teplotu byly výsledné hodnoty převedeny do názorných grafů, kde lze snadno sledovat jednotlivé změny nanesených množství olejů v závislosti na čase viz obr.:3.10 a obr.:3.11.

1) Teplota $+35\pm 1^\circ\text{C}$

Obr. 3.10: Změny naneseného množství jednotlivých olejů v závislosti na čase při teplotě $+35\pm 1^\circ\text{C}$



A) Teplota +35±1°C, čas 24 hodin

Během tohoto časového intervalu se zřetelně projevil úbytek naneseného množství maziva na substrátu u všech sledovaných vzorků olejů typu Prelube jak ukazuje graf na obrázku 3.10., kde je zbývající množství maziva po 24 hodinách od nanesení znázorněno fialovou barvou.

Nejvýraznější úbytek – 20%, zaznamenal olej AC PL 39LV14, jehož hustota i viskozita je dle produktového listu (v příloze č.3) ze všech sledovaných olejů nejnižší.

Mírnější úbytek se projevil u dalších dvou zástupců olejů typu Prelube, AC PL 3802-39LV ztratil 10% svého množství a AC PL 3802-39S 9%, jejichž viskozity jsou také nižší.

Nejmenší úbytek byl zaznamenán u tažných olejů, kde AP 167/72 ztratil 5% a RF MCO 3028 projevil nejvyšší stálost, neboť jeho úbytek byl pouhé 1% z původně naneseného množství maziva na substrát. Toto množství je, jako jediný zaznamenaný úbytek, v běžně požadované toleranci kondicionace.

Dle naměřených a dopočtených hodnot lze usuzovat, že pro kondicionaci dílů, které nejsou určeny k okamžitému dalšímu zpracování je nejméně vhodné použít nově připravený olej AC PL 39 LV14. Ztráty množství maziva jsou u zadané teploty již po 24 hodinách daleko za hranicí povolené tolerance naneseného množství maziva. Tento typ oleje je však zatím ve fázi testovacích zkoušek, proto nelze učinit jednoznačné závěry o jeho použití a nasazení do sériové výroby tažení výlisků karosářského průmyslu.

B) Teplota +35±1°C, čas 336 hodin

Ve druhé části experimentu došlo k velmi výraznému úbytku naneseného množství u všech sledovaných tvářecích olejů. Dlouhodobá teplotní zátěž způsobila ztráty v rozmezí 29 – 51% naneseného množství oleje jak je zřejmé z obrázku 3.10, kde je množství maziva zbývající na substrátu po 336 hodinách znázorněno modrou barvou.

Nejvyšší úbytek se projevil opět u oleje AC PL 39LV14, avšak nebyl o mnoho vyšší než u ostatních vzorků.

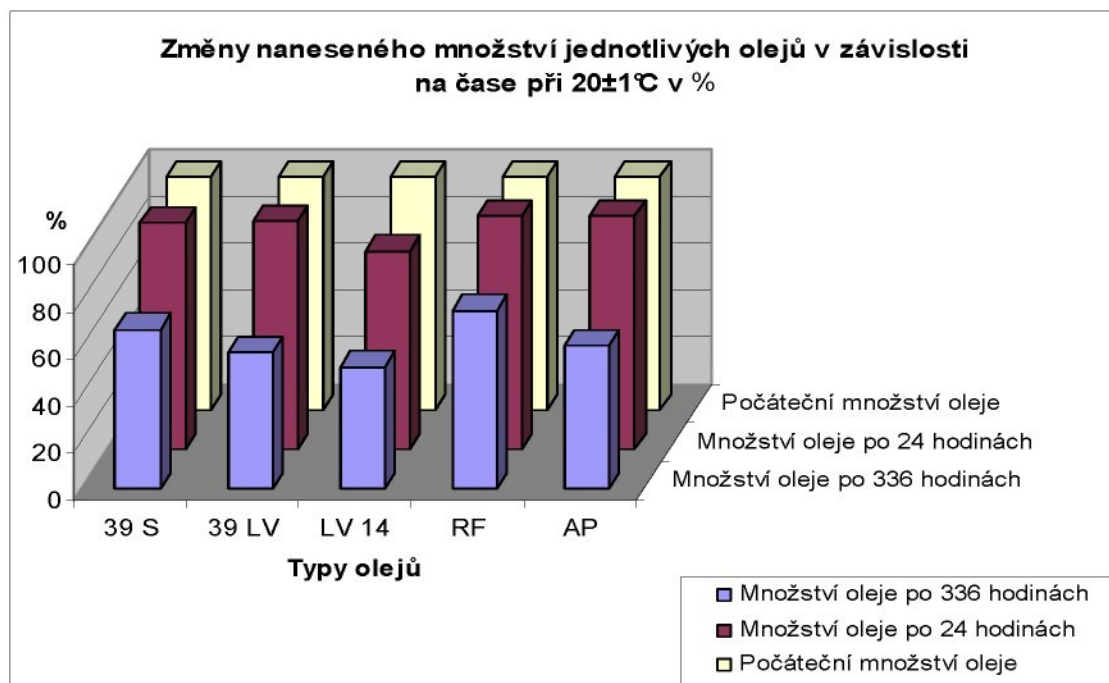
Další oleje zaznamenaly srovnatelné ztráty a to AP 167/72 49%, AC PL 3802-39LV 47%, AC PL 3802-39S 35% a nejnižší ztráty byly zjištěny u RF MCO 3028, ve výši 29%.

Všechny zjištěné úbytky byly velmi vysoké na to, aby vyhovovaly běžně požadované toleranci. Lze tedy předpokládat, že ve výrobě by takovéto ztráty způsobily problémy při dalším zpracování kondicionovaných dílů tvářením, kde se předpokládá přítomnost maziva tribologickém systému v požadovaném množství ke snížení tření či eliminaci vzniku zadíráání, zejména plechů s povlaky používanými na díly karoserií automobilu.

Na základě zjištěných úbytků je možno doporučit pečlivé přeměření množství maziva na dílech, které za dané teploty čekaly na své zpracování déle než 24 hodin a následné doplnění maziva do požadované hodnoty. V opačném lze předpokládat, že při lisování zvláště náročných dílů mohou vzniknout jak pohledové, tak funkční vady, na výtažcích z takto skladovaných dílů. Z toho důvodu by bylo vhodné řídit výrobu s ohledem na plánovanou dlouhodobou odstávku podobě celozávodní dovolené a nevytvářet nadnormativní zásoby nástřihů.

2) Teplota $+20\pm 1^\circ\text{C}$

Obr. 3.11: Změny naneseného množství jednotlivých olejů v závislosti na čase při teplotě $+20\pm 1^\circ\text{C}$



A) Teplota $+20\pm 1^\circ\text{C}$, čas 24 hodin

Jednalo se o nejméně náročnou zkoušku z hlediska maziv, nanesená množství se měnila nejméně z celého experimentu a téměř všechny vzorky zaznamenaly úbytky v rozsahu běžně požadované tolerance.

Tažné oleje AP 167/72 a RF MCO 3028 nevykázaly žádný úbytek (0%), oleje typu Prelube ztratily malá množství, přesněji AC PL 3802-39LV 2% a AC PL 3802-39S 3%.

Pouze olej typu Prelube-prací AC PL 39 LV14 zaznamenal výraznější úbytek a to 15% z původně naneseného množství maziva na substrát.

Opět nelze než konstatovat, že tento úbytek je mimo požadovanou toleranci a proto z hlediska dalšího tváření není příliš vhodné kondicionovat tímto olejem ani za reálné teploty jinak než bezprostředně před následným zpracováním.

B) Teplota $+20\pm 1^\circ\text{C}$, čas 336 hodin

Nejdelší časový interval prvního experimentu i za reálné teploty způsobil velké ztráty původně naneseného množství u všech sledovaných maziv v rozsahu 24 – 48%.

Jako již tradičně, nejvyšší ztráta se projevila u oleje AC PL 39LV14, který přišel téměř o polovinu naneseného množství (48%) na každém vzorku.

Druhý nejvyšší úbytek naneseného množství maziva na sledovaných vzorcích byl dosažen olejem velmi podobných fyzikálních vlastností a to AC PL 3802-39LV ve výši 42%.

Tažný olej AP 167/72 ztratil 39% svého původně naneseného množství, následoval olej typu Prelube AC PL 3802-39S s 32%-ní ztrátou.

Nejmenší úbytek zaznamenal tažný olej RF MCO 3028 ve výši 24%. Tento olej se v průběhu jednotlivých testů jevil jako nejstálější ze sledovaných vzorků. Pravděpodobně to souvisí s jeho hustotou, která je ze všech vzorků olejů nejvyšší.

Z měření vyplývá, že kondicionované díly skladované při reálné teplotě ztrácí poměrně velké množství původně naneseného množství maziva, je tedy vhodné je před dalším zpracováním překontrolovat a popřípadě doplnit mazivo na požadované množství, aby nedocházelo k poškození dílů během dalšího zpracování.

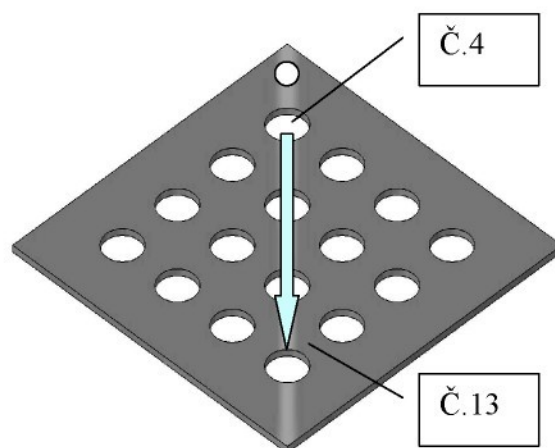
4.2 2 experiment – sledování sklonu ke skapávání maziva v závislosti na čase a teplotě

Dílčí výsledky

Při tomto experimentu byly vzorky v termoizolační komoře zavěšeny ve vertikální poloze.

V rámci experimentálního měření, zaměřeného na sledování sklonu testovaných olejů ke skapávání olejů nedošlo u žádného vzorku oleje během sledovaného časového intervalu k samotnému skápnutí.

Ačkoli skápnutí oleje ve formě kapek na filtračním papíře nenastalo, přesto vrstva maziva byla při kontrolních měřeních změněna vlivem vertikální polohy zavěšení vzorku. K posouzení změn množství maziva byly zvoleny 2 body v rozích rastru, ležící na diagonále ve směru skapávání a posuzována procentuální změna naměřených hodnot v závislosti na čase a teplotě. Pokud byl zjištěn větší úbytek měřené hodnoty v bodě označeném 4 – nejvýše položený bod, než v bodě 13 – nejnižše položený bod na zavěšených vzorcích (viz obrázek 3.9), je možné usuzovat, že mazivo se na substrátu během zkoušky přemísťovalo do spodní části sledovaného vzorku. Tyto dopočtené hodnoty jsou poměrně rozdílné, proto nelze stanovit průměrnou hodnotu bez zatížení měření velkou chybou a tak získat hodnoty pro zakreslení přehledných grafů.



Obr.:3.12 Označení míst 4 a 13 pro porovnání úbytků maziva

1) Teplota +35±1°C

A) Teplota +35±1°C, čas 24 hodin

U všech sledovaných olejů došlo během časového intervalu ke změně v naneseném množství jak u bodu č.4, tak i u bodu č.13.

Procentuální úbytky byly u bodu č.4 výrazně vyšší (cca 20%) než úbytky bodu č.13 u všech olejů typu Prelube.

Tažný olej AP 167/72 zaznamenal nárůst naměřené hodnoty naneseného množství maziva v bodě č.13 proti původnímu množství. Rozdíl mezi úbytky naneseného množství maziva v bodě č.4 a č.13 byly nižší než u olejů typu Prelube a to cca 10%.

Nejméně znatelný rozdíl v úbytku maziva mezi sledovanými místy se projevil u oleje RF MCO 3028, pouze cca 3%.

Nejvyšší rozdíl mezi hodnotami ve sledovaných bodech prokázala měření u oleje AC PL 39LV14. Tento olej se jeví ze všech vzorků jako ten s největším sklonem ke skapávání, ačkoliv ke skápnutí během stanovené doby nedošlo..

Z porovnání změn nanesených množství na jednotlivých vzorcích lze usuzovat, že rovnoměrnost vrstvy maziva byla výrazně narušena vertikální polohou uložení vzorků v termoizolační komoře a každý z olejů projevil jistý sklon k „přetékání“ po ploše vzorku směrem k dolnímu okraji.

B) Teplota +35±1°C, čas 336 hodin

Všechny sledované vzorky jeví v této fázi experimentu markantní úbytky naneseného množství maziva v bodě č.4 (28 – 63 %) i v bodě č.13. (22 – 58 %). Rozdíly mezi úbytky množství maziva ve sledovaných bodech však nyní nebyly příliš velké (cca 10%). Jak bylo sledováno v tomto nejnáročnějším teplotním režimu v 1. experimentu, větší vliv na další zpracování by mohl mít samotný absolutní úbytek v množství maziva než rozdíl v aktuálním množství oleje mezi sledovanými pozicemi 4 – 13.

Nejvyššího rozdílu naměřeného množství maziva mezi sledovanými body dosáhl olej AC PL 39LV14 a to přibližně 20%. U dalších olejů se rozdíly mezi sledovanými místy pohybovaly shodně pod 10%.

Vertikální způsob uložení dílů ve výrobě je velmi častý a při zvýšených teplotách lze na základě experimentu usuzovat, že při déle trvajícím skladování kondicionovaných dílů bude docházet ke změně v rovnoměrnosti vrstvy maziva a tím i k možným změnám kvality výtažků při následném tváření s ohledem na změnu parametrů v tribologickém systému: nástroj – materiál - mazivo.

2) Teplota +20±1°C

A) Teplota +20±1°C, čas 24 hodin

Nejméně zatěžující časová i teplotní perioda se projevila nejmenšími absolutními ztrátami ve sledovaných bodech téměř všech vzorků. Mírný teplotní režim způsobil i měřitelné „přelévání“ množství maziva po vzorku směrem k bodu č.13, což je v tabulce 3.4 viditelně označeno znaménkem + u téměř všech sledovaných olejů. Znaménko + značí navýšení aktuálního naměřeného

množství maziva proti jeho vstupní hodnotě. Oleje tedy v této části experimentu projevily výraznější sklon ke skapávání.

Jediný olej u něhož nedošlo během zkoušky k navýšení měřené hodnoty v bodě č.13 je AC PL 39 LV14, jehož ztráty byly ze všech typů olejů nejvyšší a to v bodě č.4 cca 30% a v bodě č.13 cca 15%.

Další oleje typu Prelube zaznamenaly mírnější ztráty i rozdíly v naměřeném množství naneseného maziva ve sledovaných bodech a to AC PL 3802-39LV ztratil v bodě č.4 cca 15% a v bodě č.13 se naměřené množství zvýšilo o cca 6%, olej AC PL 3802-39S ztratil v bodě č.4 cca 9% a získal v bodě č.13 cca 3% původního naměřeného množství maziva.

Tažné oleje se projevily nejnižšími změnami v naměřených hodnotách. Olej RF MCO 3028 ztratil v bodě č.4 cca 5% a v bodě 13 se naměřené hodnoty téměř nezměnily oproti vstupním. Olej AP 167/72 v bodě č 4 zaznamenal úbytek cca 10% a v bodě č.13 se naměřené hodnoty zvýšily o cca 5% proti vstupnímu měření.

Lze tedy usuzovat, že při reálné teplotě dochází během prvních 24 hodin k nejvýraznějším změnám rozložení kondicionace vlivem svislé polohy vzorku.

B) Teplota +20±1°C, čas 336 hodin

Nejdelší časový interval daného teplotního režimu opět způsobil velké ztráty množství naneseného maziva, 22 – 54 % v bodě č.4 a 4 – 40% v bodě č.13. Největší úbytek mezi sledovanými body zaznamenal tentokrát olej RF MCO 3028 a to cca 20%, oleje AP 167/72, AC PL 39 LV14, AC PL 3802-39LV zaznamenaly rozdíl mezi body č.4 a č. 13 ve výši cca 10% proti původně naměřeným hodnotám množství naneseného maziva. Nejnižší rozdíl mezi hodnotami úbytků množství maziva ve sledovaných bodech za těchto podmínek projevily olej AC PL 3802-39S ve výši cca 5%.

Jelikož díly s nanesenou vrstvou maziva se v praxi velmi často skladují právě ve vertikální poloze při reálné teplotě, je výsledek této části experimentu poměrně varující právě pro zaznamenané rozdíly úbytků maziva mezi sledovanými body a z toho plynoucí důsledky při dalším zpracování jednotlivých dílů tvářením.

5.0 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo sledování a vyhodnocení závislosti úbytků množství tvářecího oleje naneseného na povrch žárově pozinkovaného plechu na teplotě a čase.

Byly testovány 4 běžně užívané tvářecí oleje AC PL 3802-39S, AC PL 3802-39LV, RF MCO 3028, AP 167/72 a jeden nově vyvíjený olej AC PL 39 LV14 firmou FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH.

V praxi je úbytek maziva na kondicionovaném díle ovlivněn mnoha aspekty výroby. Svou roli na tomto jevu hraje jak použitý substrát a druh maziva, tak čas od nanesení a teplota ve skladovací hale, ale i poloha uložení dílů.

Výrobci maziv označují úbytek maziva z důvodu odparu i skapávání převážně za nízký, ale přesnější informace o vlivu teploty, polohy vzorku a čase skladování na samotné množství naneseného maziva neuvádějí, stejně jako složení olejů. Při následném tváření dílů, které mají nedostatečné množství maziva v exponovaných místech, může docházet k zadírání, vzniku pohledových i funkčních vad a tím také ke snížení ekonomické výkonnosti provozu.

V moderním provozu lisovny je třeba mít na paměti funkčnost tribologického systému substrát – mazivo – nástroj a vhodně volit množství maziva i jeho druh tak, aby byla výroba ekonomická. Na druhu použitého maziva záleží životnost tvářecích nástrojů, povrchové vlastnosti tvářených materiálů i velikost tvářecí práce. Bez vhodného maziva ve vhodném množství je proces tváření neuskutečnitelný.

S úbytkem maziva se mění typ tření mezi nástrojem a tvářeným dílem postupně od nejvhodnějšího – kapalinného přes mezní až po nejméně vhodné – suché, které způsobuje zadírání výtažku v nástroji a tvorbu mikrosvarů, což poškozuje kvalitu tvářených dílů.

Oba experimenty, navržené metodikou Katedry strojírenské technologie, sledovaly úbytky naneseného množství tvářecího oleje na vzorcích žárově pozinkovaného plechu, používaného v automobilovém průmyslu.

Použité oleje byly zvoleny na základě jejich běžného využití v závodě ŠKODA AUTO,a.s v Mladé Boleslavi a nastavení časových intervalů mezi měřeními i teplotních režimů také vycházelo z provozních podmínek jmenovaného závodu. Testování se zúčastnily oleje všech používaných druhů, tedy prací, Prelube i tažné, aby mohly být zjištěné závislosti porovnány s chováním nově vyvíjeného oleje AC PL 39 LV14.

Během experimentů bylo nanesené mazivo podrobena zkouškám jak teplotního rázu, tak zároveň různým časovým úsekům, které vliv teploty násobily. Také byl zkoumán vliv horizontální či vertikální polohy vzorku na úbytek naneseného množství. Samotný úbytek byl stanoven rozdílem mezi přímým měřením naneseného množství oleje a jeho zbývajícím množství v jednotlivých časových intervalech od počátku experimentu pomocí speciálního měřicího aparátu firmy FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE. Tento aparát je výjimečný svou kompaktní konstrukcí i snadnou obsluhou a použitelností v podmínkách průmyslu a byl na Katedru strojírenské technologie zapůjčen z firmy ŠKODA AUTO,a.s v Mladé Boleslavi.

Přesné rozmístění jednotlivých sledovaných míst umožnil především prakticky konstruovaný přípravek – rastr. Jednalo se o jednoduchou plastovou desku s 16 pravidelně rozmístěnými otvory o průměru 35mm, určenými na

snímač měřicího přístroje a vybavenou pevnou dřevěnou základní deskou s opěrkami k fixaci vzorku, která zaručovala přesné ustavení. Tím bylo usnadněno opakované proměřování stejných míst na ploše vzorku k porovnání aktuálního množství maziva v jednotlivých fázích experimentu.

Metodika obou experimentů byla v tomto rozsahu teplot a časových intervalů na Katedře strojírenské technologie vytvořena za účelem experimentálních měření v této bakalářské práci. Šlo o první sledování závislosti úbytků maziv na teplotě a čase pomocí přímého měření.

Naměřené hodnoty úbytků maziva u vodorovně uložených vzorků prokázaly, že úbytek naneseného množství maziva vzrůstá časem i teplotou uložení u všech typů testovaných olejů.

V případě skladování kondicionovaných dílů za zvýšené teploty, delším než 24 hodin, dochází k zvýšeným úbytkům u pracích olejů, mírnějším u olejů typu Prelube a nejstáleji z hlediska úbytku se její oleje tažné. Když však sledovaná doba dosáhne 336 hodin, jsou úbytky maziva výrazné u všech testovaných olejů a to za běžné ($+20\pm 1^\circ\text{C}$) i zvýšené ($+35\pm 1^\circ\text{C}$) teploty v místě uložení.

Úbytky maziv v nejdelším sledovaném intervalu 336 hodin se pohybovaly až okolo 50% celkového původně naneseného množství maziva. Tento fakt je poměrně překvapivý i varující zároveň, neboť ztráta poloviny množství maziva může způsobit výrazné ztížení následného tvářecího procesu a zhoršení tribologického systému.

Zatímco tažné oleje s vyšší hustotou je v požadované toleranci možné nanášet na přístřihy i několik dní před samotným tvářením, oleje prací a zejména nově vyvíjený olej AC PL 39 14LV jsou méně stálé a k potřebné kondicionaci je třeba nanášet je až bezprostředně před dalším tvářením.

Na nestálost oleje AC PL 39 LV 14 má zajisté vliv jeho složení. Dle uveřejněných informačních materiálů výrobce však nelze složení přesně definovat. Na základě známých hodnot hustoty a viskozity, stejně tak jako teploty vzplanutí, které jsou ze všech sledovaných typů olejů výrazně nejnižší, lze dedukovat, že není vhodný pro použití za vyšších teplot nebo jako dlouhodobá ochrana plechových dílů.

Vyhodnotit sklon ke skapávání maziva na vzorcích skladovaných ve vertikální poloze, bylo velmi obtížné právě z metodického hlediska. Skápnutí olejů bylo výrobcí v produktových listech hodnoceno jako omezené právě pro snadnější dodržování čistoty při skladování a transportu. K samotnému skápnutí, ve formě jednotlivých kapek spadlých na filtrační papír na dně termoizolační komory, během celého experimentu nedošlo u žádného testovaného oleje.

Sklon ke skapávání byl posuzován na základě rozdílu úbytku naneseného maziva mezi dvěma měřenými místy na vzorcích. zvolená místa se nacházela na opačných koncích diagonály vzorku, procházející místem zavěšení. U všech olejů byly pozorovány úbytky naneseného množství v místech označovaných 4 a 13 (viz. obr.3.11), velikost tohoto rozdílu se měnila s časem, teplotou i typem použitého maziva.

.....Je přirozené, že během doby zavěšení vzorků v termoizolační komoře podléhala vrstva maziva vlivem fyzikálních zákonitostí nerovnoměrným změnám a část naneseného množství maziva se přemístila z horní poloviny vzorků směrem ke spodní části. Zároveň však vlivem samotné teploty v komoře došlo i k úbytku maziva (viz. experiment č.1). Proto nelze jednoznačně říci

kolik hodin by potřebovaly jednotlivé oleje k fyzickému skápnutí, pouze lze posoudit, zda k nerovnoměrnému přemísťování maziva vůbec docházelo. Pokud věc bude posouzena na základě rozdílu v úbytcích mezi sledovanými místy č.4 a č.13 lze konstatovat, že k přemísťování maziva ve vzorcích dochází u všech testovaných olejů. Na základě vyjádřených hodnot vyplývá, že nejvýraznější přemísťování bylo zaznamenáno po 24hodinách od zavěšení při běžné teplotě ($+20\pm 1^{\circ}\text{C}$). V tomto režimu byly nejčastěji zaznamenány přírůstky naměřených veličin v místě 13, v řádu několika procent u téměř všech sledovaných vzorků. Z hlediska typu oleje lze říci, že tentokrát byly velké změny zaznamenány převážně u tažných olejů, které tak rychle neztrácejí objemové množství maziva v závislosti na teplotě. Tuto vlastnost pravděpodobně způsobuje jejich vysoká hustota. Oleje nízkoviskózní (AC PL 39 LV14 , AC PL 3802-39LV) přírůstek hodnoty č.13 nezaznamenaly vůbec nebo pouze nepatrný

Doporučení

Z naměřených a dopočtených výsledků lze doporučit zpracovatelům plechů, kteří v rámci technologického postupu skladují kondicionované díly následující:

- využívat ve výrobě metodu přímého měření nanášeného množství
- nepřerušovat výrobu na delší dobu (více jak 24 hodin)
- pokud k přerušení dojde, či je plánováno, nepřipravovat kondicionované díly do zásoby
- po odstávce je třeba přeměřit skladované díly z hlediska nanášeného množství oleje na několika místech pro zjištění rozložení vrstvy
- po zjištění aktuálního stavu vrstvy doplnit mazivo na požadovanou hodnotu ve všech exponovaných místech dílu
- dodržovat doporučení výrobce a dbát především na čistotu oleje, doporučené množství na jednotlivé tvářecí operace, kontrolovat dobu použitelnosti oleje a přípustnou teplotu použití

Dosažení ideálního stavu kontroly nanášeného množství maziva a jeho aktuálního rozložení na dílech je při současném typickém návrhu výrobního provozu nedosažitelné, neboť nedostatek prostoru z důvodu snazší manipulace a dopravy, často výrazně znemožňuje horizontální uložení kondicionovaných dílů a vertikální rozložení dílů vede ke snížení rovnoměrnosti olejové vrstvy. Také nedostupnost speciálního měřicího aparátu omezuje možnosti aktuální kontroly.

Ekonomická náročnost zvýšených nákladů spojených se zakoupením speciálního měřicího aparátu se výrobcí jistě navrátí, jelikož dobrá kontrola množství maziva povede ke snižování zmetkovitosti a tím k úspoře ztrátových výdajů na materiál znehodnocený tažením zmetků.

Výhodou měřicího aparátu je jeho jednoduchá kompaktní konstrukce uzpůsobená k ručnímu přenášení, též obsluha zařízení je velmi jednoduchá, požadované hodnoty se přímo zobrazují na displeji, není tedy nutno speciálně

školit osobu jako obsluhující přístroj, ale naopak je možné provádět aktuální měření kdekoliv přímo v provozu v průběhu výrobního procesu bez nároků na zpomalení výrobní linky.

Pro další zkoumání této široké tematiky je vhodné doporučit dalším studentům podrobněji dopracovat metodiku experimentu určeného ke sledování možného sklonu ke skapávání jednotlivých typů olejů. Je třeba danou problematiku rozšířit také na vliv zvoleného substrátu, vliv druhů testovaných maziv, vliv typu morfologie substrátu, ale i vliv znečištění maziva a jeho data doporučené spotřeby. Vhodné nastavení experimentů by mělo vést k vytvoření databanky vlastností maziv a popisů jejich chování, úbytků během skladování za různých teplot a ve větší škále časových intervalů.

Přínosy

Bakalářská práce zkoumala problematiku, jež není zatím dostatečně zohledňována a tudíž neexistuje žádná odborná literatura, zabývající se tímto tématem. Vzhledem k možnosti vzniku jevů, popisovaných v této práci, za určitých specifických podmínek ve výrobě je nutné upozornit na zjištěné skutečnosti a přínosy práce shrnout v následujících bodech:

- podává vstupní nastavení nových typů experimentů zaměřených na přímé měření nanášeného množství maziva a jeho změn v závislosti na teplotě a čase, a tím otevírá prostor pro další podrobnější zkoumání této tematiky
- přináší prokázání existence ztrát tvářecích olejů vlivem teplotních a časových režimů pasivního skladování a podává o nich vstupní informace
- ukazuje důležitost průběžné kontroly aktuálního množství maziva na skladovaných kondicionovaných dílech z důvodu zamezení výroby zmetků nebo možného poškození nástrojů vlivem nedostatečného mazání a tím se zhoršujícím podmínkám v tribologickém systému
- představuje nový měřicí aparát pro přímé měření naneseného množství maziva v lokálních místech kondicionovaných dílů a funkčnost jeho využití jak v procesu výroby maziv, kde by soužil výrobcům jako nový zdroj informací o chování a vlastnostech maziv v zátěžových testech, tak ve výrobním procesu tváření, kde by zpracovatelům pomohl lépe kontrolovat aktuální stav mazání

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠTĚPINA,V. - VESELÝ,V.: Maziva v tribologii, VEDA Bratislava, 1985
- [2] ŠTĚPINA,V. - VESELÝ,V.: Maziva a speciální oleje, VEDA Bratislava, 1980
- [3] www.oleje.cz březen 2007
- [4] BRENDL,H. A KOLEKTIV: Tribotechnika, SNTL Praha 1984
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ: Lisování, SNTL Praha 1971
- [6] Firemní informační materiály - Renoform, Anticorit, Maziva pro tváření, Maziva pro tváření a přesné stříhání Fuchs-Europe Schmierstoffe GmbH
- [7] www.wikipedia.cz duben 2007
- [8] KOLNEROVÁ, M.: Vliv technologických podmínek na vznik zadírání pozinkovaných plechů při tažení, Disertační práce, TU v Liberci, 2005
- [9] Produktové listy maziv - Fuchs-Europe Schmierstoffe GmbH
- [10] Produktový list Pfinder Chemie
- [11] Firemní dokumentace měřicího zařízení Fuchs-Europe Schmierstoffe GmbH

7. SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Produktový list oleje AC PL 3802 – 39 S
- 2 Produktový list oleje AC PL 3802 – 39 LV
- 3 Produktový list oleje AC PL 39 LV 14
- 4 Produktový list oleje RF MCO 3028
- 5 Produktový list oleje AP 167/72
- 6 Tabulka měřených hodnot ztrát množství olejů při $+35\pm 1^\circ\text{C}$
- 7 Tabulka měřených hodnot ztrát množství a skapávání olejů při $+35\pm 1^\circ\text{C}$
- 8 Tabulka měřených hodnot ztrát množství olejů při $+20\pm 1^\circ\text{C}$
- 9 Tabulka měřených hodnot ztrát množství a skapávání olejů při $+20\pm 1^\circ\text{C}$

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 – Strojírenství

Materiály a technologie
zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

**Sledování úbytku množství maziva na povrchu plechu v závislosti
na teplotě a čase**

**Monitoring of lubricant loss applied on the sheet surface in dependence
of temperature and time**

Iva Hadačová

KSP – TP – B 33

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D. – *TU v Liberci*

Konzultant bakalářské práce: Ing. Petr Dobeš, CSc. – *FUCHS OIL
CORPORATION (CZ), spol.s.r.o, Brno*

Rozsah práce a příloh:

Počet stran 58

Počet tabulek 7

Počet příloh 11

Počet obrázků 21

Datum: 25.5.2007

A N O T A C E

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: B2341 – Strojírenství

Student: Iva Hadačová

Téma práce: Sledování úbytku množství maziva nanášeného na povrch plechu
v závislosti na teplotě a čase

Monitoring of lubricant loss applied on the sheet surface in
dependence of temperature and time

Číslo BP: KSP – TP – B 33

Vedoucí BP: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D. – TU v Liberci

Konzultant BP: Ing. Petr Dobeš, CSc. – FUCHS OIL CORPORATION (CZ),
spol.s.r.o, Brno

Abstrakt: Cílem práce bylo sledování změn nanášeného množství tvářecího maziva na povrch žárově pozinkovaného hlubokotažného plechu, užívaného v automobilovém průmyslu, v závislosti na teplotě a čase.

K porovnání výsledků bylo použito 5 typů tvářecích olejů ve 2 teplotních režimech, při 2 způsobech uložení vzorků ve 3 časových intervalech od nanášení kondicionace.

Hodnoty aktuálního množství maziva na povrchu plechu byly přímo snímány speciálním měřidlem firmy FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH.

Na základě měření byly běžnými matematicko-statistickými metodami zpracovány výsledné hodnoty úbytků množství nanášeného maziva v závislosti na vstupních podmínkách a zapsány do přehledných tabulek a grafů.

Abstract: The work objective was monitoring of lubricant loss change in dependance of time and temperature, applied onto zinc-coated deep-drawing sheet which is used in automotive industry.

For comparing we used 5 types of lubricant in 2 thermic regimes, 2 ways of sample saving and 3 monitored and recorded time from application of conditioning.

Actual grease quantity values on the plate surface were directly scanned by special gage (company FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH).

Based on measurement were the final values of lubricant loss in dependance of entry conditions processed and recorded into synoptic tables and graphs (mathematic-statistical calculation).

Příloha III

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 25. května 2007

.....
Iva Hadačová
Husova ul. 656/28
460 17 Liberec 1

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 25.5.2007

Podpis:.....
Iva Hadačová

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact, in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and consultant.

Date: 25.5.2007

Signature:.....
Iva Hadačová

Poděkování

Tímto bych chtěla vyjádřit své díky paní Ing. Michaelle Kolnerové, Ph.D za čas a pomoc, které mi poskytovala po celou dobu vedení mé bakalářské práce. Jsem opravdu vděčna za její odborné i lidské rady a za nasazení, se kterým mi vždy pomáhala překonávat překážky na cestě za úspěšným dokončením této práce.

Dále bych chtěla poděkovat svému konzultantovi panu Ing. Petru Dobeši, CSc , který mi, ač pouze pomocí internetové komunikace, poskytoval cenné odborné rady při zpracování tematiky průmyslových maziv a také mnohé firemní materiály a produktové listy vážící se ke zkoušeným olejům.

V poslední řadě bych chtěla poděkovat za podporu při studiu a pomoc při úpravě práce a jejím zpracování na PC svému muži a oběma synům.

ANTICORIT PL 39 LV 14 Prelube-Waschöl

Beschreibung

ANTICORIT PL 39 LV 14 ist ein niedrigviskoses, bariumfreies Prelube-Waschöl speziell für die Reinigung von Stahlbändern und Platinen vor dem Umformen. Die Schmiereigenschaften von ANTICORIT PL 39 LV 14 verbessern das Ziehen von Metallen und reduzieren den Verschleiß. ANTICORIT PL 39 LV 14 schützt die umgeformten Teile zusätzlich vor Korrosion. Der Ölfilm ist leicht entfernbar mit neutralen und alkalischen Reinigern und zeigt eine optimale Stabilität an senkrechten Flächen.

ANTICORIT PL 39 LV 14 ist kompatibel mit der Phosphatierung, der kathodischen Tauchlackierung (KTL) und den heute im Karosserierohbau üblichen Klebstoffen.

ANTICORIT PL 39 LV 14 ist abgestimmt auf:

- das Korrosionsschutzöl ANTICORIT RP 4107 S
- das Prelube-Öl ANTICORIT PL 3802-39 S und
- die Ziehöle RENOFORM MCO 3802 SN und RENOFORM MCO 3028

Anwendung

ANTICORIT PL 39 LV 14 wird empfohlen für den Einsatz in Coil- und Platinenwäschern zur Reinigung und zum Schutz der Bleche vor Korrosion speziell im Karosserierohbau. Mit geeigneten Wäschern sind Filmgewichte von $< 1,5 \text{ g/m}^2$ stabil einstellbar.

Vorteile

- Verbesserung der Schmiereigenschaften
- Verbesserung der Ziehleistung
- Verschleißreduzierend
- Ergänzt und verbessert den Korrosionsschutz
- Leicht entfernbarer Schutzfilm
- Kompatibel mit den weiteren Prozessschritten im Karosserierohbau

Lagerbedingungen

ANTICORIT PL 39 LV 14 ist im geschlossenen Originalgebinde bei Temperaturen von -20 bis $+40 \text{ °C}$ bis zu 36 Monaten lagerfähig.



ANTICORIT PL 39 LV 14 Prelube-Waschöl

Typische Kennwerte:

Eigenschaften	Einheit	Wert	Prüfung nach
Aussehen		klares, bernsteinfarbenes Öl	
Geruch		mild	
Farbe		3	DIN ISO 2049
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	875	DIN 51 757
Kinematische Viskosität bei 40 °C	mm ² /s	15	DIN 51 562
Flammpunkt	°C	> 110	DIN ISO 2592
Ablaufverhalten		i.O.	VDA 230-201
Entfernbarkeit		i.O.	VDA 230-201
Aromatengehalt des Grundöles	% Masse	< 10	FLV-K-10 *)
<i>Korrosionsverhalten</i>			
Kondenswasser-Wechselklima	Zyklen	> 12	DIN ISO 6270-2 AHT

*) FLV = Prüfvorschrift der FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH

ANTICORIT PL 3802-39 LV

PI 3-4200

Popis

ANTICORIT PL 3802-39 LV je nízkoviskózní olej typu Prelube - ochranný antikoroziční olej s tvářecími vlastnostmi, bez obsahu baria.

ANTICORIT PL 3802-39 LV poskytuje velmi dobrou odolnost při venkovním skladování pod střechou (přístřeškem), v klimatické komoře a v kyselé atmosféře, zejména na citlivých površích pásové oceli válcované za studena.

ANTICORIT PL 3802-39 LV je snadno odstranitelný neutrálními a alkalickými čistícími prostředky. Na svislých plochách vykazuje optimální stabilitu filmu.

ANTICORIT PL 3802-39 LV se používá především v pračkách na svitky k čištění a konzervaci pásové oceli válcované za studena.

Při hmotnosti filmu cca 2 g/m² mohou být tvářecí operace prováděny bez dalších přídavných maziv.

Použití

ANTICORIT PL 3802-39 LV lze nanášet nástřikem, ponořováním nebo naválcováním.

Je vhodný pro použití v běžných pračkách na svitky nebo na tabule.

Pro filtraci se doporučuje zahřátí produktu na minimální teplotu 40 °C.

Charakteristika

Vlastnosti	Jednotka	Údaje	Zkouška dle
Zápach	-	mírný	-
Číslo barvy	-	4,0 kalné	DIN ISO 2049
Hustota	kg/m ³	890	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	17	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	150	DIN ISO 2592
Pevné nečistoty	% hmotnosti	< 0,05	DIN 51 592
Stékavost	-	vyhovuje	E 14 *)
Odstranitelnost	-	vyhovuje	VW 52.02
Obsah aromatů v základovém oleji	% hmotnosti	< 10	Zkušební metoda VM **)
Antikoroziční vlastnosti (St 1405)			
Klimatická komora	cykly	> 12	DIN 50 017 KFW
Solná komora	h	24	DIN 50 021 SS

*) E 14 = zkušební metoda Adam Opel AG

**) VM = zkušební metoda Vauxhall Motors Limited

ANTICORIT PL 3802-39 S

PI 3-4211

Popis

ANTICORIT PL 3802-39 S je olej typu Prelube, to znamená ochranný antikoroziční olej i tvářecí mazivo pro použití v ocelárnách.

ANTICORIT PL 3802-39 S se vyznačuje následujícími speciálními vlastnostmi:

- bezpečná antikoroziční ochrana i za extrémních klimatických podmínek
- optimální tvářecí výkon i pro obtížné tahy
- vhodnost pro zušlechťené plechy (Z, ZE, ZNE, ZF, fosfátované i nefosfátované), jakož i pro normální ocelové plechy
- snadná odstranitelnost i po stárnutí a tepelném zatížení
- kompatibilita se všemi běžnými lepicími systémy při výrobě automobilů
- vysoká snášenlivost s katalytickými laky a laky s nízkým obsahem rozpouštědel a pigmentů
- nezatěžuje pracovní prostředí díky základovému oleji bez obsahu těžkých kovů a halogenů a s nízkým obsahem aromátů.

ANTICORIT PL 3802-39 S se používá převážně jako konzervační olej v ocelárnách, může však být nanesen i jako tvářecí látka bezprostředně před tvářením.

Použití

Nanášení lze provádět všemi způsoby nástřiku (přednostně elektrostaticky) ale také naválcováním.

Doporučená pracovní teplota pro nástřik a filtraci je 40 - 65 °C.

Jako u všech tixotropních látek může dojít po delší době skladování k lehkému usazování látek, zajišťujících tixotropní účinky.

ANTICORIT PL 3802-39 S je skladovatelný v uzavřeném originálním balení při teplotě 5 - 40 °C minimálně 5 let.

Charakteristika

Vlastnosti	Jednotka	Údaje	Zkouška dle
Číslo barvy	-	3,5	DIN ISO 2049
Hustota při 15 °C	kg/m ³	915	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	60	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	196	DIN ISO 2592
Obsah vody	% hmotnosti	< 0,2	DIN 51 777-2
Odstranitelnost	-	vyhovuje	VW 52.02
Obsah aromátu v základovém oleji	% hmotnosti	< 7	Zkušební metoda VN čís. TML 1 *)
Antikoroziční vlastnosti (St 1405)			
Kondenzační komora	h	200	ASTM D 1748
Klimatická komora	cykly	> 20	DIN 51 386-1
Solná komora	h	24	DIN 50 021 SS

*) VM = zkušební metoda Vauxhall Motors Limited

RENOFORM MCO 3028

PI 2-7982

Olej pro hluboké tažení povrchových dílů karoserií (Spot Lubricant)

Popis

RENOFORM MCO 3028 je vodou nemísitelné tvářecí mazivo obsahující ropné oleje, polární a EP přísady. RENOFORM MCO 3028 se používá především při tažení a hlubokém tažení karosářských plechů pro střední až obtížné stupně přetvoření.

RENOFORM MCO 3028 má ověřenou snášenlivost s antikorozními oleji ANTICORIT a Prelube. Splňuje požadavky antikorozi ochrany, odstranitelnosti a snášenlivosti s následnými výrobními operacemi stejně jako standardní antikorozi oleje a představuje tak kompatibilní Spot Lubricant.

RENOFORM MCO 3028 se nanáší jen na požadovaná místa plechových tabulí. Doporučujeme omezit nanášené množství na maximálně 3 g/m².

RENOFORM MCO 3028 je vhodný pro všechny kvality plechů, i pozinkované a pohlínkované.

Zbytkový film po tažení poskytuje přechodnou antikorozi ochranu dílů během skladování.

RENOFORM MCO 3028 má omezenou stékavost, aby se zamezilo znečištění podlah a hromadění oleje na nižších místech lisovaných dílů.

RENOFORM MCO 3028 je schválen společností DaimlerChrysler dle DBL 6858.

Charakteristika

Vlastnosti	Jednotka	Údaje	Zkouška dle
Vzhled	-	hnědá kapalina	-
Číslo barvy	-	3,5	DIN ISO 2049
Hustota při 15 °C	kg/m ³	918	DIN 51 757
Viskozita při 40 °C	mm ² /s	130	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	> 155	DIN ISO 2592
Odstranitelnost	-	vyhovuje	VDA 230-201

Přednosti

- **Snášenlivost s Prelube a antikorozními oleji nanesenými ve válcovnách,**
- **snadné nanášení všemi mazacími systémy,**
- **malá tendence ke stékání,**
- **vysoký tažný výkon, vysoká ochrana proti opotřebení,**
- **velmi dobrá antikorozi ochrana,**
- **použitelný jako univerzální olej pro ocel a hliník,**
- **pro všechny kvality plechů, povlakované i nepovlakované,**
- **nepůsobí rušivě při kataforetickém lakování ponorem.**

Použití

RENOFORM MCO 3028 se používá nezředěný. Nanášení lze provádět všemi běžnými mazacími systémy. Doporučená provozní teplota nástřiku a filtrování je > 40 °C.

RENOFORM MCO 3028 je odstranitelný vodnými alkalickými čisticími prostředky. Doporučujeme použít průmyslové čisticí prostředky RENOCLEAN.

Podmínky skladování

Skladovat v rozmezí teplot 0 až 40 °C.



PRODUKTINFORMATION

 Version 2
 0167.2200

PFINDER AP 167/22

Ziehöl

Freigabe / Einsatzwerk

Skoda Auto.

Produktbeschreibung

AP 167/22 ist zum Tiefziehen von Stahlblechen, verzinkten Blechen sowie Aluminiumblechen - auch für schwere Verformungen - geeignet. Das Produkt weist sehr gute Korrosionsschutzeigenschaften sowie eine leichte Entleerbarkeit auch nach Zwischenlagerung der Teile auf.

Aufgrund der thixotropen Eigenschaften zeigt AP 167/22 keine Abtropfteigung an den bearbeiteten Teilen, wodurch eine Kontamination der Transportsysteme, Hallenböden, Hochregallager u.s.w. vermieden wird.

Applikation

Die Applikation des gebrauchsfertigen Ziehöls kann durch Tauchen oder Sprühen erfolgen bei Materialtemperaturen von 20°C bis 30°C. Eine kurzzeitige Erwärmung auf 70 °C ist ebenfalls möglich.

Entleerbarkeit gem. VW PV 5202, 60°C

Gegeben - nach Lagerung, nach Klärgallierung und selbst nach Aherung bei 130 °C, (VDA-Prüfvorschrift)

Chemische Zusammensetzung

Gemisch aus Mineralölspezialfraktionen, Korrosionsschutzadditiven, EP-Additiven, synthetischen und natürlichen Fettsäureesteren.

Korrosionsschutztests

Schwitzwasserwechseltest 50°C	VW PV 52.01	> 30 Runden
Schwitzwasserionisierfilmtest 40°C	DIN 50017	> 30 Tage
Freihallenbewitterung		> 3 Monate

Lieferform

Bernsteinfarbene, trübe Flüssigkeit.

Lagerung

Bei Temperaturen von -15°C bis +30°C ca. 1 Jahr. Produkt muß vor Gebrauch aufgerührt werden!

Produktkennndaten

Aussehen		trüb
Wirkstoffgehalt		100 %
Farbe	ISO 2049	ca. 2
Viskosität/40°C	DIN 51562	160 ± 16 mm²/s
Brechungsindex n_D^{20}		1,4980 ± 0,003
Dichte/15°C	EN ISO 12185	0,910 ± 0,02 g/ml
Flammpunkt	DIN ISO 2592	> 200 °C

Böblingen, den 05.02.01

Vor jeder Produktinformation soll der Anwender eine Auswahl anprobiertes und erprobtes Material oder die Qualität eines Produktes nach der Erfahrung eines Experten. Auch die Information, dass ein Produkt in einem bestimmten Bereich eingesetzt werden kann, ist keine Empfehlung, die Verwendung eines Produktes nach der Wahl des besten Produktes ist nur auf Veranlassung des Anwenders möglich. Gebrauchsanweisung beachten.

 Pfänder KG
 Böckel-Diesel-Straße 14
 D-71632 Böblingen
 Postfach 1740

 Telefon
 +49 (0) 7031-27 01-0
 Telefax

 E-Mail:
 pfander@pfander.de
 Internet:


ZTRÁTY MNOŽSTVÍ OLEJE PŘI 35°C**Tabulky naměřených hodnot v g/m²**

1A	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,8	2,8	3,1	3,0	2,5	2,6	2,8	2,6	1,8	1,8	1,9	2,0
2,9	3,0	2,8	3,1	2,5	2,6	2,5	2,7	1,8	1,7	1,6	1,8
3,2	3,0	3,1	3,0	2,8	2,6	2,7	2,6	2,1	2,0	2,1	2,2
2,9	2,8	2,9	3,0	2,7	2,5	2,5	2,7	1,9	1,7	1,8	1,9

1B											
3,0	2,8	2,7	2,9	2,5	2,4	2,3	2,5	2,1	1,9	1,8	1,6
3,1	3,0	2,8	3,0	2,7	2,7	2,5	2,6	1,9	1,8	1,9	2,1
3,3	3,1	2,8	3,0	2,9	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	2,1
2,9	2,7	3,0	3,0	2,5	2,5	2,7	2,8	1,8	1,6	1,9	1,8

1C											
3,1	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,6	2,5	2,2	2,1	2,1	2,1
2,8	3,1	3,2	2,9	2,5	2,8	2,9	2,6	1,9	1,8	2,0	1,9
3,0	3,2	2,9	2,7	2,6	2,7	2,6	2,5	2,1	2,0	1,9	1,8
3,1	2,7	2,8	3,1	2,8	2,5	2,5	2,8	2,3	1,9	1,9	1,9

2A											
2,7	2,9	3,1	3,0	2,3	2,6	2,8	2,7	1,3	1,4	1,5	1,4
2,8	3,0	3,1	3,2	2,5	2,6	2,9	2,9	1,5	1,7	1,8	1,7
3,2	3,1	2,7	2,9	2,8	2,8	2,5	2,6	1,9	1,6	1,3	1,4
3,0	2,8	2,9	3,1	2,6	2,5	2,6	2,9	1,7	2,2	2,4	2,8

2B											
2,9	3,2	3,0	3,2	2,6	2,7	2,9	2,9	1,3	1,7	1,5	1,8
3,0	3,2	3,1	2,9	2,7	2,8	2,8	2,7	1,6	1,7	1,5	1,3
3,2	3,1	3,2	3,0	2,9	2,8	2,9	2,7	1,7	1,6	1,5	1,6
2,9	3,0	3,0	3,1	2,6	2,5	2,7	2,9	1,3	1,2	1,6	1,7

2C											
3,2	3,0	3,2	3,1	2,8	2,8	2,9	2,8	1,7	1,5	1,8	1,8
2,9	3,0	3,1	2,8	2,6	2,8	2,8	2,6	1,2	1,5	1,7	1,3
3,0	3,1	2,9	3,1	2,7	2,8	2,6	2,7	1,4	1,6	1,5	1,7
3,2	3,0	3,1	2,9	2,8	2,7	2,8	2,6	1,8	1,6	1,7	1,3

3A	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,8	2,8	3,0	2,9	2,2	2,3	2,4	2,4	1,2	1,4	1,5	1,3
3,1	3,0	3,2	3,1	2,5	2,6	2,7	2,8	1,5	1,6	1,3	1,4
2,8	2,9	2,8	3,0	2,2	2,4	2,1	2,5	2,0	1,9	1,7	1,5
3,0	3,1	2,9	3,1	2,3	2,6	2,5	2,4	1,5	1,6	1,4	1,3

3B											
2,9	2,8	3,0	2,9	2,3	2,1	2,4	2,2	1,5	1,3	1,4	1,4
3,1	2,8	2,9	3,2	2,6	2,4	2,3	2,5	1,5	1,4	1,5	1,6
3,2	3,0	3,1	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	1,7	1,5	1,5	1,3
2,7	3,1	3,0	2,9	2,1	2,3	2,5	2,3	1,3	1,5	1,4	1,4

3C											
3,2	3,0	2,9	3,0	2,7	2,4	2,2	2,5	1,6	1,6	1,4	1,5
3,1	3,2	3,1	3,0	2,5	2,6	2,5	2,4	1,7	1,6	1,6	1,4
2,9	3,0	3,1	3,1	2,2	2,4	2,7	2,5	1,5	1,6	1,5	1,7
2,8	2,9	3,0	3,0	2,4	2,3	2,5	2,4	1,3	1,3	1,4	1,5

4A											
2,9	2,9	3,0	3,1	2,9	2,8	2,9	3,0	2,0	2,1	2,3	2,0
3,2	3,1	2,9	2,8	3,1	3,0	2,9	2,8	2,2	2,4	2,3	2,5
2,9	2,8	3,0	3,2	2,8	2,7	2,9	3,1	2,1	2,0	2,3	2,6
3,1	3,0	2,9	3,2	3,0	3,0	2,9	3,1	2,3	2,3	2,1	2,2

4B											
3,0	3,1	3,2	2,9	3,0	3,0	3,1	2,9	2,1	2,3	2,2	2,0
2,8	2,9	2,8	3,0	2,7	2,9	2,7	2,9	2,0	2,2	2,0	2,2
3,1	3,0	3,1	2,9	3,1	2,9	3,0	2,9	2,1	2,1	2,2	2,0
2,8	3,2	3,0	3,1	2,8	3,1	2,9	3,0	1,9	2,3	2,2	2,2

4C											
2,8	2,8	2,9	2,8	2,7	2,8	2,9	2,7	1,9	1,7	2,0	2,0
3,2	3,1	3,0	3,0	3,1	3,1	2,8	2,9	2,1	2,2	2,1	2,1
2,9	3,0	3,1	2,9	2,9	3,0	3,1	2,8	2,0	2,1	2,0	2,1
3,2	3,1	2,9	3,0	3,1	3,1	2,9	3,0	2,1	2,0	1,8	2,1

5A											
2,7	2,9	2,8	3,1	2,7	2,8	2,8	3,0	1,5	1,5	1,7	1,9
3,2	3,1	3,1	3,0	3,1	3,0	3,1	3,0	1,8	1,6	1,5	1,6
2,8	2,9	3,2	2,9	2,8	2,8	3,1	2,8	1,4	1,4	1,5	1,4
2,8	2,9	2,8	3,0	2,8	2,7	2,8	2,9	1,5	1,4	1,3	1,5

5B Po 1 hodině				Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
3,1	3,2	3,2	3,0	3,0	3,1	3,2	2,9	1,6	1,5	1,6	1,4
2,9	2,7	2,8	2,8	2,7	2,6	2,8	2,7	1,5	1,4	1,4	1,5
2,9	3,0	3,2	3,1	2,8	2,9	3,1	3,1	1,3	1,5	1,6	1,5
2,7	3,0	3,1	3,0	2,7	3,0	3,0	2,9	1,4	1,5	1,6	1,5

5C											
2,9	3,2	3,1	2,9	2,8	3,1	3,1	2,8	1,4	1,5	1,5	1,4
2,7	2,8	3,2	3,1	2,7	2,7	3,1	3,0	1,3	1,4	1,5	1,5
2,8	3,0	3,1	3,2	2,7	2,9	3,1	3,1	1,4	1,5	1,7	1,6
2,7	2,7	2,9	2,8	2,6	2,7	2,8	2,7	1,3	1,4	1,4	1,5

ZTRÁTY MNOŽSTVÍ A SKAPÁVÁNÍ OLEJE PŘI 35°C**Tabulky naměřených hodnot v g/m²**

1D	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
3,3	3,2	3,3	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	1,9	1,9	1,8	1,8
3,2	3,3	3,1	3,0	2,8	2,7	2,7	2,7	1,8	1,7	1,8	1,8
3,2	3,1	3,0	3,1	2,9	2,9	2,8	2,9	2,0	1,9	1,8	1,9
2,9	2,8	3,0	3,2	3,0	3,0	2,9	2,9	1,6	1,8	1,9	1,8

1E											
3,1	3,1	3,0	3,2	2,9	2,8	2,6	2,5	1,9	1,7	1,7	1,7
3,3	3,0	3,1	3,2	3,0	2,7	2,8	2,9	1,9	1,8	1,8	1,8
3,1	3,2	3,1	3,3	3,0	3,0	2,8	3,0	2,1	1,9	1,7	1,8
3,2	3,1	3,0	3,2	3,1	2,9	2,8	2,9	2,1	2,1	2,0	2,0

1F											
3,2	3,1	3,0	3,2	2,6	2,4	2,4	2,3	1,9	2,1	1,8	1,7
3,1	3,2	2,9	3,0	2,8	2,7	2,4	2,5	1,8	2,0	1,7	1,8
3,2	3,3	3,1	3,2	2,7	2,5	2,8	2,8	1,9	1,9	2,0	2,2
3,1	3,2	3,0	3,1	2,8	2,8	2,9	2,8	2,0	1,8	1,9	2,0

2D											
3,4	3,2	3,1	3,2	3,1	2,7	2,4	2,0	1,9	1,6	1,7	1,5
3,1	2,8	3,0	3,1	2,9	2,6	2,5	2,6	1,8	1,5	1,5	1,4
2,7	2,9	2,8	3,2	2,7	2,5	2,5	2,9	1,7	1,5	1,4	1,7
3,1	3,2	3,2	3,0	2,9	3,1	2,7	2,6	1,7	2,0	2,1	2,0

2E											
2,8	2,7	2,9	3,1	2,7	2,3	2,0	2,0	1,7	1,4	1,6	1,4
3,2	3,3	2,9	3,0	2,6	2,7	2,5	2,0	1,8	1,6	1,4	1,4
3,1	3,2	3,3	3,0	2,8	2,6	2,6	2,2	1,3	1,3	1,5	1,5
2,9	2,8	2,9	3,2	2,5	2,6	2,5	2,8	1,4	1,7	1,5	1,7

2F											
3,2	3,1	3,0	3,2	2,4	2,7	2,1	2,2	1,8	1,5	1,3	1,2
3,1	3,2	3,1	3,2	2,9	2,9	2,9	2,4	1,8	1,7	1,6	1,4
3,0	2,8	2,9	2,8	3,2	2,9	2,6	2,8	2,0	1,9	1,4	1,6
3,1	2,7	2,8	3,0	2,9	2,8	2,5	2,8	1,3	1,8	1,6	2,0

3D	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
3,1	3,2	3,0	2,9	2,6	2,4	2,1	2,0	1,5	1,5	1,5	1,2
3,2	3,1	2,9	3,2	2,6	2,5	2,1	2,2	1,7	1,6	1,3	1,3
3,2	3,1	3,2	3,3	2,5	2,3	2,6	2,4	1,6	1,4	1,6	1,6
3,1	3,2	3,0	3,2	2,6	2,4	2,5	2,5	2,0	1,4	1,5	1,4

3E											
3,0	3,1	3,2	2,8	2,4	2,5	2,6	2,0	1,6	1,5	1,3	1,3
2,7	2,9	3,0	3,2	2,0	2,2	2,7	2,9	1,4	1,6	1,8	1,9
2,9	3,1	2,8	2,9	2,1	2,5	2,0	2,4	1,5	1,9	1,8	1,2
3,0	3,2	3,1	3,1	2,7	2,2	2,4	2,6	1,9	1,7	1,9	1,7

3F											
3,3	3,4	3,1	3,2	2,5	2,3	2,3	2,2	1,8	1,8	1,4	1,5
3,3	3,2	3,1	3,3	2,5	2,4	2,4	2,3	1,9	1,4	1,5	1,3
2,8	3,2	3,0	2,9	2,6	2,5	2,4	2,4	1,7	1,6	1,4	1,6
3,2	3,1	3,2	3,3	2,8	2,7	2,6	2,6	2,0	1,8	1,8	2,0

4D											
3,4	3,2	3,3	2,9	3,2	3,1	3,1	2,4	2,1	2,2	2,2	2,0
3,0	2,9	3,1	3,2	2,9	2,9	2,9	3,0	2,3	2,4	2,1	2,3
3,0	3,1	3,1	3,3	3,0	2,9	3,0	3,1	2,3	2,3	2,1	2,0
2,9	3,0	3,2	3,1	2,8	2,9	3,0	2,9	2,2	2,2	2,1	2,1

4E											
3,3	3,2	3,1	3,0	3,2	3,2	3,0	2,8	2,2	2,1	1,9	2,0
2,9	3,0	3,2	3,1	2,9	3,1	3,2	3,1	2,1	2,3	2,2	2,1
3,0	3,3	3,2	3,1	3,1	3,2	3,1	3,0	2,4	2,5	2,5	2,6
3,2	3,1	3,5	3,2	3,0	3,2	3,5	3,1	2,5	2,4	2,6	2,5

4F											
2,9	2,8	2,7	2,9	2,8	2,7	2,8	2,8	2,4	2,3	2,0	2,1
2,8	2,9	3,1	3,0	2,9	2,9	3,0	3,0	2,1	2,2	2,1	2,1
2,7	2,9	3,0	3,2	2,8	2,9	3,0	3,1	2,2	2,4	2,3	2,3
3,1	3,2	3,1	3,2	2,9	3,1	3,0	3,1	2,5	2,4	2,3	2,4

5D											
3,0	3,2	2,9	2,8	2,9	3,2	2,9	2,4	1,6	1,5	1,4	1,2
3,1	3,2	3,1	3,0	3,2	3,1	3,0	2,9	1,7	1,6	1,3	1,4
3,2	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,0	3,1	1,6	1,4	1,5	1,5
2,9	2,8	2,9	3,0	2,7	2,8	3,0	2,9	1,5	1,5	1,7	1,3

5E	Po 1 hodině				Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
	3,1	3,3	3,5	2,9	3,0	3,0	2,9	2,7	1,7	1,9	2,0	1,4
	3,0	2,9	3,2	3,1	3,0	3,0	3,1	3,0	1,6	1,7	1,6	1,8
	3,2	3,0	3,1	3,2	3,3	3,1	3,0	3,1	1,8	1,5	1,4	1,6
	3,1	3,0	3,2	3,1	3,3	3,2	3,2	3,0	1,7	1,5	1,5	1,5

5F												
	3,2	2,9	2,8	2,9	2,8	2,7	2,7	2,7	1,8	1,5	1,4	1,3
	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,8	2,8	2,8	1,7	1,6	1,6	1,5
	3,2	3,0	2,9	2,8	3,0	2,9	2,9	2,7	1,7	1,6	1,4	1,3
	2,7	2,9	3,2	3,1	3,2	2,8	3,1	3,1	1,4	1,5	1,7	1,6

ZTRÁTY MNOŽSTVÍ OLEJE PŘI 20°C**Tabulky naměřených hodnot v g/m²**

1A	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,8	2,9	3,0	2,8	2,7	2,7	2,8	2,6	1,9	1,8	2,0	1,9
2,7	2,6	3,3	2,9	2,7	2,7	2,8	2,9	1,7	1,8	2,2	2,0
3,1	2,8	3,1	3,2	2,9	2,8	3,0	3,0	2,1	1,9	2,1	2,0
3,1	2,8	3,2	3,2	3,0	2,9	2,9	2,9	2,2	1,9	2,0	1,9

1B											
3,0	2,8	2,9	3,0	2,8	2,8	2,7	2,8	1,8	1,8	1,8	2,0
2,9	2,9	3,0	3,0	2,8	2,9	2,9	2,8	1,9	2,0	2,1	1,9
3,2	3,1	3,2	3,3	3,0	3,0	3,1	3,1	2,1	2,2	2,1	2,0
3,1	3,0	3,2	2,9	2,9	2,9	3,0	2,9	1,9	2,0	2,0	1,9

1C											
2,7	3,1	3,0	2,9	2,6	3,1	3,0	3,0	1,7	2,0	2,1	2,1
2,8	2,9	3,2	3,1	2,9	2,9	3,1	3,1	2,0	1,9	2,0	2,1
3,0	2,8	2,9	2,7	2,9	2,8	2,9	2,7	1,8	1,9	1,9	1,8
3,1	2,8	2,9	3,1	3,0	2,9	2,9	3,0	2,2	2,1	2,0	2,1

2A											
3,1	3,3	3,4	3,2	3,0	2,8	2,9	3,0	1,8	1,7	1,7	1,6
3,0	2,9	2,9	3,1	2,9	2,8	3,0	3,0	1,5	1,3	1,4	1,5
2,8	2,9	2,7	3,0	2,8	2,8	2,7	2,9	1,4	1,6	1,5	1,5
3,3	2,9	3,1	3,2	3,2	3,0	3,1	3,1	1,9	1,8	1,8	1,9

2B											
2,8	2,9	3,0	3,2	2,7	3,0	3,0	2,9	1,8	1,8	1,9	1,7
2,7	3,0	3,1	2,9	2,8	2,9	3,0	3,0	1,6	1,6	1,8	1,7
3,1	3,3	3,2	3,0	3,1	3,2	3,1	3,1	1,8	1,7	1,7	1,8
2,9	3,1	3,0	2,9	2,9	3,0	2,9	3,0	1,7	1,9	1,8	1,9

2C											
2,7	2,9	2,6	2,8	2,7	2,8	2,7	2,7	1,6	1,7	1,8	1,7
2,7	2,8	2,9	3,0	2,6	2,8	2,8	2,9	1,8	1,7	1,9	1,8
3,2	3,0	2,9	2,8	3,1	3,0	3,0	2,9	1,9	1,8	1,8	1,8
2,9	2,7	2,8	2,9	2,8	2,7	2,7	2,8	1,6	1,7	1,8	1,7

3A	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,7	2,9	2,8	3,0	2,0	2,0	2,1	2,1	1,6	1,7	1,7	1,6
2,8	3,1	3,2	3,1	1,9	2,0	2,0	2,1	1,4	1,6	1,5	1,7
2,8	2,9	2,8	3,0	1,9	1,9	1,7	1,8	1,5	1,6	1,5	1,5
2,7	3,2	2,7	2,8	1,7	2,0	1,9	1,8	1,4	1,6	1,5	1,4

3B											
2,7	2,7	2,9	2,8	1,9	1,8	1,9	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5
2,6	2,8	2,9	2,8	1,7	1,7	1,9	1,9	1,3	1,4	1,5	1,5
2,7	2,9	2,8	2,9	1,8	1,9	1,7	1,8	1,6	1,6	1,7	1,5
2,9	2,8	3,0	3,1	1,9	1,7	1,8	2,0	1,7	1,5	1,8	1,7

3C											
2,8	2,9	3,0	3,4	1,9	1,9	2,1	2,2	1,5	1,6	1,7	1,8
3,2	3,3	3,1	2,9	2,1	2,1	2,0	2,0	1,8	1,7	1,6	1,7
3,0	3,2	2,8	2,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,6	1,6	1,7	1,6
3,1	3,2	3,1	3,0	2,0	2,1	2,1	2,0	1,5	1,7	1,6	1,6

4A											
3,2	3,4	2,8	2,9	3,2	3,3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,4	2,4
3,0	3,1	3,0	2,9	3,1	3,1	3,1	2,9	2,4	2,5	2,5	2,5
2,8	2,9	3,1	2,8	2,9	2,9	3,0	2,9	2,4	2,3	2,5	2,4
2,9	3,0	3,1	3,3	3,0	3,0	3,1	3,2	2,6	2,5	2,6	2,5

4B											
3,2	3,3	2,9	3,2	3,1	3,2	3,0	3,1	2,5	2,6	2,4	2,5
2,9	3,0	2,7	2,7	3,0	2,9	2,8	2,7	2,4	2,3	2,3	2,2
2,7	2,6	2,8	2,9	2,8	2,7	2,8	2,8	2,1	2,2	2,3	2,3
3,1	3,0	3,2	3,3	3,0	3,0	3,1	3,3	2,3	2,4	2,4	2,5

4C											
2,8	2,7	2,6	2,8	2,9	2,8	2,6	2,7	2,2	2,3	1,9	2,1
2,9	2,9	2,8	3,1	2,9	3,0	2,8	3,0	2,2	2,3	2,2	2,3
3,2	3,3	2,9	3,1	3,1	3,2	3,0	3,0	2,4	2,5	2,4	2,5
3,2	3,0	2,9	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,4	2,3	2,4	2,3

5A											
3,3	3,2	3,0	3,2	3,3	3,2	3,1	3,0	2,0	2,0	1,8	1,9
3,3	3,2	3,1	3,0	3,2	3,1	2,9	2,9	1,9	1,9	1,7	1,6
3,4	3,1	3,2	2,9	3,3	3,2	3,1	3,0	1,9	2,0	2,0	1,8
3,0	2,8	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	1,6	1,7	1,6	1,6

5B Po 1 hodině				Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
3,3	3,2	3,4	2,9	3,2	3,3	3,2	2,8	1,9	1,9	1,8	1,6
3,3	3,1	3,0	3,3	3,2	3,0	3,0	3,2	1,7	1,8	1,7	1,9
3,1	3,2	3,4	3,0	2,9	3,2	3,3	3,1	1,6	1,9	1,8	1,9
3,0	3,2	3,1	3,0	2,9	3,1	3,0	3,0	1,7	1,8	1,8	1,6

5C											
2,9	2,7	2,8	2,6	2,8	2,7	2,8	2,7	1,6	1,6	1,5	1,4
2,9	2,7	2,9	2,8	2,8	2,6	2,8	2,8	1,7	1,7	1,7	1,8
3,0	2,9	2,8	2,7	2,9	2,9	2,8	2,7	1,8	1,7	1,6	1,5
2,9	2,8	3,0	2,9	2,8	2,9	3,0	3,0	1,7	1,9	1,9	2,1

ZTRÁTY MNOŽSTVÍ A SKAPÁVÁNÍ OLEJE PŘI 20°C**Tabulky naměřených hodnot v g/m²**

1D	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
3,4	3,1	2,9	2,8	2,9	2,8	2,7	2,6	2,2	2,0	1,9	1,8
2,7	3,0	3,1	3,2	2,9	2,8	2,8	2,9	2,0	2,1	2,0	2,2
3,1	3,0	3,2	3,1	2,9	2,9	2,9	3,1	2,1	2,0	2,0	1,9
3,3	2,9	3,1	2,8	3,1	3,0	2,9	3,0	2,1	1,9	2,1	1,8

1E	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,9	2,8	2,8	2,9	2,9	2,7	2,8	2,6	1,9	1,8	1,9	1,7
2,7	2,9	2,7	2,8	2,8	2,7	2,6	2,9	1,9	1,8	1,6	2,0
3,0	3,1	3,2	3,0	2,7	2,7	2,9	3,0	2,0	1,8	2,0	2,1
2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	2,9	2,8	3,1	1,9	2,1	2,1	1,9

1F	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,9	2,9	3,1	3,2	2,7	2,8	2,9	2,9	2,1	1,9	1,9	2,1
3,1	3,0	2,9	3,1	2,8	2,8	2,7	2,9	2,2	1,8	1,9	2,1
2,8	2,7	3,2	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	1,9	1,8	2,0	1,9
3,0	2,8	2,7	2,9	3,2	3,0	3,1	2,9	2,1	1,9	2,0	1,8

2D	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,7	2,9	3,1	2,8	2,6	2,6	2,5	2,4	1,3	1,5	1,6	1,5
3,0	2,5	2,7	3,3	2,6	2,7	2,6	2,7	1,4	1,6	1,5	1,6
3,2	3,0	2,8	2,9	2,8	2,9	2,7	2,7	1,5	1,8	1,6	1,6
2,7	3,0	3,1	3,2	2,8	2,9	3,0	2,9	1,7	1,6	1,8	1,9

2E	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,9	2,8	2,9	3,0	2,7	2,6	2,5	2,4	1,7	1,7	1,7	1,6
2,9	3,1	2,7	3,1	2,7	2,8	2,6	2,7	1,6	1,7	1,6	1,9
3,0	2,6	3,2	2,9	2,9	2,8	2,9	2,7	1,7	1,6	1,8	1,7
2,8	2,7	2,9	2,8	3,0	2,8	2,8	2,7	1,7	1,8	1,7	1,8

2F	Po 1 hodině			Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
2,9	2,8	3,1	3,0	2,7	2,6	2,8	2,5	1,6	1,6	1,5	1,4
3,0	2,8	2,7	2,9	2,8	2,8	2,6	2,7	1,7	1,6	1,6	1,7
3,2	3,1	2,8	2,9	3,1	3,0	2,8	2,8	1,8	1,8	1,7	1,7
2,7	2,9	3,0	2,8	2,9	2,9	2,9	2,8	2,0	2,0	1,9	1,8

3D	Po 1 hodině				Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
3,3	3,2	3,1	2,8	2,3	2,2	1,9	1,9	1,6	1,5	1,6	1,5	
2,9	3,1	3,2	2,9	1,9	2,0	2,1	1,8	1,5	1,5	1,6	1,4	
2,8	2,7	2,9	3,2	1,8	2,4	2,3	2,3	1,5	1,6	1,5	1,6	
2,9	2,8	3,1	2,8	2,5	2,3	2,0	1,8	1,8	1,7	1,9	1,7	

3E												
3,1	3,0	2,8	2,9	2,3	2,0	1,8	1,9	1,8	1,5	1,6	1,5	
2,7	3,0	2,7	2,9	1,9	2,0	2,1	2,2	1,9	1,6	1,8	1,5	
3,1	2,9	3,0	2,8	2,0	2,1	1,9	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	
3,3	3,0	3,1	3,2	2,8	1,9	2,4	2,2	2,1	1,9	1,8	1,4	

3F												
2,9	2,7	2,9	2,8	2,0	1,9	1,7	1,9	1,7	1,4	1,5	1,3	
3,1	2,8	2,8	2,9	1,9	1,7	1,9	2,1	1,6	1,4	1,5	1,4	
3,0	2,6	2,7	2,9	2,1	2,0	2,3	2,0	1,7	1,6	1,5	1,5	
3,0	2,7	2,8	3,0	2,6	1,9	1,8	1,7	1,8	1,8	1,7	1,6	

4D												
3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	3,2	2,9	2,9	2,3	2,2	2,2	2,2	
3,2	3,0	2,9	2,7	3,1	2,9	2,8	2,8	2,5	2,4	2,3	2,3	
2,6	2,9	3,0	3,1	2,8	2,9	2,9	3,0	2,4	2,5	2,6	2,4	
3,2	3,1	3,2	2,9	3,0	3,1	3,1	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5	

4E												
3,1	2,9	2,8	2,7	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,1	2,1	
3,0	3,1	2,9	2,8	3,1	3,0	2,8	2,7	2,4	2,4	2,3	2,1	
2,9	3,0	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,7	2,4	2,4	2,5	2,4	
2,7	2,9	2,8	3,0	2,9	2,8	2,9	3,0	2,6	2,5	2,6	2,5	

4F												
2,8	2,6	2,7	2,9	2,8	2,6	2,8	2,7	2,4	2,2	2,2	2,1	
3,0	2,9	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9	3,0	2,4	2,2	2,1	2,1	
2,9	3,1	3,0	2,9	2,9	2,9	3,0	2,8	2,6	2,4	2,4	2,4	
2,8	2,7	2,9	2,9	2,8	2,8	3,0	3,0	2,7	2,6	2,5	2,5	

5D												
3,3	3,1	3,2	3,0	3,0	3,1	3,1	2,8	1,7	1,8	1,9	1,6	
3,0	3,1	3,3	2,9	3,0	3,0	2,8	3,0	2,0	1,9	1,6	1,9	
2,8	2,9	2,7	3,0	2,7	2,9	2,8	2,9	1,8	1,7	1,7	2,1	
3,1	2,9	2,8	2,9	3,0	3,0	2,9	2,8	2,0	2,0	2,0	2,1	

5E	Po 1 hodině				Po 24 hodinách				Po 14 dnech			
	2,8	2,9	3,1	3,2	2,8	2,8	3,0	3,0	1,6	1,7	1,4	1,5
	2,7	3,1	3,2	2,9	2,6	2,9	3,1	2,8	1,7	1,8	1,8	1,7
	2,8	3,1	2,7	2,9	2,9	3,3	2,6	3,0	1,8	1,9	1,8	2,0
	3,2	3,1	3,0	2,8	3,4	3,0	2,9	3,0	2,2	2,1	2,0	1,9

5F												
	3,1	3,2	3,0	3,2	3,0	3,1	2,9	2,7	1,8	1,8	1,9	1,8
	3,1	2,9	2,7	2,8	3,0	3,0	2,8	2,8	2,0	1,9	1,8	1,8
	3,0	3,1	3,2	2,9	2,9	3,0	3,1	3,0	2,0	1,9	2,0	1,9
	2,8	3,0	3,1	2,9	3,2	3,1	3,0	2,9	1,8	2,0	2,0	2,0

