

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ FAKULTA STROJNÍ

Ústav strojírenské technologie

UV-VIS SPEKTROSKOPIE PRO DETEKCI ZNEČIŠTĚNÍ ODMAŠŤOVACÝCH LÁZNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Vít Luhan

Studijní obor: Výroba a ekonomika ve strojírenství

Vedoucí práce: Ing. Michal Pakosta, Ph.D.

Konzultant: Ing. Michal Zoubek

Praha 2018



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Luhan** Jméno: **Vít** Osobní číslo: **349117**
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
 Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
 Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
 Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

UV - VIS spektroskopie pro detekci znečištění odmašťovacích lázní.

Název bakalářské práce anglicky:

UV - VIS spectroscopy for the detection of degreasing agent contamination.

Pokyny pro vypracování:

1. Rozbor problematiky chemických předúprav povrchů.
2. Metody stanovení znečištění odmašťovacích lázní.
3. Experiment za účelem ověření možnosti detekce znečištění pomocí UV-VIS spektroskopie.
4. Závěr a zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

Dle pokynů vedoucího

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Michal Pakosta, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS


Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Ing. Michal Zoubek, ústav strojírenské technologie FS

Datum zadání bakalářské práce: **23.04.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10.08.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **10.08.2018**


 Ing. Michal Pakosta, Ph.D.
 podpis vedoucí(ho) práce


 doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
 podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


 prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
 podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

9.5.2018

Datum převzetí zadání


 Podpis studenta

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 10. 8. 2018

.....

Poděkování:

Rád bych na tomto místě poděkoval Ing. Michalu Pakostovi, Ph.D. za odborné vedení při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Michalu Zoubkovi za odbornou pomoc a cenné připomínky, které mi pomohly při zpracování této práce.

Tato bakalářská práce vznikla za podpory projektu SGS16 / 217 / OHK2 / 3T / 12.

Abstrakt:

Tato práce se zabývá problematikou procesu odmaštění povrchu. Jsou zde popsány technologie odmašťování povrchu. Dále metody kontroly kvality odmaštění a metody kontroly znečištění lázně. Praktická část se zabývá kontrolou provozuschopnosti lázně. Cílem této práce je prozkoumat možnost využití UV-VIS spektroskopie pro kontrolu odmašťovací lázně. V experimentální části je kladen důraz na měření fluorescence kapalin v kombinaci s běžně používanými metodami měření vodivosti a pH.

Klíčová slova:

Recognoil, fluorescence, odmaštění, lázeň, vodivost, pH

Abstract:

This thesis deals with the surface degreasing process. Surface degreasing technology is described herein, together with methods of quality control of degreasing and methods for controlling the pollution of the bath. The practical part deals with checking the serviceability of the bath. The aim of this work is to investigate the possibility of using UV-VIS spectroscopy for the control of the degreasing bath. The main emphasis in the experimental part is to measure the fluorescence of fluids in combination with commonly used conductivity and pH measurement methods.

Key words:

Recognoil, fluorescence, degreasing, bath, conductivity, pH

Obsah

| | |
|--|-----------|
| ÚVOD | 8 |
| 1 TECHNOLOGIE ODMAŠŤOVÁNÍ..... | 9 |
| 1.1 Rozdělení metod odmašťování..... | 9 |
| 1.1.1 Vysokotlaký postřík | 9 |
| 1.1.2 Odmašťování pomocí páry | 10 |
| 1.1.3 Odmašťování ultrazvukem | 11 |
| 1.1.4 Elektrolytické odmašťování..... | 11 |
| 1.2 Rozdělení odmašťovacích prostředků | 12 |
| 1.2.1 Odmašťování v organických rozpouštědlech | 12 |
| 1.2.2 Odmašťování v alkalických roztocích | 13 |
| 1.2.3 Odmašťování pomocí tenzidových prostředků | 13 |
| 1.2.4 Odmašťování emulzí | 14 |
| 2 KONTROLA KVALITY ODMAŠŤOVACÍCH LÁZNÍ..... | 15 |
| 2.1 Titrační metoda..... | 15 |
| 2.2 Měření vodivosti | 16 |
| 2.3 Měření pH | 17 |
| 2.4 Zařízení SITA ConSpector..... | 18 |
| 2.5 Zařízení SITA DynoTester+ a SITA Clean Line ST..... | 20 |
| 3 MOŽNOSTI DETEKCE MASTNOTY NA POVRCHU DÍLU | 22 |
| 3.1 Metoda porušení souvislého vodního filtru..... | 22 |
| 3.2 Metoda postřiková..... | 22 |
| 3.3 Metoda hmotnostní..... | 22 |
| 3.4 Inkousty Everstar | 23 |
| 3.5 Fixy a inkousty Arcotest | 23 |
| 3.6 Smáčivost povrchu | 24 |
| 3.7 Hydrokarbonový test | 25 |
| 3.8 Metoda fluorescenční | 25 |
| 3.8.1 SITA CleanoSpector | 26 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.8.2 | Recognoil..... | 27 |
| 4 | PRAKTICKÁ ČÁST | 29 |
| 4.1 | Měření fluorescence roztoku při kontaminaci olejem | 29 |
| 4.2 | Porovnání změny vodivosti pH a fluorescence při kontaminaci lázně..... | 34 |
| 4.3 | Závislost míry fluorescence na změně teploty..... | 41 |
| 5 | ZÁVĚR..... | 44 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 45 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 47 |
| | SEZNAM GRAFŮ | 48 |
| | SEZNAM TABULEK | 49 |
| | SEZNAM ZKRATEK..... | 50 |
| | SEZNAM JEDNOTEK | 51 |
| | PŘÍLOHY | 52 |

ÚVOD

Odmašťování je jedna z důležitých metod chemických předúprav povrchu a má značný vliv na výslednou kvalitu povrchových úprav.

Cílem odmašťování je uvolnění nečistot z povrchu upravovaného dílu do odmašťovací lázně. To vede k postupné degradaci lázně. Sledování stavu odmašťovací lázně je stejně důležité jako sledování kvality odmaštění povrchu výrobku. Ztráta odmašťovací schopnosti vede ke zhoršení kvality odmašťovacího procesu. Naopak přehnaná snaha o udržení provozuschopného stavu odmašťovací lázně, bez dostatečné kontroly, může vést k zvýšené ekologické zátěži a ne hospodárnosti provozu.

Výhledem do budoucna je co nepřesnější analýza složení lázně, snaha o automatickou detekci znečištění lázně a udržování odmašťovacích lázní v provozuschopném stavu ideálně bez zásahu člověka.

Tato práce má za úkol popsat chemické předúpravy povrchu, konkrétně problematiku odmašťování, a analyzovat používané metody a čisticí prostředky běžně používané v praxi. Dále popis metod, které jsou v současné době používané pro detekci znečištění odmašťovacích lázní.

Tato práce má ověřit možnost využití UV-VIS spektroskopie pro kontrolu znečištění odmašťovacích lázní. Pro měření bude použito zařízení Recognoil, které je primárně určené pro detekci nečistot na povrchu dílu. Cílem je provést experiment a na základě jeho výsledků zhodnotit využití UV-VIS spektroskopie při detekci znečištění lázní, ať už samostatně nebo v kombinaci s běžně používanými metodami.

1 TECHNOLOGIE ODMAŠŤOVÁNÍ

Odmašťování je jedním ze způsobů přípravy povrchu před aplikací povrchové úpravy. Patří mezi chemické úpravy povrchu. Na povrchu součásti jsou mastné nečistoty (oleje, chladičí kapaliny, třísky, prach), které pocházejí z předchozích výrobních operací. Kvalitní odmaštění povrchu součásti je základním předpokladem pro úspěšné provedení řady povrchových úprav. Kvalita odmaštění je závislá na několika parametrech (obr. 1). Teplota a čas jsou závislé na zvolené metodě případně na čisticím prostředku. [1] [20] [21]

| | |
|------------------------|----------------|
| ČAS | TEPLOTA |
| ODMAŠŤOVACÍ PROSTŘEDEK | POUŽITÁ METODA |

Obr. 1 - Parametry, na kterých je závislá kvalita odmaštění [10]

1.1 Rozdělení metod odmašťování

Metody odmašťování můžeme rozdělit do dvou základních skupin. První z nich jsou metody bez dodání další energie, která by zvyšovala účinnost odmašťovacího procesu. Sem můžeme zařadit odmašťování ponorem a postřikem, kde k odmaštění dochází pouze ponořením nebo nanesením odmašťovacího prostředku. Druhá skupina metod jsou metody, kdy se kombinuje účinek odmašťovacího prostředku s mechanickou energií, která zvyšuje účinnost procesu. Druhá skupina metod je popsána v bodech níže. [4] [10] [20] [21]

1.1.1 Vysokotlaký postřik

K čištění se používají zařízení, kde pomocí čerpadel dochází ke zvýšení tlaku proudu vody s čisticím prostředkem. Tlak vody dosahuje až několik set barů, lze použít studenou i teplou vodu do teploty 60°C. Jako čisticí prostředek se většinou používají tenzidové prostředky. Metoda se využívá nejenom pro odstranění hrubých nečistot a mastnot, ale především pro čištění velkých ploch výrobků a součástí. [4] [10] [20] [21]



Obr. 2 – Vysokotlaký čistič Kränzle K 1152 TS [17]

1.1.2 Odmašťování pomocí páry

Metoda podobná vysokotlakému čištění. Pro odstranění nečistot se používá proud horké páry (až 180°C) pod vysokým tlakem. Účinek čištění se může zvýšit přidáním odmašťovacího prostředku. Důsledkem teplotního rozdílu mezi párou a povrchem součásti dochází ke kondenzaci rozpouštědla na povrchu součásti a tím k oplachu povrchu čistým rozpouštědlem. [4] [10] [20] [21]



Obr. 3 - Vysokotlaký parní čistič Kränzle therm 875-1 + [17]

1.1.3 Odmašťování ultrazvukem

Pomocí ultrazvukových budičů se do lázně zavádí ultrazvukové vlnění, které vyvolává vznik mikroskopických bublinek, které implodují a odtrhávají z povrchu dílu nečistoty. Tento jev se nazývá kavitace. Tato metoda je vhodná pro čištění tvarově složitých součástí. Používané frekvence jsou v rozmezí od 20 do 40 kHz. Při použití nižší frekvence vzniká menší počet bublinek o větším poloměru, které jsou vhodné pro čištění silně znečištěných povrchů. Při vyšší frekvenci vzniká více menších bublinek, které jsou vhodné pro jemné čištění. Proces čištění trvá od několika sekund do několika minut. Jako čisticí prostředek se používají organická rozpouštědla a vodné odmašťovače. [4] [10] [20] [21]



Obr. 4 - Ultrazvuková čistička Elmasonic S [18]

1.1.4 Elektrolytické odmašťování

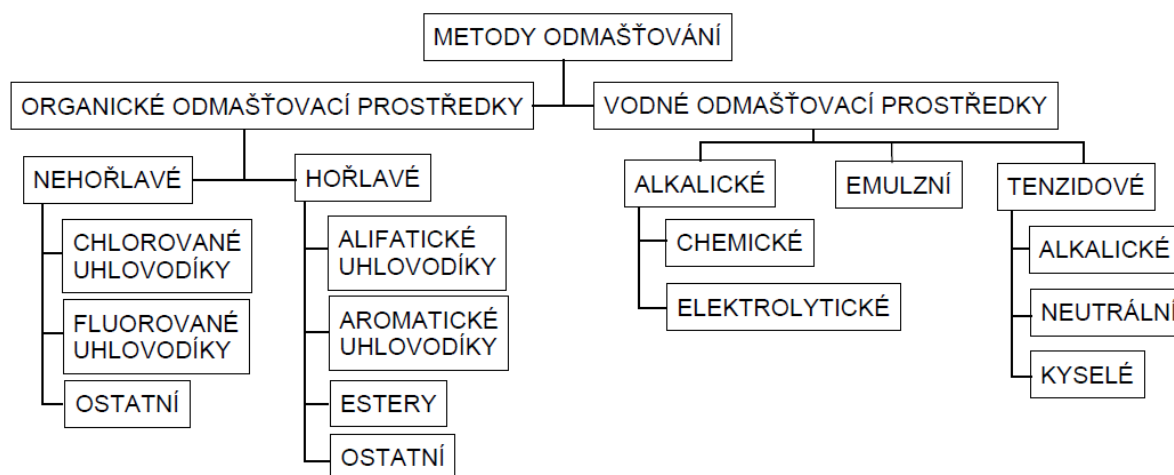
Elektrolytické odmašťování je jedna z neúčinnějších metod odmašťování, jejíž pomocí je dosahována čistota povrchu požadovaná pro galvanické pokovení. Využívá se zde fyzikální účinek elektrolýzy. Na anodě se vylučuje kyslík, na katodě vodík a alkalický kov, který je nestálý a slučuje se s vodou na alkalický hydroxid. Vznikající bublinky plynů rozruší vrstvu olejové vrstvy. Odmašťovaný výrobek může být zapojen jako katoda nebo jako anoda.

Na katodě vzniká asi 2x víc vodíku a také dochází ke zvýšení alkality, které má příznivý vliv na kvalitu odmaštění. Vylučovaný vodík může způsobit vodíkovou křehkost. Vznikající hydroxidy mohou způsobit korozi některých kovů, např. cínu, olova, mědi, zinku.

Na anodě vzniká méně kyslíku než vodíku na katodě, ale účinnost je velká. Nedochozí k navodíkování povrchu a vodík z katodického cyklu je eliminován. Dochází k mírnému odleptání povrchu.

Pro odstranění nevýhod obou způsobů se výrobek nejdříve zapojí jako katoda a pak jako anoda. Zapojení jako katoda je 3x delší než jako anoda. [4] [10] [20] [21]

1.2 Rozdělení odmašťovacích prostředků



Obr. 5 - Rozdělení odmašťovacích prostředků [10]

1.2.1 Odmašťování v organických rozpouštědlech

Jedná se o nejjednodušší způsob odmašťování. Velmi rychle rozpouští velké množství mastnot. Metodu nelze využít na vlhké povrchy a heteropolární nečistoty (tj. anorganické soli, pot a otisky prstů). Kvůli toxicitě těchto rozpouštědel se při práci s nimi musí dodržovat přísné bezpečnostní předpisy.

Ideální organické rozpouštědlo by mělo být kapalné za normální teploty, dobře rozpouštět mastné nečistoty a mělo by být nehořlavé a netoxické. Také by mělo být snadno regenerovatelné a být stálé (nesmí se rozkládat při skladování ani při provozu). Žádné rozpouštědlo tyto podmínky nespĺňuje, ale některé se těmito podmínkám přibližují a lze je v praxi použít. [1] [20] [21]

Organická rozpouštědla se rozdělují do dvou skupin.

Hořlavá rozpouštědla:

Používá se technický benzín, který je nejméně toxický a lze jej použít i pro ruční odmašťování. Jeho použitím nelze dosáhnout dokonalé smáčivosti povrchu a opakovaným použitím se odmašťovací lázeň znečišťuje a dochází ke zhoršení účinku odmaštění povrchu. Proto se používá pouze na hrubé odmaštění, po kterém následuje další účinnější odmaštění. Používá se pro odmaštění velkých ploch před aplikací nátěrových ploch, které nevyžadují dokonalou smáčivost povrchů. [1] [20] [21]

Nehořlavá rozpouštědla:

Rozpouštědla jsou na bázi chlorovaných a fluorovaných uhlovodíků. Pro jejich vyšší toxicitu je lze použít pouze v uzavřených zařízeních. Je možné je aplikovat ponorem, postřikem nebo ve formě par. Nejúčinnější je odmašťování v páře, protože se v podstatě jedná o odmašťování v stále čistém rozpouštědle. Páry kondenzují na povrchu součásti a rozpouštějí mastné nečistoty. [1] [20] [21]

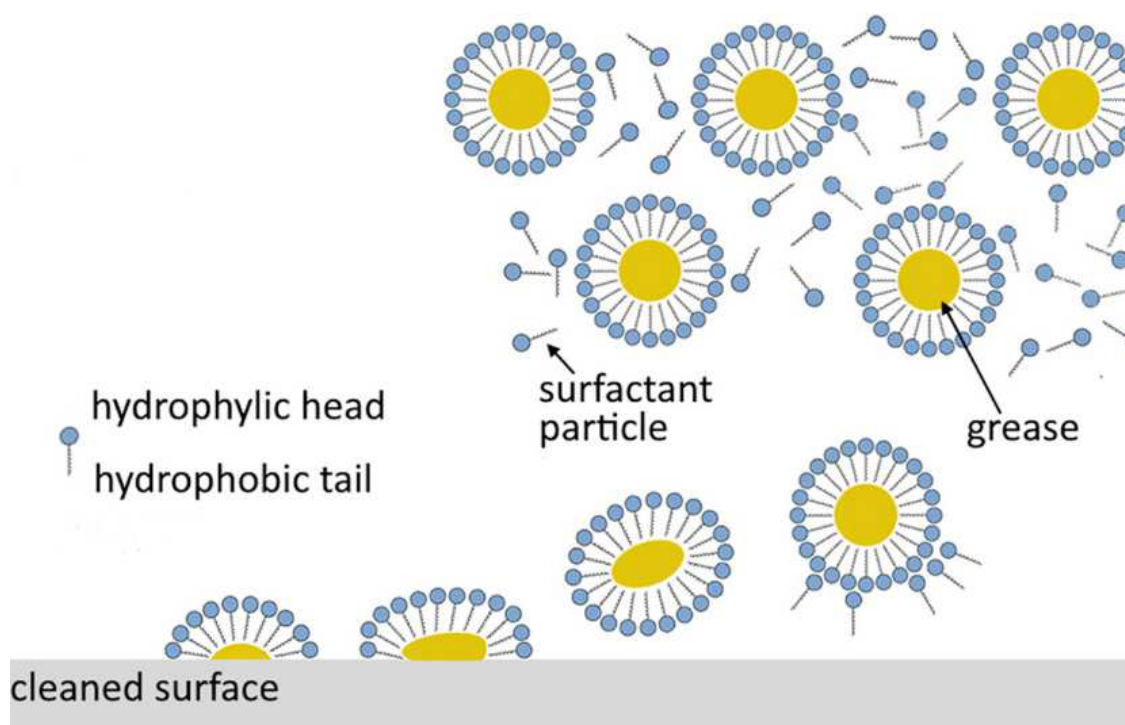
1.2.2 Odmašťování v alkalických roztocích

Při tomto druhu odmašťování nejprve dochází k potrhání mastného filmu a jeho vytěsněním odmašťovací lázní. Dochází k emulgaci a poté i dispergaci uvolněných nečistot a k zabránění jejich opětovnému usazení na povrchu součásti. Vytěšňovací schopnost lázní způsobuje přítomnost organických tenzidů, které snižují povrchové napětí roztoku a snižují napětí na stykové ploše dvou fází.

Odmašťovací přípravky obsahují vedle organických tenzidů i anorganické alkalicky reagující soli, jako např.: NaOH, Na₂CO₃, fosforečnany, křemičitany. Většinou se jedná o jejich kombinace. Vhodný přípravek se volí podle druhu odmašťovaného kovu, který dovoluje určité rozmezí alkality odmašťovací lázně. [1] [20] [21]

1.2.3 Odmašťování pomocí tenzidových prostředků

Tenzidy jsou povrchově aktivní látky, které snižují povrchové napětí vody. Molekula tenzidu má amfipatickou strukturu. To znamená, že se rozděluje na nepolární (hydrofobní) a polární (hydrofilní) část. Nečistoty jsou většinou nepolárního (hydrofobního) charakteru. Tenzidy se k nečistotám naváže svou nepolární částí a polární částí se naváže na molekuly vody. Tenzidy se na nečistotu postupně navazují, až dojde k jejímu uvolnění z čištěného povrchu a je rozptýlena do vodného roztoku. [25] [26] [28]



Obr. 6 - Princip navazování tenzidů na nečistoty [28]

Cleaned surface – čištěná plocha; hydrophilic head – hydrofilní (polární) část; hydrophobic tail – hydrofobní (nepolární) část; surfactant particle – tenzid; grease – nečistota

Odmašťování pomocí tenzidů nabylo na důležitosti zavedením povrchově aktivních látek a znamenalo zásadní obrat ve vývoji alkalických odmašťovacích přípravků. Používání povrchově aktivních látek v oblasti odmašťování umožnilo jeho urychlení i snížení pracovní teploty. Zavedení tenzidů rovněž umožnilo upustit od dříve běžných roztoků s vysokými hodnotami pH a přejít na roztoky slabě alkalické až téměř neutrální, nebo dokonce odmašťovat v kyselém prostředí. Tenzidy lze aplikovat ručně, ponorem, ultrazvukem i postřikem včetně vysokotlakého postřiku. Jejich velkou předností je skutečnost, že obsahují z více jak 90% látky biologicky odbouratelné a tedy snadno zlikvidovatelné. [1][4] [28]

1.2.4 Odmašťování emulzí

Proces probíhá v organickém rozpouštědle, které obsahuje určité množství organického emulgátoru. Penetraci rozpouštědla do vrstvy nečistot podporuje emulgátor. Po vyjmutí součásti z lázně se povrch oplachuje vodou. Nečistoty a rozpouštědlo odcházejí z povrchu ve formě vodní emulze. Jedná se o účinný způsob odmašťování, kterým lze odstraňovat i velké množství nečistot. Většímu rozšíření této technologie brání problematická likvidace odpadních vod. [1] [20] [21]

2 KONTROLA KVALITY ODMAŠŤOVACÍCH LÁZŇÍ

Stejně jako je důležité kontrolovat stav povrchu před odmaštěním a po odmaštění, je důležité kontrolovat čistotu kapalin (odmašťovací, oplachové lázně), se kterými přijde při procesu odmaštění výrobek do kontaktu. U odmašťovacích lázní může mít vysoký podíl oleje či nízký podíl nevázaných tenzidů negativní vliv na kvalitu odmaštění povrchu. Neznalost stavu odmašťovacích lázní může vést k přehnané snaze udržet lázeň v provozuschopném stavu, tedy k předčasné výměně lázně nebo doplňování nadbytečného množství tenzidů, což je neekologické a neekonomické. V současné době je snaha o automatizaci detekce čistoty lázně a případně i automatickou regeneraci lázně (doplňování potřebného množství tenzidů atd.). Proces plně automatizovaného procesu je ale teprve v počátku. [8] [23]

Mezi dnes běžně používané způsoby detekce čistoty odmašťovacích lázní patří titrace a měření pH a vodivosti. [8] [23]

2.1 Titrační metoda

Průběh měření spočívá v přidávání titračního činidla z kalibrované nádoby (byrety) do známého objemu roztoku stanovované látky až do dosažení bodu ekvivalence. [13] [14]

Při měření dochází k reakci mezi stanovovanou látkou v roztoku a přidávaným roztokem titračního činidla o známé koncentraci. Okamžik, kdy dojde k přesnému vyrovnání množství stanovované látky a titračního činidla, se nazývá bod ekvivalence. Může být indikován vizuálně na základě barevné či jiné změny roztoku přidáním indikátoru, nebo objektivně pomocí měření pH a vodivosti. [13] [14]

Jako příklad využití titrace v provozu je na obr. 7 zobrazena titrační sada od společnosti Everstar. Sada není univerzální a slouží ke stanovení koncentrace konkrétního odmašťovacího prostředku Star v lázni. Podle výsledků titrace doplňuje obsluha prostředek do lázně a udržuje jí v provozuschopném stavu. Součástí sady jsou laboratorní potřeby a chemikálie potřebné pro zkoušku včetně návodu pro vyhodnocení. [13] [14]



Obr. 7 - Titrační sada Everstar [14]

2.2 Měření vodivosti

Elektrická vodivost je jedna ze základních vlastností související s kapalnými roztoky, tj. látek (kyselin, zásad a solí), ze kterých štěpením vznikají elektricky nabitě částice (ionty), které umožňují průtok elektrického proudu (tzv. konduktivita). Konduktivita je fyzikální veličina, která právě popisuje schopnost látky vést zmíněný elektrický proud. Látka, která je tzv. dobrým vodičem, má vysokou hodnotu konduktivity a naopak. Elektrická vodivost roztoků je závislá na množství těchto iontů v měřeném roztoku, tj. na jejich koncentraci, dále na velikosti náboje jednotlivých iontů, na teplotě roztoku a na tzv. pohyblivosti iontů v elektrickém poli, tj. jak rychle se ten který iont v elektrickém poli pohybuje. [11] [12]

Elektrická vodivost je definovaná jako převrácená hodnota odporu. Jednotkou je siemens

$$K = \frac{1}{R} [S] \quad (1)$$

Vodivost mezi dvěma elektrodami, s plochou $S [m^2]$, které jsou vzdáleny o délku $L [m]$, se nazývá měrná vodivost, nebo také konduktivita. Jednotkou měrné vodivosti je $[S \cdot m^{-1}]$. [11] [12]

$$\kappa = \frac{1}{R} \cdot \frac{L}{S} = K \cdot \frac{L}{S} [S \cdot m^{-1}] \quad (2)$$

Měřiče vodivosti se vyrábí podle koncentrace

- Pro nízké koncentrace (do $0,03 S \cdot m^{-1}$) – velkoplošné elektrody blízko u sebe
- Pro střední koncentrace (do $3 S \cdot m^{-1}$) – středně velké elektrody
- Pro vysoké koncentrace (nad $3 S \cdot m^{-1}$) – elektrody o malé ploše daleko od sebe



Obr. 8 - Přístroj na měření měrné vodivosti [12]

Níže jsou uvedené naměřené hodnoty elektrické vodivosti některých kapalin

Tab. 1 - Naměřené hodnoty vodivosti vybraných kapalin

| Kapalina | Vodivost [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] |
|--------------------------|---|
| Destilovaná voda | 1,47 |
| Minerální voda (Mattoni) | 808,00 |
| 5% vodný roztok NaCl | 99 950,00 |
| Voda z kohoutku | 335,00 |

2.3 Měření pH

Důležitou charakteristikou vodných roztoků je zjišťování hodnoty pH. Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových kationtů.

$$\text{pH} = -\log C_{\text{H}^+} \quad (3)$$

Podle přesnosti, s jakou je potřeba znát hodnotu pH, se volí způsob měření. Pro orientační stanovení (kyselosti/zásaditosti) se využívá indikátorový papírek (lakmusové papírky), pro měření pH s větší přesností se užívají pH metry. [11] [12]

Orientační měření

Orientační měření pH se provádí pomocí indikátorových papírků (tj. acidobazické indikátory). Papírové proužky jsou napuštěny tzv. indikátory, které na základě pH (kyselosti/zásaditosti) roztoku mění barvu v důsledku probíhajících chemických reakcí. [11] [12]



Obr. 9 - Papírové indikátory a rozlišovací stupnice [12]

Potenciometrické měření

Metoda měření pH založená na elektrochemickém principu se využívá tzv. pH-metrů neboli potenciometrického měření pH, které je měření rovnovážného stavu galvanického článku u kterého se napětí mění s hodnotou pH. Galvanický článek se skládá ze dvou elektrod, které jsou společně v jedné, tzv. kombinované elektrodě, ponořené do měřeného roztoku. Jedna elektroda je indikační (měrná), jejíž potenciál je funkcí aktivity vodíkových iontů (H^+), a závisí tedy na hodnotě pH. Druhá elektroda je srovnávací se známým konstantním elektrodovým potenciálem. [11] [12]

Indikační elektrodou je skleněná elektroda, která je velice citlivá na hrubé zacházení a to jak mechanické tak chemické. Má tvar kulové baňky s přechodem do skleněné trubičky a je vyrobena ze speciálního skla. Je naplněná roztokem o známé a konstantní hodnotě pH, do něhož zasahuje vnitřní srovnávací elektroda. Při ponoření elektrody do měřeného roztoku vzniká mezi vnější a vnitřní stranou skleněné membrány potenciálový rozdíl, jehož velikost je úměrná rozdílu hodnoty pH měřeného vodného roztoku a vnitřního roztoku. [11] [12]

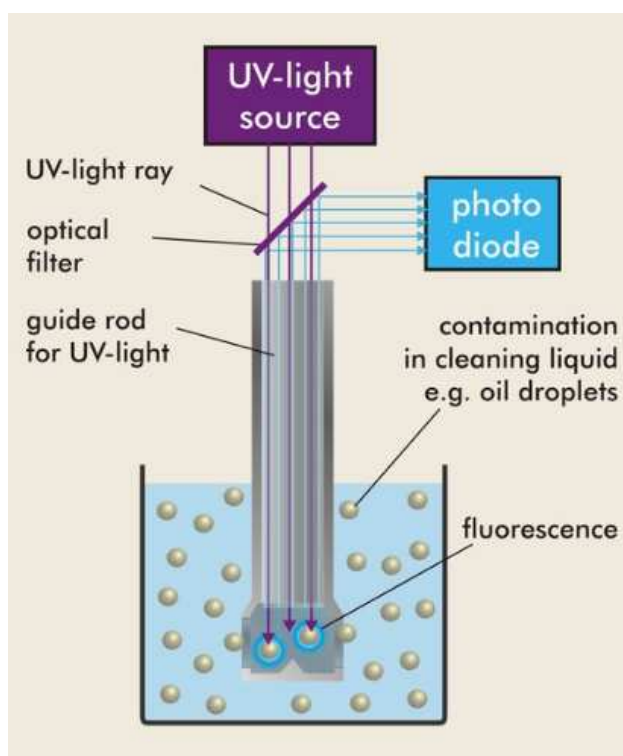
2.4 Zařízení SITA ConSpector

Zařízení vyrábí společnost SITA Messtechnik GmbH a je určeno pro kontrolu znečištění odmašťovacích a oplachovacích lázní. Zařízení vyhodnocuje množství olejů v lázni pomocí fluorescence. UV záření je do lázně vedeno pomocí nástavce, který je na konci opatřen sondou, do které může natéct obsah kontrolované lázně, ale nedostane se do ní okolní světlo. Princip funkce zařízení je uveden na obr. 11. [7]

SITA ConSpector lze použít v provozních i laboratorních podmínkách. Obsluha zařízení je velmi jednoduchá. Po ponoření sondy do kontrolované lázně se měření začne stiskem jediného tlačítka a úroveň kontaminace je známa do několika vteřin. Na základě tohoto měření může obsluha rychle vyhodnotit, zda je lázeň provozuschopná. [7]



Obr. 10 - Zařízení SITA ConSpector [7]



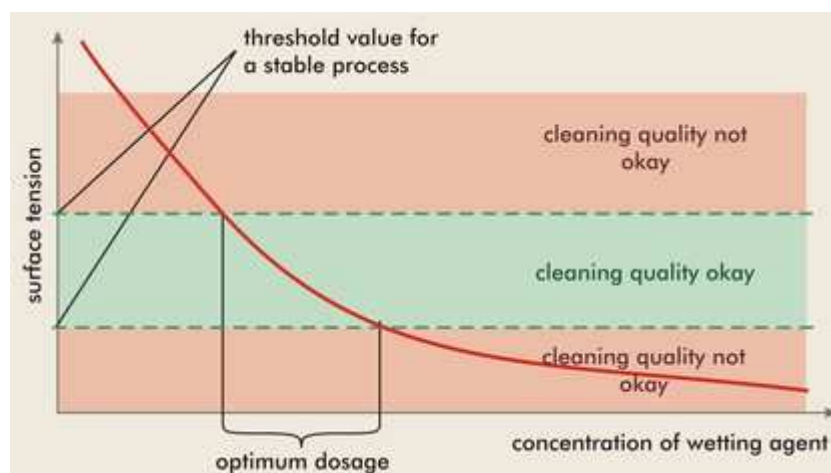
Obr. 11 - Princip funkce zařízení SITA ConSpector [7]

UV-light source – zdroj UV záření; UV-light ray – UV záření; guide rod for UV-light – nástavec, pro vedení UV záření, se sondou; contamination in cleaning liquid e.g. oil droplets – kontaminující látka v odmašťovací kapalině např. kapky oleje

2.5 Zařízení SITA DynoTester+ a SITA Clean Line ST

Jedná se opět o produkty společnosti SITA Messtechnik GmbH, které pracují na principu měření povrchového napětí. Jednotkou povrchového napětí je mN.m^{-1} . Hodnota povrchového napětí slouží ke kontrole koncentrace tensidů v odmašťovací lázni. [7]

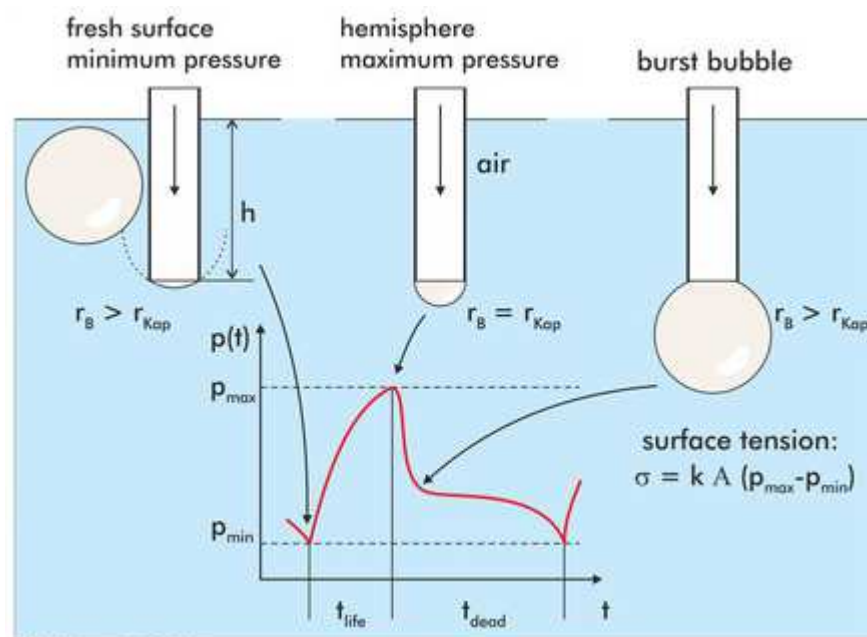
Na obr. 12 je uvedena závislost mezi koncentrací tensidů a hodnotou povrchového napětí. Nastavení a udržování limitního obsahu tensidů je individuální pro každý proces a správné množství tensidů v lázni je důležité pro vysokou efektivitu odmašťování. [7]



Obr. 12 - Závislost povrchového napětí na obsahu tensidů [7]

threshold value for a stable proces – hraniční hodnoty pro stabilní proces; surface tension – povrchové napětí; optimum dosage – optimální dávkování; concentration of wetting agent – koncentrace tensidů; cleaning quality okay/not okay – kvalita odmaštění je v pořádku/není v pořádku

Součástí zařízení je kapilára, které je ponořena do měřené lázně. Do kapiláry je vháněn vzduch a měří se rozdíl tlaků při vytváření bublinky. Minimální tlak naměříme při tvorbě bublinky a maximálního tlaku je dosaženo, když má bublinka tvar polokoule a její poloměr se rovná poloměru kapiláry. Tlak se dále snižuje, poloměr bublinky zvyšuje, až dojde k odtržení bublinky od kapiláry. Průběh tvorby bublinky a změna tlaku je znázorněna na obr. 13. Z rozdílu maximálního a minimálního tlaku se zjistí povrchové napětí. [7]



Obr. 13 - Princip tvorby bublinky a průběh tlaků [7]

fresh surface minimum pressure – vznik nové bublinky minimální tlak; hemisphere maximum pressure – polokoule maximální tlak; burst bubble – odtržení bublinky; surface tension – povrchové napětí

Zařízení SITA DynoTester+ a SITA Clean Line ST pracují na stejném principu. Ruční přístroj SITA DynoTester+ (obr. 14) umožňuje snadnou a rychlou kontrolu. Je přenosný a použitelný pro kontrolu více provozů nebo v laboratoři. Přístroj SITA Clean Line ST (obr.14) se používá pro kontinuální kontrolu jedné lázně a umožňuje automatické doplňování tenzidů do lázně. [7]



Obr. 14 – Vlevo přístroj SITA DynoTester+. Vpravo SITA Clean Line ST [7]

3 MOŽNOSTI DETEKCE MASTNOTY NA POVRCHU DÍLU

Slouží ke stanovení účinnosti procesu odmašťování. Rozdělují se na metody přímé a nepřímé. Přímé je možné použít k určení zamaštění přímo a okamžitě na daném vzorku. Nepřímé metody se provádějí v laboratořích, jsou časově náročné, proto se v praxi skoro nepoužívají. [3][4] [22]

3.1 Metoda porušení souvislého vodního filmu

Jedná se o orientační zkoušku, která se používá k rychlému zjišťování zamaštění v provozu. Používá se jako předběžná zkouška před ostatními zkouškami. Metoda je založena na vlastnostech čistého kovového povrchu, na kterém se po určitou dobu udrží neporušený vodní film. Zamaštění povrchu způsobí předčasné porušení vodního filmu. [3][4]

Vzorek se namočí do destilované vody, vyjme se a položí tak, aby byl pod úhlem 45°. Měří se doba potřebná k porušení vodního filmu na čistém kovovém povrchu. Povrch se považuje za čistý, přesáhne-li čas 60 s. [3][4]

3.2 Metoda postřiková

Metoda je určena pro nižší stupeň zamaštění. Na suchý měřený povrch kovové součásti se rozprašuje vodní roztok látky snižující povrchové napětí vody. Měří se doba od počátku postřiku až do vytvoření souvislého vodního filmu. Tato doba je závislá na druhu zamaštění a je úměrná plošné koncentraci látek způsobujících zamaštění. Součást lze považovat za čistou, pokud se doba postřiku neliší o více jak 20% od kontrolního vzorku. [3][4]

3.3 Metoda hmotnostní

Používá se pro větší plošnou koncentraci zamaštění. Plošná hustota zamaštění vzorku se stanoví změřením hmotnosti před a po odmaštění povrchu. Vzorek se zváží s přesností na 0,1 mg, zjistí se celková plocha předmětu a odmastí se v organickém rozpouštědle, které musí dokonale rozpouštět mastnotu, jíž je předmět znečištěn (např. benzín). Pro každý předmět se musí použít nové rozpouštědlo. Odmaštěný a vysušený předmět se znovu zváží. Možností je také nechat odpařit organické rozpouštědlo z roztoku směsi mastnoty a rozpouštědla získaného odmaštěním předmětu. Zbývá mastnota se zváží. Z rozdílu hmotností zamaštěného a odmaštěného předmětu, nebo ze zjištěné hmotnosti mastnoty zbylé po odpaření rozpouštědla, a obsahu plochy předmětu získáme plošnou hustotu zamaštění udávanou v g.m^{-2} . [3][4]

3.4 Inkousty Everstar

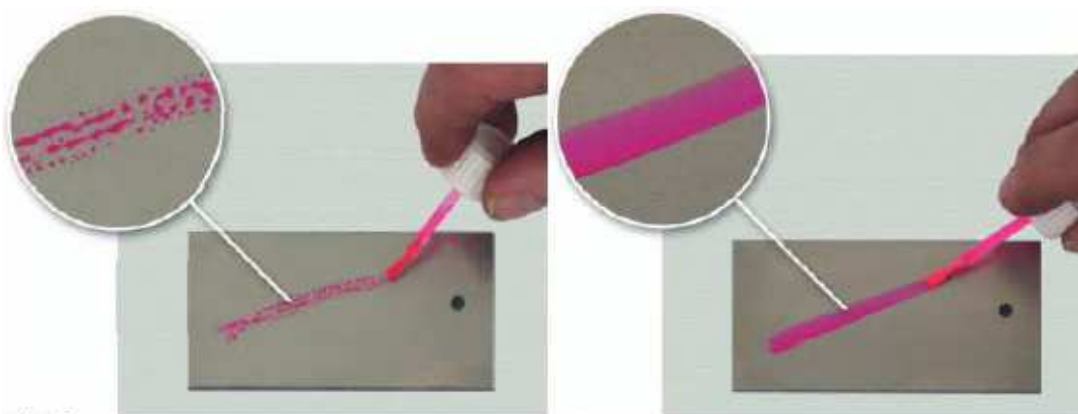
Jedná o rychlý a orientační metodu zjištění znečištění povrchu. Metoda využívá principu rozdílného povrchového napětí nečistot. Sada obsahuje 3 typy inkoustů, které indikují množství nečistot na povrchu.

Inkoust A indikuje $0,1 \text{ g.m}^{-2}$ a méně.

Inkoust B indikuje $0,01 \text{ g.m}^{-2}$ a méně

Inkoust C indikuje $0,001 \text{ g.m}^{-2}$ a méně

Na testovaný povrch se nanese inkoust A. pokud stopa inkoustu vykazuje poškození (obr. 15), je povrch nadměrně znečištěn a je nutné odmaštění opakovat nebo použít jiný odmašťovací prostředek. Pokud stopa po inkoustu nevykazuje žádné poškození (obr. 15), lze vyzkoušet inkoust B případně inkoust C a stejným způsobem vyhodnotit poškození inkoustové čáry. Za kvalitně odmaštěný povrch pro běžné potřeby povrchových úprav se považuje obsah zbytkového zamaštění odpovídající inkoustu B. K nanášení inkoustů slouží štěteček, který je součástí sady a po každé aplikaci se musí vyčistit od případného znečištění z testovaného povrchu. Čistící materiál je také součástí sady. [6]



Obr. 15 - Vlevo poškozená a vpravo nepoškozená inkoustová stopa povrchové napětí rovno nebo větší než 38 mN.m^{-1} [6]

3.5 Fixy a inkousty Arcotest

Metoda je založena na zjištění povrchového napětí testovaného povrchu. Pro kovy obecně platí, že čím větší je povrchové napětí, tím větší je přilnavost lepidel, laků a nátěrů k povrchu. Jako obecný limit povrchového napětí je udáváno 38 mN.m^{-1} . Nižší hodnota povrchového napětí znamená nízkou přilnavost, vyšší dobrou přilnavost. Testovací inkousty

jsou kapaliny s definovaným povrchovým napětím. Součástí testovací sady je několik lahviček s různými hodnotami povrchového napětí. Přesnost měření je $1 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$. [6] [9]

Pomocí fixu nebo štětečku se inkoust (např. $38 \text{ mN}\cdot\text{m}^{-1}$) nanese na testovaný povrch. Pokud stopa inkoustu zůstane nepoškozena po dobu dvou sekund je hodnota povrchového napětí testovaného povrchu stejná nebo vyšší. V tomto případě se nanese inkoust s vyšší hodnotou povrchového napětí a vyhodnotí se stejným způsobem. Zkouška pokračuje, dokud se inkoust neslije do malých oddělených kapiček. Pokud se inkoust slije do kapiček už při použití prvního inkoustu, použije se inkoust s nižší hodnotou povrchového napětí. [6] [9]



Obr. 16 – Vlevo nahoře fixy Arcotest. Vpravo nahoře použití fixu. Dole inkousty Arcotest [9].

3.6 Smáčivost povrchu

Metoda spočívá v měření úhlu smáčení mezi povrchem a kapkou, která je na povrch nanesena. Úhel smáčení svírá tečna k povrchu kapky v bodě styku kapky s povrchem (obr. 17). Tvar kapky je závislý na hodnotě povrchového napětí na povrchu měřené součásti.



Obr. 17 - Úhel smáčení kapky [15]

Kapka je osvětlena světelnými paprsky rovnoběžnými s povrchem. Úhel smáčení kapky se měří buď z fotografie kapky mikroskopem opatřeným goniometrickou stupnicí, nebo se profil kapky snímá kamerou a úhel smáčení je vyhodnocen pomocí softwaru v počítači.

Podle úhlu smáčení θ hodnotíme smáčivost povrchu. Pokud je úhel smáčení menší jak 90° , je povrch smáčivý. Když je úhel větší jak 90° , je povrch nesmáčivý. [15]

3.7 Hydrokarbonový test

Při testu se nanese isopropanol (IPA) na bavlněný hadřík. Hadříkem se potře 1m^2 povrchu kontrolované součásti. Potom se hadřík vymačká do kádinky a smíchá s 2 až 3 násobkem destilované vody a nechá se 20 minut odstát. Pokud se obsah kádinky zakalí, je povrch zamaštěn a musí se odmastit. [16]

Tento test se používá například pro kontrolu odmaštění povrchu ocelových mostů a konstrukcí, které jsou součástí silničních staveb. [16]

3.8 Metoda fluorescenční

Metoda fluorescenční se hodí pro rychlé stanovení středních a vyšších koncentrací. Podstatou metody je vyvolat luminiscenci kontaminujících látek. Metodou lze zjistit nejen znečištění povrchu, ale i množství znečištění. [4][3] [24]

Tato detekce zamaštění spočívá v ozáření povrchu UV zářením a následným vybuzením luminiscence. UV záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou kratší než má viditelné světlo, avšak delší než má rentgenové záření. Pro člověka je neviditelné. Jeho přirozeným zdrojem je Slunce. [6] [24]

Luminiscence je jev, při kterém je možné pozorovat přeměnu absorbované energie na viditelné světlo. Podle doby, po kterou je tento jev možné pozorovat, dělíme luminiscenci na: [6] [24]

- fluorescenci – doba v řádu nanosekund,
- fosforescenci – záření může trvat i několik minut,
- zpožděnou fluorescence - zvláštní případ fluorescence s delším dohasínáním.

3.8.1 SITA CleanoSpector

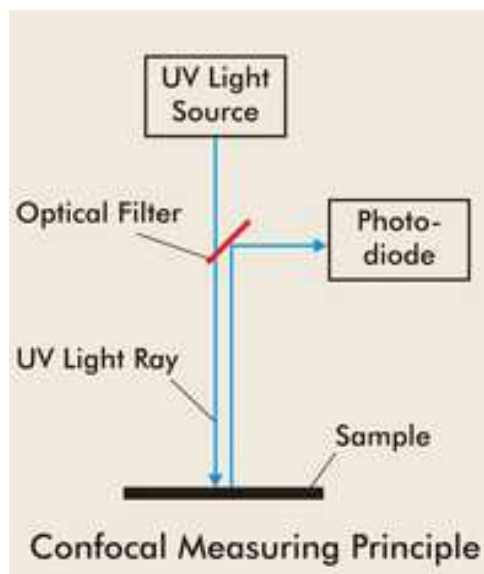
Zařízení detekuje kontaminaci povrchu pomocí fluorescence. Povrch je ozařován UV zářením vycházejícím z LED diody. Intenzita fluorescence závisí na množství nečistot v kontrolovaném bodě. Míra fluorescence je měřena snímačem, který se nachází na stejné objímce jako dioda. Princip funkce zařízení je zobrazen na obr. 19. Rozsah přístroje je od 0 do 100% neboli od 0 do 2000 RFU, kde RFU je jednotka relativní fluorescence (Relative Fluorescence Unit). [7] [24]

Měření se provádí zejména v kritických bodech na povrchu součásti. Po stanovení měřených bodů operátor spustí zařízení pomocí jediného tlačítka. Výsledek měření je udáván v procentech a udává nejmenší a průměrnou hodnotu znečištění. Absolutní čistota je 100% a odpovídá čistotě referenčního povrchu při kalibraci. Kalibrační hodnoty jsou získávány na referenčních vzorcích, které jsou odmašťovány v laboratorních podmínkách. V zařízení mohou být uloženy kalibrační hodnoty až pro 20 různých povrchů. [7] [24]

Zařízení umožňuje rychlé zjištění čistoty povrchu ve výrobním procesu. Nevýhodou může být nepřesnost způsobená špatným výběrem měřených bodů. [7] [24]



Obr. 18 - Zařízení SITA CleanoSpector [7]

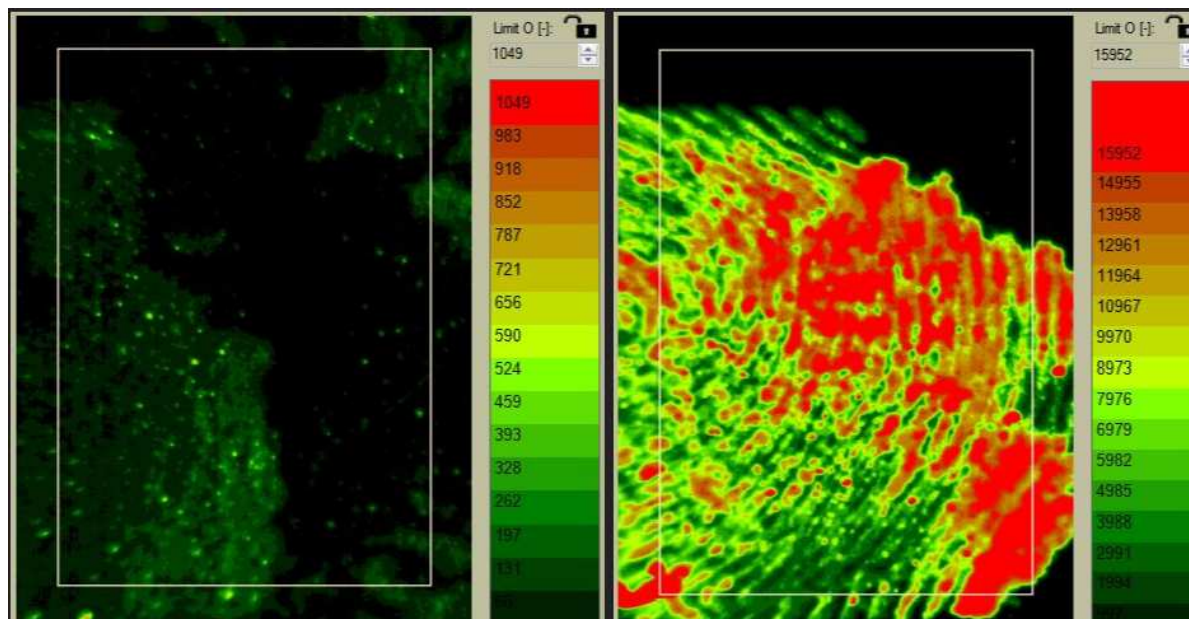


Obr. 19- Princip funkce zařízení SITA CleanoSpecter [7]

UV Light Source – zdroj UV záření; UV Light Ray – paprsky UV záření; Sample - vzorek

3.8.2 Recognoil

Zařízení je vyráběno společností TechTest s.r.o. Metoda detekce je bezkontaktní. Přístroj funguje na principu vyvolání fluorescence kontaminující látky. U tohoto přístroje nejsou kontrolovány pouze body, ale celá plocha, a měření je tedy méně náchylné na správný výběr kontrolovaných míst. Zařízení Recognoil je schopno v reálném čase ukázat obsluze informace o odmaštění povrchu, případně o nanesení olejového filmu na povrch předmětu ve formě obrazových dat (2D i 3D). Výstupem jsou hodnoty fluorescence (bezrozměrná jednotka) - čím je fluorescence nižší, tím je povrch čistější. Podle druhu dodaného softwaru může zařízení ukazovat další informace, např. procentuální zastoupení mastných nečistot na povrchu, tloušťku vrstvy, příčinu kontaminace (např. otisky prstů aj.). Veškerá data i obrazové výstupy lze díky propojení s počítačem nebo tabletem sdílet v reálném čase ze vzdálených pracovišť nebo s dalšími pracovníky. [5] [24]



Obr. 20 - Vlevo odmaštěný povrch. Vpravo kontaminovaný povrch – otisk prstu

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této práce je rozdělena do tří částí. V první části jsou měřeny hodnoty fluorescence při kontaminaci technického benzínu různými druhy oleje. Cílem tohoto experimentu je prokázat, jestli a jakým způsobem se mění hodnoty fluorescence roztoku při navyšující se koncentraci oleje v technickém benzínu, případně zhodnotit, jaký je rozdíl jednotlivých hodnot fluorescence pro různé koncentrace oleje.

Druhá část je zaměřena na porovnání metody měření fluorescence a metod měření vodivosti a pH při kontrole čistoty odmašťovacích lázní. Fluorescence je měřena dvěma způsoby. Oba způsoby jsou popsány kapitole 4.2. Cílem tohoto měření je prokázat, jak jednotlivé metody kontroly lázně reagují na změnu kontaminace lázně a jestli by měření fluorescence mohlo doplnit stávající metody, které nereagují na některé změny kontaminace. Dalším cílem je popsat jaký vliv má způsob měření na výsledné hodnoty fluorescence.

Cílem poslední části je změřit a popsat změny fluorescence při různých teplotách lázně a zhodnotit přesnost měření.

4.1 Měření fluorescence roztoku při kontaminaci olejem

Cílem experimentu bylo prokázat, že fluorescence roztoku se mění v závislosti na změně koncentrace roztoku technického benzínu a oleje. Byly vybrány čtyři typy oleje za účelem zjištění, zda bude roztok dosahovat jiných hodnot fluorescence při kontaminaci různými oleji při stejné koncentraci roztoku.

Konkrétně se jedná o:

- olej 1 - Mogul 15W-40
- olej 2 - Martol EP 180
- olej 3 - Tamoil Formula Turbo Diesel 15W-40
- olej 4 - Ecocut 715E

Technické listy olejů jsou součástí přílohy.

Použité přístroje:

Přístroj Recognoil

Postup měření:

Do 50 ml technického benzínu bylo přidáváno vždy určité množství oleje a postupně se zvyšovala jeho koncentrace. Po každém navýšení koncentrace oleje v technickém benzínu byla změřena fluorescence daného roztoku. V prvním kroku byla změřena fluorescence

čistého technického benzínu. Měření probíhalo pomocí zařízení Recognoil, expozice vyvolání snímku byla nastavena na 25 ms. Vzorek měřeného roztoku byl přelit do zkumavky ze sodnodraselného skla, které dobře propouští UV záření. Vnější povrch zkumavky musel být udržován čistý, aby nedošlo ke zkreslení výsledků vlivem nečistot na vnějším povrchu zkumavky (např. otisky prstů, prach). Zkumavka byla vložena do předsádky (obr. 21), která je určena speciálně pro tuto zkumavku a musí zaručit odstínění od okolního světla. Na vnitřek předsádky je nanesen povlak, který pohlcuje UV záření, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků měření.



Obr. 21 - Předsádka pro zkumavku

Tab. 2 - Hodnoty fluorescence oleje Mogul 15w-40 a Martol EP 180

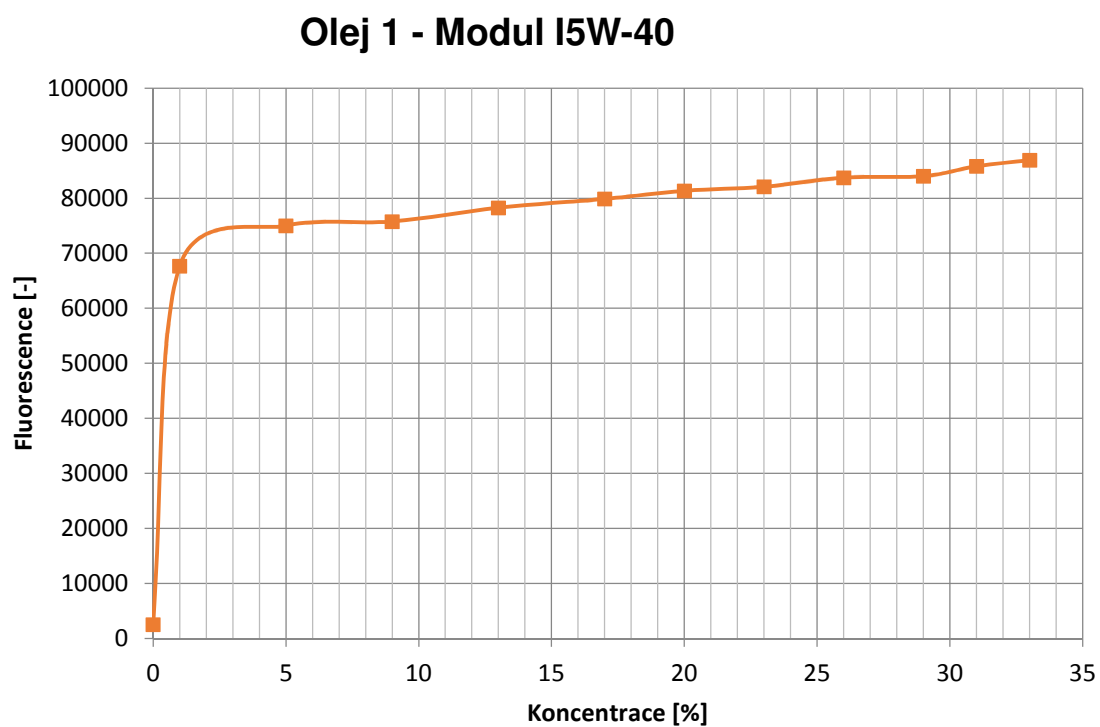
| Mogul 15W-40 | | Martol EP 180 | |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Koncentrace [%] | Fluorescence [-] | Koncentrace [%] | Fluorescence [-] |
| 0 | 2 543 | 0 | 2 176 |
| 1 | 67 681 | 1 | 83 100 |
| 5 | 75 017 | 5 | 88 054 |
| 9 | 75 776 | 9 | 88 530 |
| 13 | 78 265 | 13 | 88 637 |
| 17 | 79 872 | 17 | 88 930 |
| 20 | 81 335 | 20 | 88 940 |
| 23 | 82 078 | 23 | 89 253 |
| 26 | 83 747 | 26 | 89 436 |
| 29 | 84 007 | 29 | 89 562 |
| 31 | 85 797 | 31 | 89 764 |
| 33 | 86 916 | 33 | 90 080 |

Tab. 3 - Hodnoty fluorescence olej Tamoil 15W-40 a Ecocut 715E

| Tamoil 15W-40 | | Ecocut 715E | |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Koncentrace [%] | Fluorescence [-] | Koncentrace [%] | Fluorescence [-] |
| 0 | 2 654 | 0 | 2 088 |
| 1 | 77 831 | 1 | 49 642 |
| 5 | 91 433 | 5 | 61 282 |
| 9 | 91 684 | 9 | 60 432 |
| 13 | 92 189 | 13 | 59 645 |
| 17 | 92 832 | 17 | 58 507 |
| 20 | 92 611 | 20 | 58 196 |
| 23 | 92 893 | 23 | 57 662 |
| 26 | 92 656 | 26 | 56 901 |
| 29 | 92 763 | 29 | 57 192 |
| 31 | 93 283 | 31 | 57 427 |
| 33 | 93 440 | 33 | 56 720 |

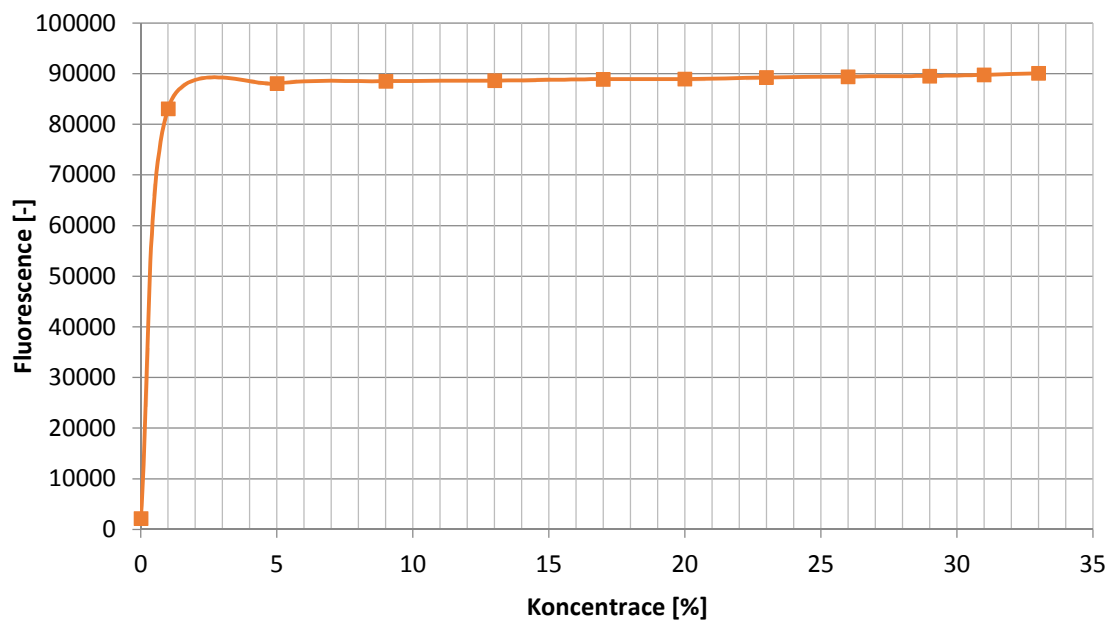
Naměřené hodnoty vynesené do grafů

Graf 1 - Fluorescence při kontaminaci olejem Mogul 15W-40



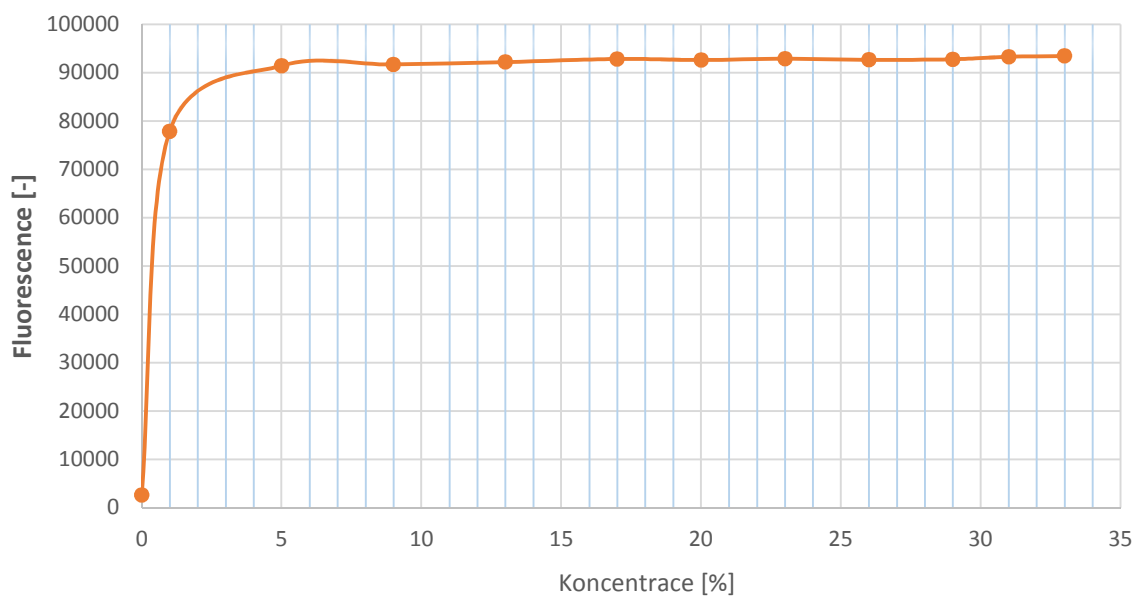
Graf 2 - Fluorescence při kontaminaci olejem Martol EP 180

Olej 2 - Martol EP 180

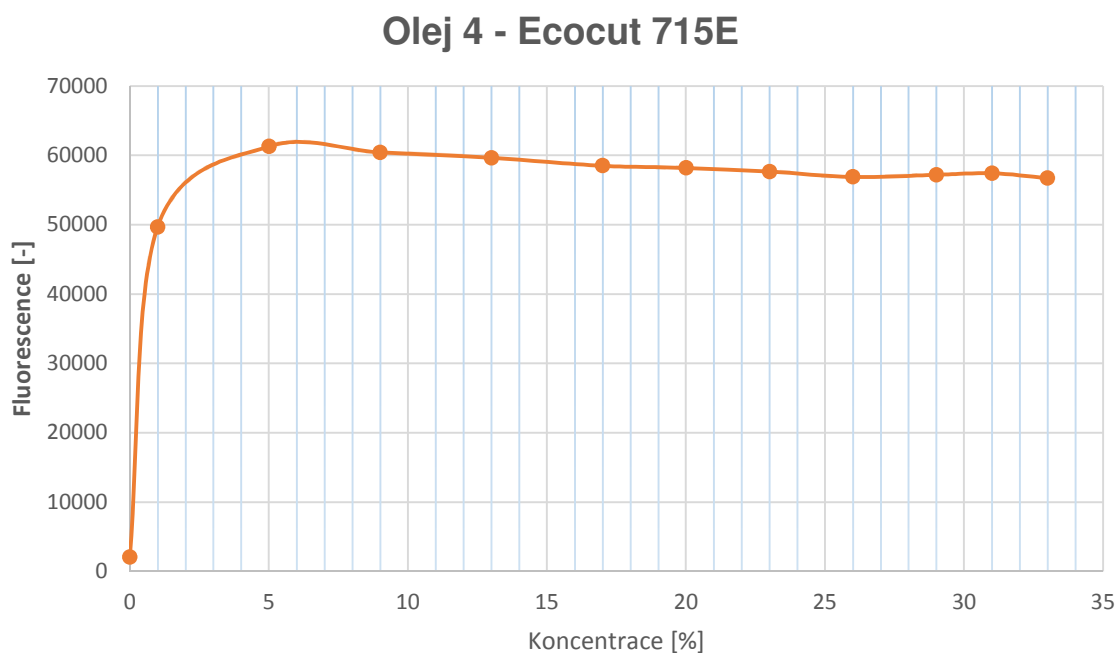


Graf 3 - Fluorescence při kontaminaci olejem Tamoil FTD 15W-40

Olej 3 - TAMOIL FTD 15W-40



Graf 4 - Fluorescence při kontaminaci olejem Ecocut 715E



Z výsledků je patrné, že měřením fluorescence lze odhalit i nepatrnou kontaminaci technického benzínu všemi testovanými oleji.

Fluorescence roztoku s olejem 1 po prvotním prudkém nárůstu dále stoupá a z jejích hodnot lze s jistotou určit, zda se jedná vysokou koncentrací (okolo 30%) nebo nízkou (okolo 5%).

U olejů 2 a 3 dosahuje fluorescence nejvyšších hodnot a od koncentrace 5% se téměř nemění. V tomto případě by bylo vhodné upravit čas expozice na 10 ms případně 5 ms. Změnou expozičního času by došlo ke změně rozsahu měření a hodnoty by se posunuly směrem ke středu rozsahu přístroje. Zatímco v případě expozice 25 ms jsou hodnoty blízko hornímu limitu rozsahu měření, dochází k přeexponování snímku a zařízení Recognoil není schopné správně určit hodnotu fluorescence.

U kontaminace olejem 4 fluorescence, po prudkém nárůstu, začne klesat se zvyšující se koncentrací. Tomuto jevu by šlo zabránit lepší konstrukcí měřicího zařízení. V tomto případě byla použita zkumavka a muselo být prosvíceno větší množství roztoku a tedy i oleje, který UV záření pohlcuje. Proto by bylo vhodnější použít měřicí zařízení, které by umožňoval prosvítit pouze tenkou vrstvou roztoku.

Podle výsledků se měření fluorescence roztoků jeví jako dobrá metoda pro zjištění kontaminace oleji. U každého z olejů byl naměřen velký nárůst fluorescence i při malé koncentraci oleje.

4.2 Porovnání změny vodivosti pH a fluorescence při kontaminaci lázně

V tomto měření jsou porovnávány různé metody kontroly znečištění lázně. Při kontrole roztoku byla měřena vodivost, pH a fluorescence roztoku. Byla sledována schopnost jednotlivých metod zaznamenat kontaminaci roztoku různými druhy látek. Fluorescence byla měřena dvěma způsoby za účelem zjištění rozdílu mezi jednotlivými způsoby.

Použité přístroje:

Digitální váhy Ohaus Explorer Pro

pH metr Orion Star A221

Konduktometr Orion Star A222

Přístroj Recognoil

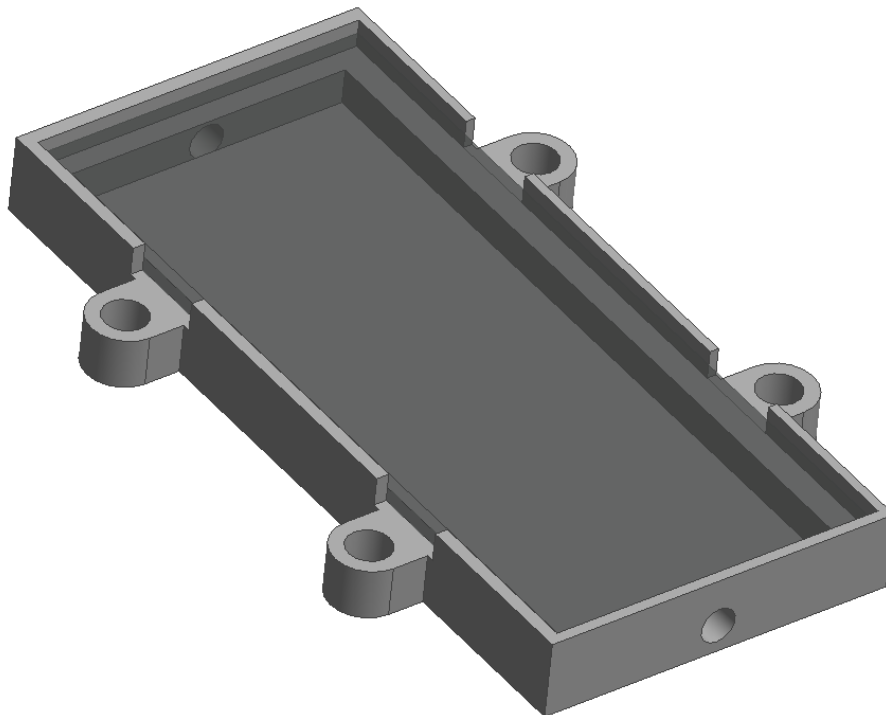
Popis měření:

Do 300 ml destilované vody byly v jednotlivých krocích přidávány kontaminující látky (tab. 4). Roztok byl kontinuálně míchán pomocí magnetického míchadla. Pro každý krok byly naměřeny hodnoty vodivosti, pH, fluorescence ve zkumavce a v měřicím zařízení se štěrbinou.

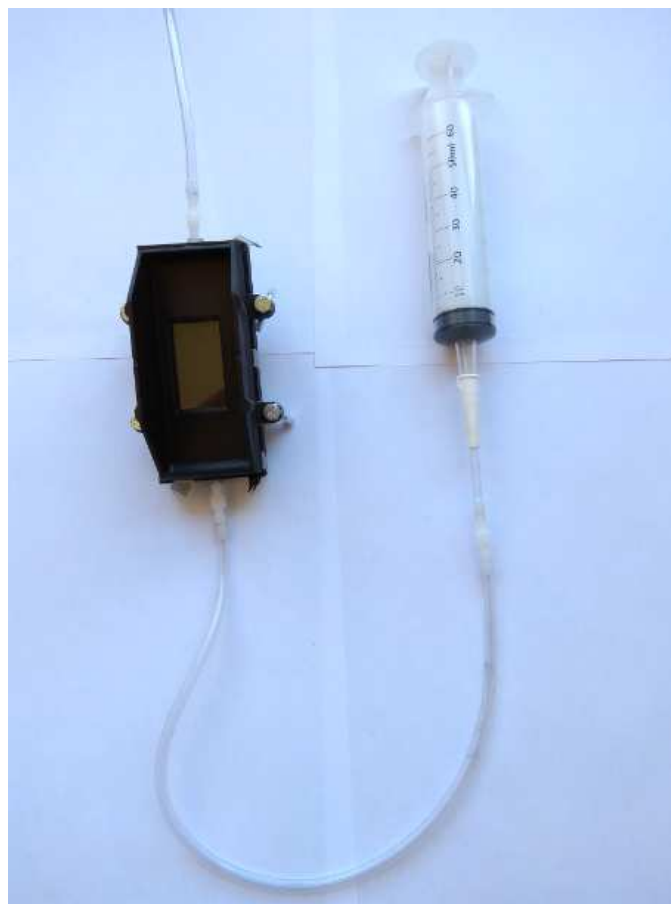
Při měření vodivosti, pH a fluorescence ve zkumavce byla v každém kroku část měřeného roztoku přelita do menší kádinky, ve které probíhalo měření vodivosti a pH. Z kádinky byl roztok přelit do zkumavky ze sodnodraselného skla a byla změřena fluorescence. Po měření byl vzorek vrácen ke zbytku roztoku. Pro měření ve zkumavce je použita stejná předsádka jako v kapitole 4.2, obr. 21.

Při měření fluorescence v měřicím zařízení byl roztok nabrán do injekční stříkačky, která byla pomocí hadičky napojena na měřicí zařízení. Po změření fluorescence byl obsah měřicího zařízení nasán zpět do stříkačky a vrácen ke zbylému roztoku.

Pro toto měření byla navržena speciální měřicí zařízení (obr. 22). V dutině měřicího zařízení byl nanesen povlak, který pohlcuje UV záření. Do měřicího zařízení je vlepeno sodnodraselné sklo, které dutinu měřicího zařízení vodotěsně uzavírá a umožňuje prostup UV záření k měřenému roztoku. K měřicímu zařízení je přišroubována předsádka, která umožňuje nasazení přístroje Recognoil a brání přístupu okolního světla. Měřicí zařízení i předsádka byly vyrobeny pomocí 3D tisku. Součástí měřicího zařízení je hadička, která umožňuje nasazení injekční stříkačky. Hadička byla chráněna páskou, která znemožňovala přístup okolního světla k měřenému roztoku. Celková sestava měřicího zařízení je zobrazena na obr. 23.



Obr. 22 - Model měřicího zařízení pro měření fluorescence

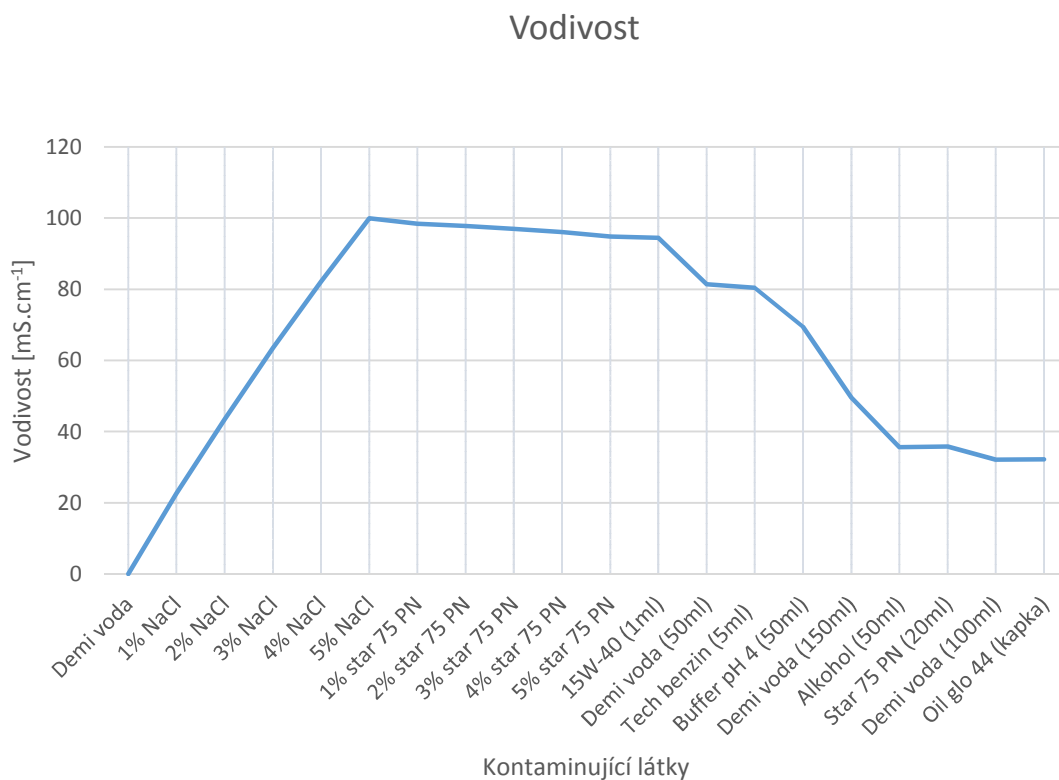


Obr. 23 - Sestava měřicího zařízení

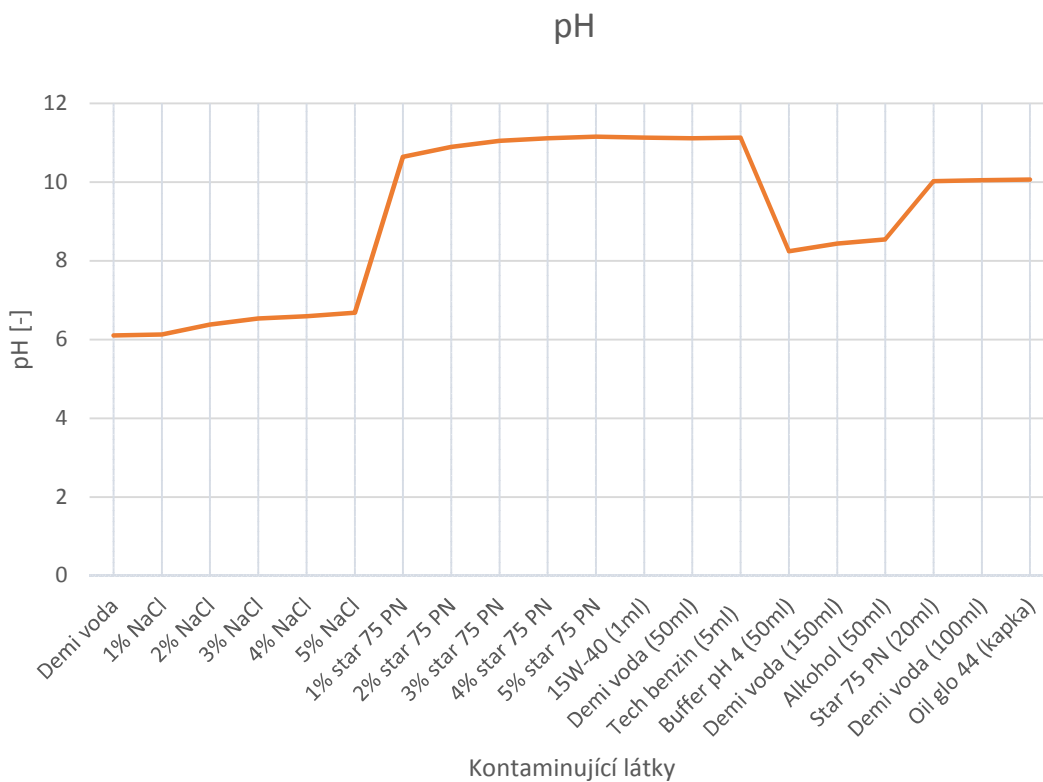
Tab. 4 - Naměřené hodnoty vodivosti, pH a fluorescence při kontaminaci vzorku

| Krok | Kontaminující látka | Vodivost [mS.cm ⁻¹] | pH [-] | Fluoresc. ve zkumavce [-] | Fluoresc. ve štěrbíně [-] |
|------|----------------------|------------------------------------|--------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | Demi voda | 0,0014 | 6,1 | 2 136 | 1 301 |
| 2 | 1 % NaCl | 22,56 | 6,1 | 2 532 | 1 275 |
| 3 | 2 % NaCl | 43,47 | 6,3 | 2 452 | 1 290 |
| 4 | 3 % NaCl | 63,55 | 6,5 | 2 481 | 1 400 |
| 5 | 4 % NaCl | 82,12 | 6,5 | 2 582 | 1 493 |
| 6 | 5 % NaCl | 99,95 | 6,6 | 2 767 | 1 449 |
| 7 | 1 % Star 75 PN | 98,39 | 10,6 | 2 999 | 1 367 |
| 8 | 2 % Star 75 PN | 97,78 | 10,8 | 3 317 | 1 837 |
| 9 | 3 % Star 75 PN | 96,96 | 11,0 | 3 658 | 1 944 |
| 10 | 4 % Star 75 PN | 96,03 | 11,1 | 4 150 | 2 277 |
| 11 | 5 % Star 75 PN | 94,85 | 11,1 | 4 668 | 2 187 |
| 12 | mogul 15W-40 (1 ml) | 94,43 | 11,1 | 67 538 | 19 799 |
| 13 | Demi voda (50 ml) | 81,45 | 11,1 | 73 297 | 34 642 |
| 14 | Tech. benzin (5 ml) | 80,38 | 11,1 | 79 575 | 55 129 |
| 15 | Buffer pH 4 (50 ml) | 69,47 | 8,2 | 70 294 | 53 303 |
| 16 | Demi voda (150 ml) | 49,55 | 8,4 | 51 195 | 48 985 |
| 17 | Alkohol (50 ml) | 35,59 | 8,5 | 46 144 | 48 864 |
| 18 | Star 75 PN (20 ml) | 25,77 | 10,0 | 50 814 | 49 898 |
| 19 | Demi voda (100 ml) | 32,13 | 10,0 | 51 123 | 46 735 |
| 20 | Oil glo 44 (1 kapka) | 32,25 | 10,0 | 97 726 | 86 524 |

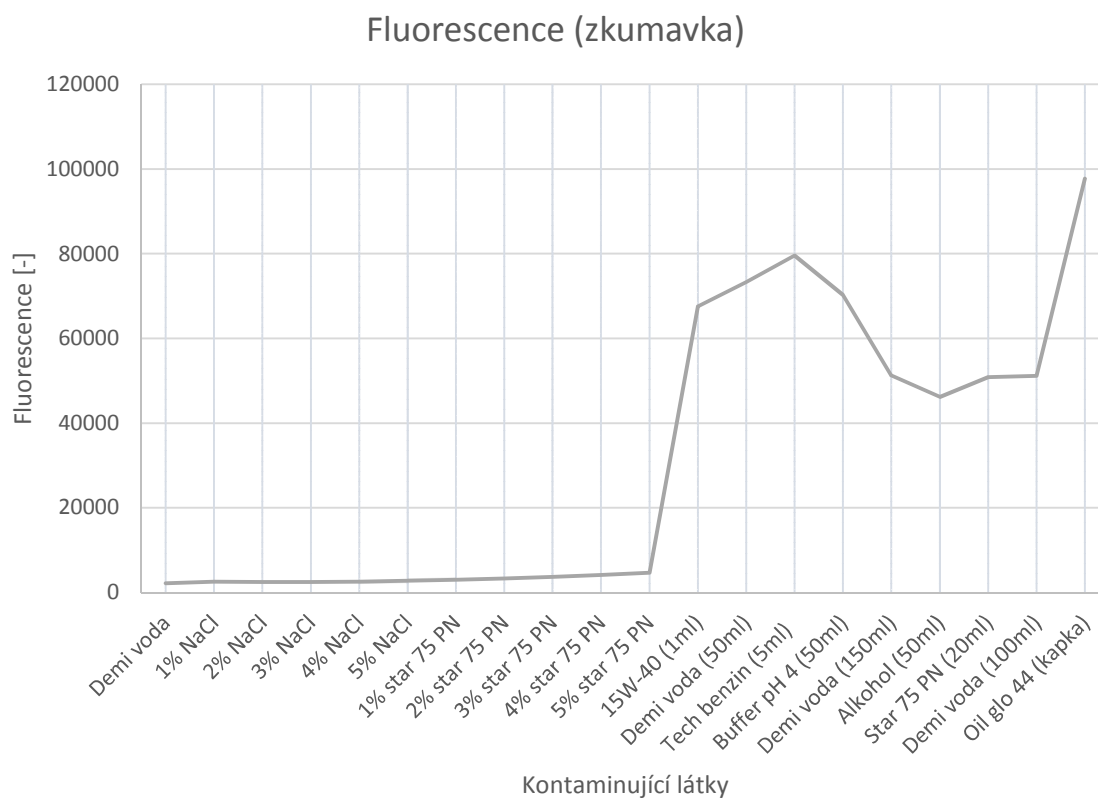
Graf 5 - Závislost vodivosti na kontaminaci vzorku



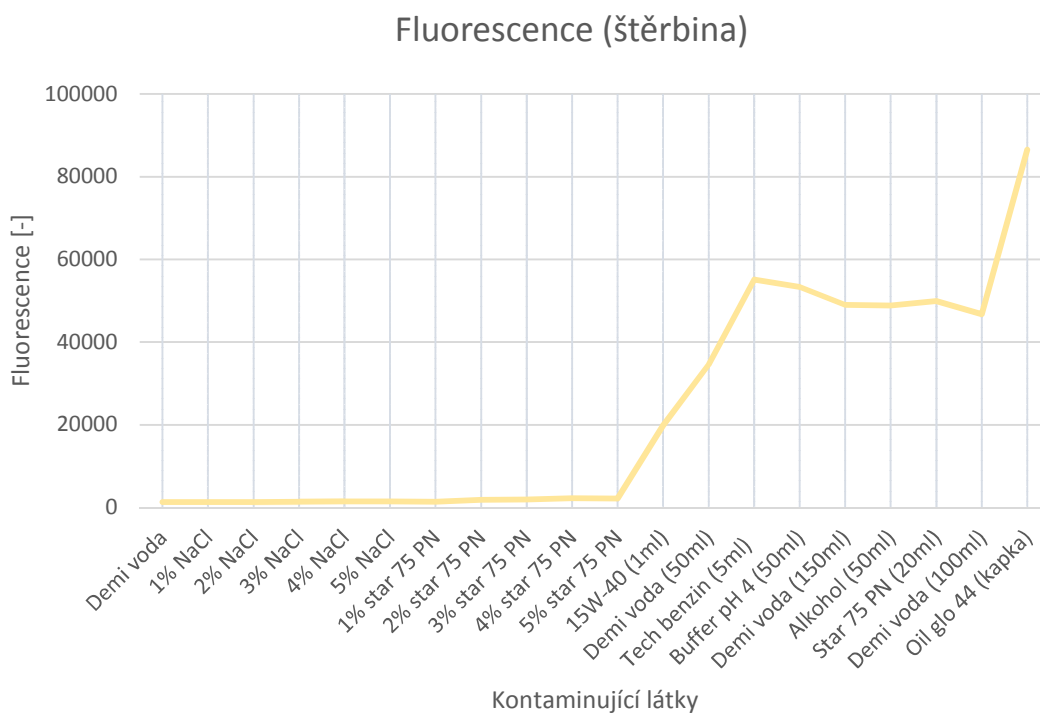
Graf 6 - Závislost pH na kontaminaci vzorku



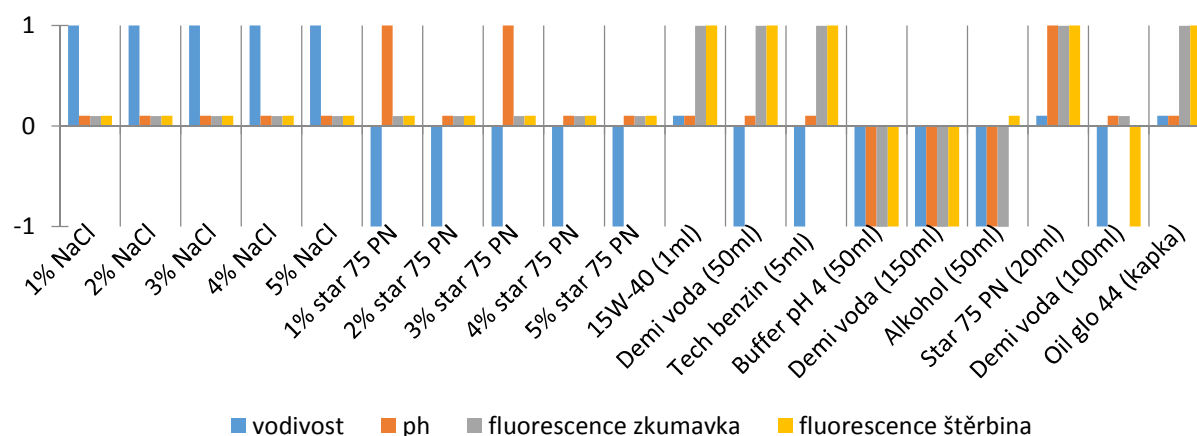
Graf 7 - Závislost fluorescence, měřené ve zkumavce, na kontaminaci vzorku



Graf 8 - Závislost fluorescence, měřené ve štěrbině, na kontaminaci vzorku.



Graf 9 - Porovnání jednotlivých metod měření



V grafu 9 jsou schematicky porovnány jednotlivé metody měření. Pokud sloupec nabývá hodnoty 1, došlo v daném kroku u dané metody k nárůstu. Naopak dosáhne-li hodnoty -1, došlo k poklesu. Když je hodnota sloupce rovna nule, nedošlo k žádné nebo velmi malé změně.

Měření vodivosti

U hodnot vodivosti je vidět prudký nárůst při každém zvýšení koncentrace NaCl. Naopak v obou případech kontaminace olejem nebo technickým benzínem se hodnota vodivosti téměř nezmění. Během postupného přidávání čistícího prostředku Star vodivost mírně klesá. V kroku 18 byl přidán víc než dvojnásobek objemu prostředku Star, než bylo přidáno v krocích 7 až 11, ale hodnota vodivosti se skoro nezměnila. To může být dáno přítomností dalších látek v roztoku. Výraznou změnu vodivosti také způsobí přidání alkoholu.

Měření pH

Měření pH roztoku ukazuje rapidní změnu po prvotním přidání přípravku Star, ale zvyšování koncentrace přípravku se na změně pH projeví jen minimálně. Stejně tak se pokles hodnoty pH výrazně projeví při přidání Bufferu. Na rozdíl od měření vodivosti se změna pH projeví i v kroku 18. Stejně jako u vodivosti se pH změní minimálně při kontaminaci oleji a technickým benzínem. Ani přimíchání alkoholu do roztoku nevyvolá změnu pH.

Měření fluorescence

Při přidávání soli a přípravku Star do roztoku se fluorescence mění jen minimálně a pomocí této metody nelze zaznamenat změnu koncentrace těchto dvou látek. Pro každou z metod dosahuje fluorescence jiných hodnot. Tyto rozdíly jsou pravděpodobně způsobené dvěma faktory. Prvním faktorem je rozdílný lom světla na rozhraní mezi tekutinou a sklem. U měřicího zařízení se štěrbinou je plocha rozhraní rovná a u zkumavky má tvar válce. Druhým faktorem mohla být síla vrstvy kapaliny, kterou muselo UV záření prostoupit. Šířka dutiny je 5 mm, vnitřní průměr zkumavky je 15 mm.

Po kontaminaci olejem lze vidět velký nárůst hodnot fluorescence. Tento jev potvrzuje, že tato metoda zaznamená i malou koncentraci oleje v roztoku (stejně jak bylo zjištěno v kapitole 4.2.), na rozdíl od měření vodivosti a pH, které kontaminaci olejem nezaznamenaly. Oba způsoby opět vykazují rozdílné hodnoty fluorescence. Toto bylo pravděpodobně způsobeno rozdílným způsobem odebírání vzorku. Při přidání oleje do roztoku nedošlo k jeho úplnému rozpuštění a většina oleje zůstala na povrchu kapaliny. Při odebírání vzorku pro měření ve zkumavce bylo potřebné množství roztoku přelito do kádinky, ve které probíhalo měření vodivosti a pH, a vzorek pak byl přelit do zkumavky. Zatímco během přelití do kádinky se do vzorku dostalo více oleje, který byl na hladině roztoku, vzorek pro měření v měřicím zařízení byl odebírán do injekční stříkačky, a to pod hladinou roztoku. Do vzorku se tedy nedostalo tolik oleje. I přesto nárůst fluorescence jasně ukazuje přítomnost oleje v roztoku.

V dalších krocích se trend změny fluorescence projevuje stejně. Mezi kroky 14 až 17 je změna fluorescence průkaznější u měření ve zkumavce. Tento rozdíl bude dán kombinací faktorů, které jsou zmíněny ve dvou odstavcích výše. V posledním kroku byl přidán olej Oil glo 44, který je používán pro vyvolání fluorescence hydraulických olejů při kontrole netěsnosti hydraulických okruhů. I nepatrné množství tohoto oleje vyvolalo enormní nárůst fluorescence.

Z hodnot v tabulce 4 a grafů 5 až 8 jde jasně vidět, že jednotlivé metody reagují rozdílně a v některých krocích nereagují vůbec nebo jenom minimálně. Použitím těchto metod dohromady lze detekovat širokou škálu kontaminujících látek.

4.3 Závislost míry fluorescence na změně teploty

Teplota je jedním ze zásadních parametrů odmašťovací lázně. Proto je v této kapitole sledován vliv teploty lázně na hodnoty fluorescence.

Použité přístroje:

Přístroj Recognoil

Popis měření:

Fluorescence je sledována u destilované vody a 5% vodného roztoku Star 75 PN. Fluorescence roztoků je měřena pomocí zkumavky stejně jako v kapitole 4.1. Roztok je vždy změřen při pokojové teplotě a postupně se zahřívá až na provozní teplotu lázně (60°C). Pro každou teplotu byly změřeny čtyři hodnoty a mezi těmito měřeními byla zkumavka v předsádce pootočena. Pro každou teplotu byla spočítána průměrná hodnota fluorescence. Průměrné hodnoty byly vyneseny do grafu a pro lepší záznam vývoje fluorescence byly proloženy spojnici trendu.

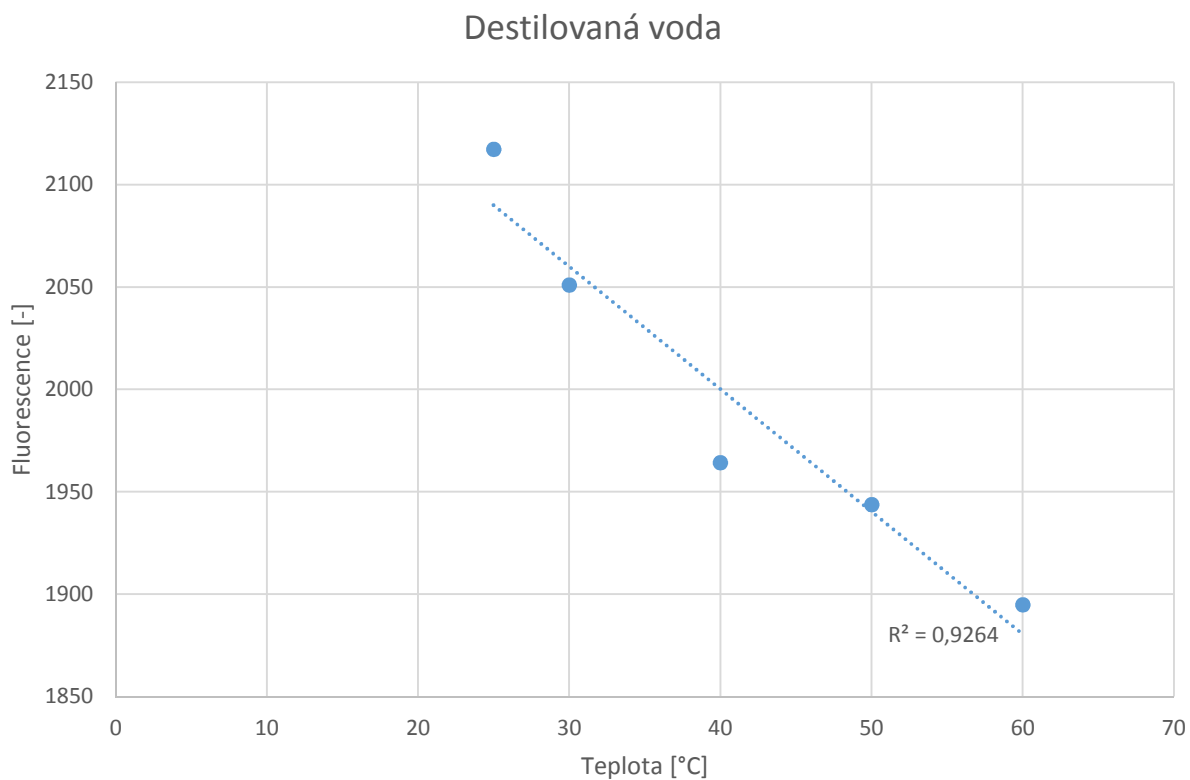
Tab. 5 - Naměřené hodnoty fluorescence v závislosti na změně teploty

| H ₂ O | 25°C | 30°C | 40°C | 50°C | 60°C |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 2 250 | 2 137 | 2 110 | 1 836 | 1 981 |
| 2 | 1 995 | 2 039 | 1 820 | 2 039 | 1 971 |
| 3 | 2 178 | 1 954 | 2 023 | 1 846 | 1 755 |
| 4 | 2 046 | 2 074 | 1 904 | 2 054 | 1 872 |
| Průměr | 2 117 | 2 051 | 1 964 | 1 944 | 1 895 |

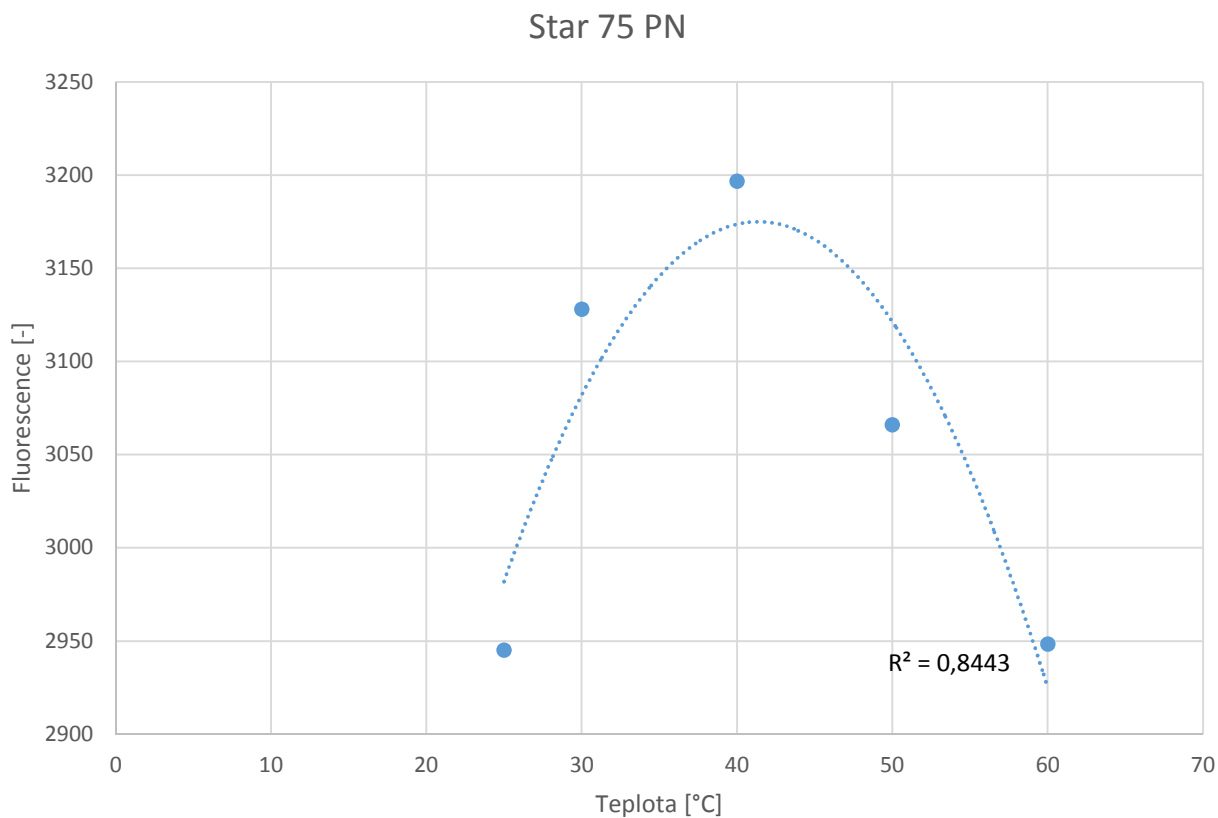
Tab. 6 - Naměřené hodnoty fluorescence v závislosti na změně teploty

| Star 5% | 25°C | 30°C | 40°C | 50°C | 60°C |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 2 974 | 2 984 | 3 246 | 3 025 | 2 959 |
| 2 | 3 017 | 3 227 | 3 158 | 3 007 | 3 034 |
| 3 | 2 860 | 3 084 | 3 268 | 3 110 | 2 858 |
| 4 | 2 929 | 3 217 | 3 115 | 3 122 | 2 942 |
| Průměr | 2 945 | 3 128 | 3 197 | 3 066 | 2 720 |

Graf 10 - Závislost fluorescence destilované vody na teplotě



Graf 11 – Závislost fluorescence 5% vodného roztoku Star 75 PN na teplotě



Z hodnot v tabulkách 5 a 6 lze vidět, že naměřené hodnoty fluorescence se mohou mírně lišit. Zaprvé je to dáno samotným způsobem měření, kdy byla zkumavka vložená do předsádky jinak natočena a ještě byla po každém měření pootočena. To mohlo způsobit, že se do měřené oblasti mohla dostat část zkumavky, která nebyla perfektně čistá. Tato nečistota mohla zvýšit hodnotu fluorescence.

Za druhé je potřeba vzít v úvahu chybu samotného přístroje. Senzor přístroje může být rušen ostatními přístroji (zdroji elektromagnetického záření) a může docházet k náhodnému šumu. Samotná expozice přístroje, která je nastavena na danou pevnou hodnotu, nemusí při měření této hodnotě odpovídat. Hodnota reálné expozice může být o trochu vyšší nebo nižší. Dalším faktorem, který může ovlivnit přesnost měření je teplota. Ať už teplota okolí nebo teplota senzorů přístroje.

5 ZÁVĚR

Pro zařízení Recognoil, které je určeno pro měření povrchových nečistot, byly navrženy tři experimenty, které prokázaly, že zařízení je schopné v některých případech detekovat znečištění kapaliny.

Při prvním experimentu bylo prokázáno, že měření fluorescence je vhodné pro měření kontaminace oleje a dokáže odhalit i malou koncentraci oleje v roztoku. Byly změřeny fluorescence čtyř roztoků, kde každý z nich byl kontaminován jiným druhem oleje a koncentrace oleje se postupně zvyšovala. Pro jednotlivé oleje byly zaznamenány různé průběhy hodnot fluorescence. U dvou olejů se hodnoty fluorescence po prvotním nárůstu už dále výrazně nelišily. Toto bylo způsobeno tím, že tyto oleje byly měřeny v oblasti, která se blížila hornímu limitu rozsahu přístroje. U dalšího oleje fluorescence dokonce se zvyšující se koncentrací klesala. To bylo způsobeno měřením ve zkumavce, kde muselo být prosvíceno velké množství měřeného roztoku, a tím docházelo k pohlcování UV záření.

V druhé části měření bylo prokázáno, že metoda UV-VIS spektroskopie dokáže doplnit dnes běžně používané metody kontroly znečištění lázně. Byly porovnávány tři metody, a to měření fluorescence pomocí zařízení Recognoil, měření vodivosti a měření pH. Při měření se ukázalo, že každá z metod reaguje jinak na kontaminaci lázně různými látkami. Kombinací těchto metod je možné zaznamenat široké spektrum kontaminujících látek.

Při měření závislosti změny fluorescence na teplotě bylo zjištěno, že hodnoty fluorescence jsou závislé i na teplotě lázně.

Zapojení UV-VIS spektroskopie do kontroly odmašťovacích lázní může pomoci s kontrolou provozuschopnosti lázní. Stejně tak pomůže zajistit ideální složení lázně v průběhu odmašťovacího procesu, které bude mít vliv nejen na kvalitu odmaštění, ale i na ekologičnost a hospodárnost tohoto procesu.

Kontrola pomocí této metody, ideálně v kombinaci s dalšími metodami, také umožňuje kontinuální a automatické sledování stavu lázně. Pro přesné měření je důležitá i konstrukce měřicího zařízení, která by umožňovala měřit tenkou vrstvu kapaliny, tak aby bylo kapalinou pohlceno jen minimální množství UV záření. Pro aplikaci v reálném provozu by bylo nutné nastavit limity dle provozních podmínek individuálně pro každou lázeň zvlášť. Pro lepší kontrolu odmašťovacího procesu by bylo důležité, kontrolovat kromě stavu lázně i stav povrchu odmašťované součásti před a po odmaštění.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KREIBICH, Viktor. Teorie a technologie povrchových úprav. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996.
- [2] KUDLÁČEK, Jan. Problematika předúprav povrchu: část 1.-nečistoty. Povrchová úprava [online]. 2007 [cit. 2016-01-28]. ISSN 1801-707X. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2007-03.pdf>
- [3] KRAUS, V.: Povrchy a jejich úpravy. 1. vyd. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni, 2000, 174s. ISBN 80-7082-668-1.
- [4] KOPŘIVA, Andreas. Porovnání účinnosti odmašťovacích prostředků. Praha, 2015. Bakalářská práce.
- [5] Recognoil. <Http://www.techtest.eu> [online]. [cit. 2017-02-02]. Dostupné z: <http://www.techtest.eu/recognoil.html>
- [6] LUKÁŠ, Pacák. Detekce mastnoty v procesu předúprav pro aplikace povrchové úpravy. Praha, 2011. Disertační práce.
- [7] Products [online]. [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://www.sita-process.com/products/>
- [8] Komplexní způsob kontroly procesu odmaštění. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 207n. l., **2017**(11) [cit. 2018-03-18]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/komplexni-zpusob-kontroly-procesu-odmasteni.html>
- [9] Firma GAMIN [online]. [cit. 2018-06-25]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/fixy-a-inkousty/>
- [10] KREIBICH, Viktor. Úvod do problematiky povrchových úprav: Výukový text. 2014
- [11] JENČÍK, J., Volf, J. a kol.: Technická měření. ČVUT v Praze, Praha 2000, ISBN 80-01-02138-6
- [12] FORMÁNEK, Josef. Podklady k principu měření hodnoty ph a vodivosti kapalin: Výukový text. 2012.
- [13] EVA, OTYEPKOVÁ, Eva. Volumetrie v kontrole kvality vod: Výukový text. 2004.
- [14] Firma Everstar: Katalog [online]. [cit. 2018-07-06]. Dostupné z: <http://everstar.cz/uploads/doc2016/Star-prumyslove-odmastovani-katalog.pdf>
- [15] BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠIŠKOVÁ. Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav. 4. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 192 s
- [16] PROTIKOROZNÍ OCHRANA OCELOVÝCH MOSTŮ A KONSTRUKCÍ: TKP 19 B. Praha: MINISTERSTVO DOPRAVY ČR, 2013.
- [17] Firma Kränzle: Vysokotlaké čističe [online]. [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: <http://www.kranzle.cz/vysokotlake-cistice/s1.htm>
- [18] Firma Elma: Ultrasonic cleaners [online]. [cit. 2018-07-24]. Dostupné z: <https://www.elma-ultrasonic.com/en/products/ultrasonic-cleaners/>

- [19] KLUSOŇ, P. Stanovení povrchové smáčivosti tenkých vrstev: Výukový text [online]. 2015 [cit. 2018-07-30].
- [20] Zoubek, M., Kudlacek, J., Chabera, P., & Abramov, A. (2017). Complex Control Method of Degreasing Process. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 575–585). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68619-6_55
- [21] Kudláček, J., Chábera, P., Pepelnjak, T., Car, Z. Mathematical modelling of surface grease deposits (2012) *Proceedings of International Conference on Innovative Technologies IN-TECH 2012*, pp. 335-338 Faculty of Engineering University of Rijeka, Rijeka
- [22] Pacák, L., Kudláček, J. The calibration of a device used for the detection of surface cleanliness (2005) *CO-MAT-TECH 2005*. STU, Bratislava, p. 133.
- [23] Menta, M., Frayret, J., Gleyzes, C., Castetbon, A., & Potin-Gautier, M. (2012). Development of an analytical method to monitor industrial degreasing and rinsing baths. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 161–169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.021>
- [24] Kudláček, J. (2015). Luminescence method – instrument used for detection of surface cleanliness. *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*, 22(4), 1051–1055. <https://doi.org/10.17559/tv-20131210084814>
- [25] ŠTEFKA, Michal. Tenzidy v povrchových a odpadních vodách. Brno, 2016. Dizertační práce. VUT v Brně.
- [26] POLZEROVÁ, Eva. Analytika povrchově aktivních látek používaných v kosmetice. Zlín, 2012. Bakalářská práce. UTB ve Zlíně.
- [27] CESIO Surfactant Europe: What are surfactants? [online]. [cit. 2018-08-01]. Dostupné z: <http://www.cesio.eu/index.php/about-surfactants/what-are-surfactants>
- [28] RAKOWSKA, Joanna, Katarzyna RADWAN, Bożenna PORYCKA a Krystyna PROCHASKA. *Experimental study on surface activity of surfactants on their ability to cleaning oil contaminations* [online]. 2017, (2017), 437-447 [cit. 2018-08-01]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.158>

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1 - Parametry, na kterých je závislá kvalita odmaštění [10]..... | 9 |
| Obr. 2 – Vysokotlaký čistič Kränzle K 1152 TS [17] | 10 |
| Obr. 3 - Vysokotlaký parní čistič Kränzle therm 875-1 + [17] | 10 |
| Obr. 4 - Ultrazvuková čistička Elmasonic S [18]..... | 11 |
| Obr. 5 - Rozdělení odmašťovacích prostředků [10]..... | 12 |
| Obr. 6 - Princip navazování tenzidů na nečistoty [28] | 14 |
| Obr. 7 - Titrační sada Everstar [14]..... | 15 |
| Obr. 8 - Přístroj na měření měrné vodivosti [12] | 16 |
| Obr. 9 - Papírové indikátory a rozlišovací stupnice [12] | 17 |
| Obr. 10 - Zařízení SITA ConSpector [7]..... | 19 |
| Obr. 11 - Princip funkce zařízení SITA ConSpector [7]..... | 19 |
| Obr. 12 - Závislost povrchového napětí na obsahu tenzidů [7] | 20 |
| Obr. 13 - Princip tvorby bublinky a průběh tlaků [7] | 21 |
| Obr. 14 – Vlevo přístroj SITA DynoTester+. Vpravo SITA Clean Line ST [7] | 21 |
| Obr. 15 - Vlevo poškozená a vpravo nepoškozená inkoustová stopa povrchové napětí rovno nebo větší než 38 mN.m^{-1} [6]..... | 23 |
| Obr. 16 – Vlevo nahoře fixy Arcotest. Vpravo nahoře použití fixu. Dole inkousty Arcotest [9]. | 24 |
| Obr. 17 - Úhel smáčení kapky [15] | 25 |
| Obr. 18 - Zařízení SITA CleanoSpector [7]..... | 26 |
| Obr. 19- Princip funkce zařízení SITA CleanoSpector [7] | 27 |
| Obr. 20 - Vlevo odmaštěný povrch. Vpravo kontaminovaný povrch – otisk prstu..... | 28 |
| Obr. 21 - Předsádka pro zkumavku | 30 |
| Obr. 22 - Model měřicího zařízení pro měření fluorescence | 35 |
| Obr. 23 - Sestava měřicího zařízení | 35 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| Graf 1 - Fluorescence při kontaminaci olejem Mogul I5W-40..... | 31 |
| Graf 2 - Fluorescence při kontaminaci olejem Martol EP 180 | 32 |
| Graf 3 - Fluorescence při kontaminaci olejem Tamoil FTD 15W-40..... | 32 |
| Graf 4 - Fluorescence při kontaminaci olejem Ecocut 715E..... | 33 |
| Graf 5 - Závislost vodivosti na kontaminaci vzorku | 37 |
| Graf 6 - Závislost pH na kontaminaci vzorku | 37 |
| Graf 7 - Závislost fluorescence, měřené ve zkumavce, na kontaminaci vzorku..... | 38 |
| Graf 8 - Závislost fluorescence, měřené ve štěrbině, na kontaminaci vzorku..... | 38 |
| Graf 9 - Porovnání jednotlivých metod měření..... | 39 |
| Graf 10 - Závislost fluorescence destilované vody na teplotě | 42 |
| Graf 11 – Závislost fluorescence 5% vodného roztoku Star 75 PN na teplotě | 42 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tab. 1 - Naměřené hodnoty vodivosti vybraných kapalin..... | 17 |
| Tab. 2 - Hodnoty fluorescence oleje Mogul 15w-40 a Martol EP 180..... | 30 |
| Tab. 3 - Hodnoty fluorescence olej Tamoil 15W-40 a Ecocut 715E | 31 |
| Tab. 4 - Naměřené hodnoty vodivosti, pH a fluorescence při kontaminaci vzorku..... | 36 |
| Tab. 5 - Naměřené hodnoty fluorescence v závislosti na změně teploty..... | 41 |
| Tab. 6 - Naměřené hodnoty fluorescence v závislosti na změně teploty..... | 41 |

SEZNAM ZKRATEK

UV-VIS – Ultraviolet - visible spectroscopy (Ultrafialová - viditelná spektroskopie)

NaOH – Hydroxid sodný

Na₂CO₃ – Uhličitan sodný

SEZNAM JEDNOTEK

°C – stupně Celsia (jednotka teploty)

kHz – kiloHertz (jednotka frekvence) 1 kHz = 1000 Hz

S – Siemens (jednotka vodivosti)

S.m⁻¹ – Siemens na metr (jednotka měrné vodivosti)

s – sekunda (jednotka času)

mg – miligram (jednotka hmotnosti) 1 mg = 0,001 g

g.m⁻² – gram na metr čtvereční (jednotka plošná hustoty)

mN.m⁻¹ – miliNewton na metr (jednotka povrchového napětí)

RFU - Relative Fluorescence Unit (jednotka relativní fluorescence)

ms – milisekunda (jednotka času) 1 ms = 0,001 s

ml – mililitr (jednotka objemu) 1 ml = 0,001 l

mm – milimetr (jednotka délky) 1 mm = 0,001 m

PŘÍLOHY

Příloha 1 -Technický list Mogul SAE 15W-40

PARAMO

Technické informace

MOGUL DIESEL DT SAE 15W-40

OLEJ VELMI VYSOKÉ VÝKONNOSTI PRO NAFTOVÉ MOTORY

Popis:

MOGUL DIESEL DT je celoroční motorový olej velmi vysoké výkonnosti. Je vyroben z vysoce jakostních ropných základových olejů s nízkou odparností, získaných moderní hydrogenační technologií a zušlechťujícími přísadami poslední vývojové generace (inhibitory oxidace a koroze, přísady detergentně disperzanční aj.).

Užití:

Je určen zejména k celoročnímu mazání vysoce namáhaných naftových motorů nákladních automobilů, autobusů, lokomotiv, lodí, mobilních těžkých strojů ve stavebnictví, lesnictví, zemědělství, lehkých užitkových vozidel aj. Uplatňuje se i v případech, kdy se používá méně hodnotného paliva (palivo s vyšším obsahem síry) - účinně potlačuje vznik opotřebení, koroze a vysokoteplotních úsad. Umožňuje splnění přísných emisních limitů a je zárukou dosažení velmi dlouhých výměnných lhůt.

Klasifikace, specifikace:

API CG-4/SL
Odpovídá: MB 228.1,
ACEA E2,
MAN 271,
MTU Type 1,
VOLVO VDS,
Apróbace: TATRA TDS 30/12,
TEDOM 258-2,
AVIA,
ZETOR

Charakteristické vlastnosti:

- zajišťuje dokonalé mazání moderních, vysoce zatížených motorů
- je zárukou bezproblémového celoročního provozu, zajišťuje dobrou startovatelnost za nízkých teplot
- zabráňuje tvorbě vysokoteplotních úsad i nízkoteplotních kalů a udržuje motor v čistotě
- má výborné antioxidační vlastnosti zaručující dlouhodobou životnost oleje
- výborně chrání vnitřní části motoru proti korozi
- umožňuje prodloužit lhůty výměn
- je zárukou splnění přísných emisních limitů

Charakteristické parametry

| Parametr | Jednotka | Hodnota | Norma |
|----------------------------------|--------------------|---------|-----------------|
| Kinematická viskozita při 100 °C | mm ² /s | 14,4 | ČSN EN ISO 3104 |
| Viskozitní index | | 135 | ČSN ISO 2909 |
| Bod vzplanutí | °C | 225 | ČSN EN ISO 2592 |
| Bod tekutosti | °C | -30 | ČSN ISO 3018 |
| TBN | mg KOH/g | 9,2 | ČSN ISO 3771 |
| Odparlost podle Noacka | % hm. | 10,0 | DIN 51 581 |

Hodnoty v tabulce jsou hodnotami typickými pro současnou produkci. Závazné parametry a další informace o výrobku jsou obsaženy v TN 23-280 PARAMO, a.s. a v bezpečnostním listu. Výrobek je klasifikován jako nebezpečný podle Nařízení EP a Rady č. 1272/2008 (CLP). Další informace jsou uvedeny v aktuálním BL na www.mogul.cz

PARAMO, a.s., Přerovská 560, 530 06 Pardubice
tel.: 466 810 111, fax: 466 810 328
[http: www.paramo.cz](http://www.paramo.cz), e-mail: paramo@paramo.cz

Příloha 2 - Technický list Martol EP 180

MARTOL EP 180



Metalworking



UTILISATIONS

- Superior extreme-pressure sulfochlorinated, compounded mineral oil designed for heavy duty machining on ferrous metals only.
- This oil is obtained from new, non regenerated, bases oils and extracted from solvents containing:
 - sulphurised additives which combine chlorinated paraffins to give a very high extreme-pressure level.
 - a fatty matter to improve lubricity.
 - a further blend of additives to extend product lifetime and enhance service behaviour.

ADVANTAGES

- **MARTOL EP 180** is ideally suited to heavy-duty machining of hard steels:
 - gear cutting,
 - tapping,
 - drilling.
 It is also suitable for forming work such as:
 - cold rolling of tubes from hard steels and stainless steels,
 - deep drawing, etc.
- **MARTOL EP 180** is not suited to working on copper metals.

PROPERTIES

- Excellent extreme-pressure powers conferred by the association of sulphurised and chlorinated additives.
- Improved lubricity : the integrated fatty matter heightens the shear resistance of the oil film by depositing its molecules on the metal surface and by ductaining a thin boundary layer of lubricant which prevents metal/metal contact (chip/cutting tool) and reduces wear.
- High thermal stability of components so that the product does not emit unpleasant vapours even when affected by very high temperatures in the work area.
- Resistance to oxidation and stable service.

| TYPICAL CHARACTERISTICS | METHODS | UNITS | MARTOL EP 180 |
|-----------------------------|-----------|--------------------|---------------|
| Density at 15°C | ISO 3675 | kg/m ³ | 1055 |
| Flash point OC | ISSO 2592 | °C | 228 |
| Kinematic viscosity at 40°C | ISO 3104 | mm ² /s | 177 |

Above characteristics are mean values given as an information.

TOTAL LUBRIFIANTS
Industrie & Spécialités
12-02-2013 (supersedes 20-12-2010)
MARTOL EP 180
1/1



This lubricant used as recommended and for the application for which it has been designed does not present any particular risk.
A material safety data sheet conforming to the regulations in use in the E.C. is obtainable via your commercial adviser www.quick-oils.com.

Příloha 3 - Technický list Ecocut 715 LE

**Produkt-
INFORMACE**



ECOCUT 715 LE

PI 1-3411

Popis

ECOCUT 715 LE je vodou nemísitelný mazací chladičí prostředek, obsahující kombinaci EP-přísad bez obsahu chlóru a polární přísady zlepšující mazací vlastnosti. Vytváří jen nepatrné množství olejové mlhy.

Díky použití speciálního základového oleje s malou odpařivostí a vybrané kombinace přísad vykazuje ECOCUT 715 LE při obrábění - ve srovnání s běžnými řeznými oleji - výrazně nižší ztráty odpařováním a nepatrnou tvorbu olejové mlhy.

Použití

ECOCUT 715 LE je vysoce výkonný olej na obrábění obtížně a velmi obtížně opracovatelných materiálů. Mimo protahování se doporučuje i pro jiné způsoby obrábění (například hluboké vrtání, opracování závitů, pro chromniklové oceli), kdy je nutný vysoce aktivní nízkoviskózní řezný olej.

ECOCUT 715 LE se vyznačuje vysokou hospodárností, podmíněnou dlouhou životností nástrojů.

Při použití dodržujte prosím platné směrnice VDI 3035, 3397 list 1 až 3.

Charakteristika

| Vlastnost | Jednotka | Údaje | Zkouška dle |
|---|--------------------|-----------------------------|--------------|
| Hustota při 15 °C | kg/m ³ | 888 | DIN 51 757 |
| Číslo barvy | - | 2 | DIN ISO 2049 |
| Viskozita při 20 °C | m ² /s | 42 | DIN 51 562 |
| Viskozita při 40 °C | mm ² /s | 17 | DIN 51 562 |
| Viskozita při 50 °C | mm ² /s | 14 | DIN 51 562 |
| Bod vzplanutí | °C | 200 | DIN ISO 2592 |
| Neutralizační číslo | mgKOH/g | 0,3 | DIN 51 558 |
| Číslo zmýdelnění | mgKOH/g | 47 | DIN 51 559 |
| Korozní účinky na mědi | stupeň koroze | 1-20A3 2-50A3 4-100A3 | DIN 51 759 |
| Čtyřkuličkový stroj | N | 8000 | DIN 51 350 |
| Reichertův test opotřebení | mm ² | 2,6 | FLV-R 3 *) |
| Index olejové mlhy (dioktylfthalát DOP = 100) | - | 2,5 | FLV-N 5 *) |

*) FLV = laboratorní předpis firmy FUCHS

Příloha 4 - Technický list Tamoil Formula Turbo Diesel 15W-40,

CARATTERISTICHE TIPICHE FORMULA TURBO DIESEL SAE 15W-40

| CARATTERISTICHE | METODO | VALORI TIPICI | UNITA' DI MISURA |
|--------------------------------|-------------|---------------|--------------------|
| Densità a 20°C | ASTM-D-1298 | 0.880 | Kg/l |
| Viscosità a 100°C | ASTM-D-445 | 14.60 | mm ² /s |
| Indice di viscosità | ASTM-D-2270 | 134 | |
| Punto di infiammabilità C.O.C. | ASTM-D-92 | 227 | °C |
| Punto di scorrimento | ASTM-D-97 | -24 | °C |

I dati sopra menzionati non costituiscono specifica e sono soggetti alle normali tolleranze di produzione. Date le numerose possibilità applicative e la possibile interferenza di elementi da noi non dipendenti, non ci assumiamo responsabilità in ordine a risultati e prove sperimentali che si svolgono esclusivamente a rischio dell'utilizzatore.

Oggetto della revisione: caratteristiche tipiche.