

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STROJNÍ**

**Ústav strojírenské technologie**

**POROVNÁNÍ ÚČINNOSTI  
ODMAŠŤOVACÍCH PROSTŘEDKŮ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Autor:** Andreas Kopřiva

**Studijní obor:** Technologie, materiály a ekonomika ve strojírenství

**Vedoucí práce:** Ing. Jan Kudláček, Ph.D

**Praha**

**2015**

**Prohlášení:**

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

V Praze dne 30.6.2015

podpis

### **Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Janu Kudláčkovi, Ph.D. za cenné rady a konzultace při řešení praktické části této práce. Dále bych rád poděkoval konzultantovi Ing. Petru Drašnarovi za poskytnutí vzorků. Poděkování patří také firmě TechTest s.r.o. za zapůjčení měřicího zařízení Recognoil.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá sledováním a porovnáním účinnosti vybraných odmašťovacích prostředků. Bakalářská práce se skládá z části teoretické a praktické. Teoretická část je zaměřena na základní informace o procesu odmašťování v průmyslu. Zabývá se stavem a čistotou povrchu, předúpravami povrchu, odmašťovacími prostředky, technologiemi odmašťování a kontrolou čistoty povrchu.

Praktická část se zabývá sledováním účinnosti odmašťovacích prostředků na ocelových vzorcích, které jsou znečištěny tvářecím olejem. V experimentální části práce je porovnání odmašťovacích prostředků za použití různých technologií aplikace. Měření a vyhodnocení čistoty povrchu bylo provedeno pomocí zařízení Recognoil a hmotnostní metodou.

## **Klíčová slova**

Odmašťování, čistota povrchu, Recognoil

## **Annotation**

This thesis is focused on monitoring and comparison of chosen degreasing agents efficiency. The thesis consists of theoretical part and practical part. The theoretical part is focused on basic information about degreasing process in industry. It deals with surface condition and surface cleanliness, surface pretreatment, degreasing agents, degreasing technology and surface cleanliness control.

The practical part deals with monitoring of degreasing agents efficiency on steel samples that are polluted with forming oil. In experimental part of this thesis is comparison of degreasing agents that are used with different technologies. Measurement and evaluation of surface cleanliness was performed using of the Recognoil device and mass method.

## **Key words**

Degreasing, surface cleanliness, Recognoil

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Stav povrchu.....</b>	<b>9</b>
2.1 Vazby nečistot s povrchem.....	9
2.1.1 Chemická vazba.....	9
2.1.2 Adheze.....	9
2.1.3 Adsorbce.....	10
2.2 Druhy nečistot.....	10
2.2.1 Ulpělé nečistoty.....	10
2.2.2 Vázané nečistoty.....	10
<b>3 Předúpravy povrchu.....</b>	<b>11</b>
3.1 Mechanické předúpravy povrchu.....	11
3.1.1 Broušení.....	12
3.1.2 Kartáčování.....	12
3.1.3 Leštění.....	13
3.1.4 Omílání.....	13
3.1.5 Tryskání.....	14
3.1.6 Speciální způsoby.....	14
3.2 Chemické předúpravy povrchu.....	15
3.2.1 Moření.....	15
3.2.2 Dekapování.....	16
3.2.3 Odrezování.....	16
3.3 Odmašťování.....	16
3.3.1 Odmašťování v organických rozpouštědlech.....	17
3.3.2 Odmašťování v alkalických roztocích.....	18
3.3.3 Odmašťování pomocí tenzidových prostředků.....	19
3.3.4 Odmašťování emulzní.....	20
3.3.5 Elektrolytické odmašťování.....	20
3.3.6 Odmašťování pomocí ultrazvuku.....	21
3.3.7 Vysokotlaké odmašťování.....	22
3.3.8 Odmašťování pomocí páry.....	22
3.4 Faktory ovlivňující odmašťovací účinek.....	23

---

<b>4</b>	<b>Metody detekce zamaštění kovových povrchů.....</b>	<b>25</b>
4.1	Metoda porušení souvislého vodního filmu.....	25
4.2	Metoda postřiková.....	26
4.3	Metoda hmotnostní.....	26
4.4	Metoda fluorescenční.....	27
4.4.1	UV záření.....	27
4.4.2	Fluorescence.....	28
4.4.3	Zařízení Recognoil.....	28
<b>5</b>	<b>Experimentální část.....</b>	<b>29</b>
5.1	Použité vzorky.....	29
5.2	Charakteristika použitých produktů.....	29
5.2.1	Olej Total MARTOL EP 180.....	29
5.2.2	Technický benzín.....	30
5.2.3	Odmašťovací přípravek A.....	30
5.2.4	Odmašťovací přípravek B.....	31
5.2.5	Odmašťovací přípravek C.....	32
5.2.6	Odmašťovací přípravek D.....	32
5.2.7	Odmašťovací přípravek E.....	33
5.2.8	Odmašťovací přípravek F.....	33
5.2.9	Odmašťovací přípravek G.....	33
5.2.10	Odmašťovací přípravek H.....	34
5.3	Kalibrace zařízení Recognoil.....	35
5.3.1	Cíl kalibrace.....	35
5.3.2	Příprava nutná pro kalibraci.....	35
5.3.3	Přesný postup kalibrace.....	37
5.3.4	Výpočet tloušťky oleje.....	38
5.3.5	Výsledky kalibrace.....	39
5.4	Metodika hodnocení účinnosti odmašťování.....	42
5.4.1	Příprava před měřením.....	42
5.4.2	Nepřesnosti metody.....	43
5.5	Odmaštění ponorem.....	44
5.6	Odmaštění ponorem s mícháním.....	47
5.7	Odmaštění ultrazvukem.....	50
5.8	Odmaštění ultrazvukem do 1 minuty.....	53

5.9	Elektrolytické odmaštění.....	55
5.10	Odmaštění v technickém benzínu.....	57
5.11	Porovnání účinnosti metod odmašťování.....	58
<b>6</b>	<b>Technicko-ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>60</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>63</b>
<b>10</b>	<b>Seznam obrázků.....</b>	<b>64</b>
<b>11</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>65</b>

# 1 Úvod

Všechny povrchové úpravy, ať je to nanášení nátěrových hmot, galvanické pokovování, smaltování apod., vyžadují optimální předúpravu povrchu výrobku. Výchozí stav povrchu závisí na předchozím zpracování: rozdílná drsnost, porezita, otřepy, nerovnosti, koroze, okuje, mastnota či jiné nečistoty. Na tom do jaké míry se podaří povrch očistit a upravit závisí kvalita a životnost následující povrchové úpravy.

Pod pojmem odmašťování se v širším slova smyslu rozumí odstraňování různých nečistot, které neobsahují pouze látky mastné povahy, ale i bílkoviny, brusiva, prach, apod. Vhodnější názvem pro tuto operaci by proto bylo obecně čištění, avšak technická praxe používá pojem odmašťování. Je to tím, že hlavní a pojící složkou nečistot jsou vždy látky mastného charakteru, které se nejobtížněji odstraňují.

Oblast použití čistících a odmašťovacích prostředků je velmi rozmanitá a každá aplikace má specifické požadavky na vlastnosti a kvalitu čistících přípravků. Odmašťování se uplatňuje v řadě průmyslových odvětví, v sektoru opravárenství, v zemědělství a potravinářství. Jelikož odstraňované mastnoty a nečistoty jsou velmi různorodé a také stupeň požadované čistoty povrchu předmětů se různí, je nutné vyrábět širokou paletu odmašťovacích a čistících prostředků, přizpůsobených pro jednotlivé účely.

Tato bakalářská práce se zabývá porovnáním účinnosti vybraných odmašťovacích prostředků a porovnáním technologií, kterými se odmašťuje. Dále se práce zabývá využitím zařízení na detekci nečistot Recognoil, zapůjčeného firmou TechTest s.r.o.

Výsledkem a přínosem práce by mělo být zjištění nejúčinnější technologie odmašťování a také určení nejúčinnějšího odmašťovacího prostředku z použitých prostředků.



## 2 Stav povrchu

Žádný povrch není dokonale čistý. Vždy se na něm nacházejí nějaké cizorodé látky, které mohou být velmi různorodé, jak z hlediska jejich původu, tak z hlediska chemického složení a struktury.

### 2.1 Vazby nečistot s povrchem

Z fyzikálně chemického hlediska jsou nečistoty spojeny s kovovým povrchem třemi různými druhy vazeb:

- a. Chemická vazba
- b. Adheze
- c. Adsorbce

#### 2.1.1 Chemická vazba

Vazba chemická se vyskytuje jen tehdy, pokud na povrchu kovu vznikly vrstvy oxidů, hydroxidů, uhličitánů, sulfidů nebo jiných chemických sloučenin. Vzniká mezi atomy kovu a atomy nebo molekulami, které se vyskytují v okolí. Oxidy se běžně vytvářejí samovolně za působení okolí. Mohou také vznikat při působení vyšších teplot ve formě okují. Nečistoty vázané chemickou vazbou jsou nežádoucí a hůře odstranitelné. Chemicky vázané nečistoty se odstraňují mechanicky (broušením, tryskáním) nebo chemicky (mořením). [6] [8] [9]

#### 2.1.2 Adheze

Vlivem adheze lpí na kovovém povrchu částice nejrůznějšího druhu. Může to být prach, úlomky kovu nebo jiné tuhé cizí látky. Jejich přilnavost způsobují molekulární přitažlivé síly. Částice se mohou na povrchu udržovat také z mechanických důvodů, například vlivem drsného nebo nerovného povrchu, a lze je jednoduše odstranit. V důsledku adheze mohou na povrchu ulpět například zbytky past po odmašťování. [6] [8] [9]

### **2.1.3 Adsorbce**

Adsorbční vazebné síly jsou větší než vazební síly adhezní, ale nejsou tak silné jako chemická vazba. Adsorbční vazba s kovovým povrchem se téměř nikdy nevyskytuje u tuhých (krystalických) substancí. Velmi často se vyskytuje u rozpouštěných látek a u kapalných a voskových substancí, které nejsou rozpustné ve vodě. Nejčastěji jsou takto vázány tuky, oleje a jiné mastnoty. Ty mohou na povrchu ulpět samovolně nebo mohou být součástí maziv nebo brousících a leštících past. Největší přilnavost mají molekuly, které jsou přímo na povrchu. [6] [8] [9]

## **2.2 Druhy nečistot**

Samotné nečistoty můžeme rozdělit do dvou skupin:

- a. Nečistoty vázané
- b. Nečistoty ulpělé

### **2.2.1 Vázané nečistoty**

Vázané nečistoty nebo také vlastní nečistoty jsou vázány k povrchu kovu chemisorbcí, což znamená, že jsou s povrchem spojeny určitou chemickou vazbou. Jde o zplodiny, které vznikají na povrchu kovu chemickou přeměnou při reakci s prostředím. Tímto způsobem vzniká převážně rez, která je složena z oxidů kovu a která se tvoří pomalým působením atmosférické vlhkosti. Rez je velmi nežádoucí, protože i malé množství se může rychle rozrůst a poškodit tak povrchovou vrstvu. Nežádoucí jsou také okuje, které vznikají při tepelném zpracování. Souvislá vrstva okují odolává korozi, ale její křehkost je nevhodná pro další operace. [3] [8]

### **2.2.2 Ulpělé nečistoty**

Ulpělé nečistoty jsou k povrchu kovu vázány adhezními a adsorbčními silami. Patří sem např. mastnoty, karbon, prach, zbytky brusných prostředků, zbytky kovů po předchozích mechanických úpravách, slévárenský písek, vápno, malta, anorganické soli apod. Na povrchu jsou udržovány pouze fyzikálními silami a tvoří vrstvy různé tloušťky. Někdy jsou hmatem nebo zrakem těžko postižitelné, avšak vždy je nutné je důkladně odstranit. [3] [8]

## **3 Předúpravy povrchu**

Příprava povrchu materiálu je jedním ze základních faktorů významně ovlivňujícím kvalitu a životnost následné povrchové úpravy. Nedostatečná příprava povrchu materiálu se nemusí projevit hned po aplikaci povrchové úpravy, ale až po určité době, kdy dojde k porušení celistvosti povrchové úpravy. Nekvalitní příprava povrchu znamená tedy znehodnocení finálního výrobku a někdy i celého zařízení. [1] [2] [3]

Do přípravy povrchu materiálu řadíme technologické procesy, nazývané předběžné úpravy povrchu, nebo též předúpravy. Tyto procesy vedou ke zkvalitnění podmínek, požadované jakosti a kvality povrchu pro následnou povrchovou úpravu materiálu. Pro kvalitní předúpravy by měly být splněny tyto 2 hlavní požadavky: [1] [2] [3]

- příprava určité požadované mikrostruktury a kvality povrchu,
- zajištění požadované čistoty povrchu.

Předúpravy povrchu se rozdělují na:

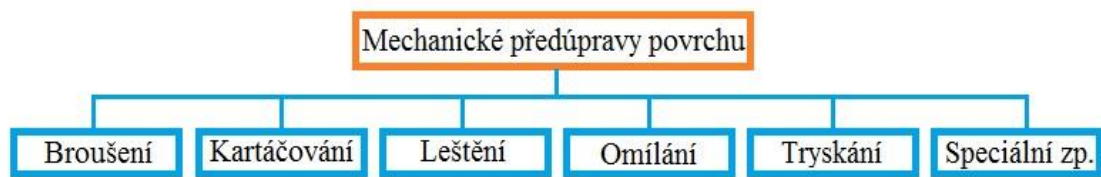
1. Mechanické
2. Chemické

### **3.1 Mechanické předúpravy povrchu**

Mechanické předúpravy povrchu jsou takové procesy, které vytváří požadovanou jakost a kvalitu povrchu. Nejsou to tedy procesy, kterými předmětu dáváme přesný stanovený tvar a rozměry, jako je tomu např. u obrábění. Jejich účelem je především: [1] [3] [9]

- Očistit povrch od nečistot.
- Zajistit podmínky pro vyhovující přilnavost následujících vrstev.
- Vytvořit podmínky pro zvýšení odolnosti proti korozi a opotřebením.
- Vytvořit povrch odpovídající vzhledovým požadavkům.
- Zlepšit mechanické vlastnosti povrchu.

Dělení mechanických předúprav povrchu:



*Obrázek 1: Schéma rozdělení mechanických předúprav povrchu*

### 3.1.1 Broušení

Broušení je jemné odebrání materiálu speciálními nástroji opatřenými brusivem a odstranění hrubých nerovností povrchu. Postup se volí podle stupně nerovnosti povrchu. Hrubé broušení (hrubování) se provádí za sucha brusivem o zrnitosti 24 až 100. Při jemném broušení (vyhlazování - zrnitost 120 až 240) se brusné kotouče přimazávají z důvodů snížení tření a tím zahřívání broušených předmětů i dosažení jemnějšího povrchu. Předlešťováním (zrnitost 280 až 500) dosáhneme výchozího povrchu pro leštění látkovými kotouči. Zrnitost brusiva poslední operace musí splňovat požadavky následující technologie. Pro broušení se používá kotoučů s pevnou nebo volnou vazbou abraziva či brusných pásů. [1] [2] [3] [11]

### 3.1.2 Kartáčování

Kartáčováním se provádí dva druhy úprav povrchu. Jednak se používá k odstranění hrubých nečistot (např. rzi, volných korozních produktů, starých nátěrů) a dále jako operace zařazované po broušení nebo před leštěním k zjemnění a sjednocení upravovaného povrchu, resp. k odstranění oxidické vrstvy vzniklé předchozím broušením. V prvním případě se k čištění a matování ocelových předmětů používá kartáčů z ocelového rovného nebo vlnitého drátu. Pro úpravu neželezných kovů jsou vhodnější dráty z jiných materiálů např. mosazi, fosforového bronzu ap. Kartáčováním obvykle nelze dosáhnout úplného odstranění všech nečistot (korozní zbytky v pórech). Ve druhém případě se používá měkkých a pružných kartáčů z přírodních a umělých vláken, na nichž dobře lpějí brusné pasty. Elasticita nástroje se s výhodou používá především u členitých výrobků. [1] [2] [3]

### **3.1.3 Leštění**

Hranice mezi broušením a leštěním není přesně určena. Leštění chápeme jako operaci, při níž dochází k nižšímu úběru materiálu a dochází navíc k plastické deformaci povrchové vrstvy. Jedná se tedy o odstraňování nejjemnějších stop po předchozích operacích za dosažení velmi nízké drsnosti (po 0,1 Ra) a vysokého lesku. Na výši lesku má kromě leštícího nástroje a jeho obvodové rychlosti vliv i použitá leštící pasta. Mimo homogenizované tukové komponenty obsahují pasty různé abrazivní látky jako leštící zeleň (oxid chromitý), leštící červeň (oxid železitý), umělý korund (oxid hlinitý), vídeňské vápno (oxid vápenatý), jemnou křemelinu, pemzu ap. Při předlešťování se používají tvrdší látkové nebo plstěné či kožené kotouče a mastnější i ostřejší pasty při větších obvodových rychlostech. Pro dolešťování měkké kotouče, sušší a jemnější pasty a menší obvodové rychlosti. [1] [2] [3] [10]

### **3.1.4 Omílání**

Omílání je mechanický způsob úprav povrchu spočívající v úběru materiálu a jeho vyhlazování účinkem vzájemného působení omílaných výrobků a omílacích prostředků, resp. kapaliny s chemickými prostředky. Tato technologie je vhodná především pro zpracování velkých sérií drobných tvarově náročných součástí. Při omílání větších předmětů je nutné tyto upevnit v omílacím zařízení. Omílání se používá pro vyhlazování povrchů jako brusná a leštící operace, k zaoblování hran, k odstranění ostřin nebo okují (korozních zplodin) i k povrchovému zpevnování. Jedná se o celkem univerzální technologii, neboť úpravou zařízení a přidavkem chemických prostředků lze odrezovat, odmašťovat, pokovovat, sušit i lakovat.

Pro omílací proces je možné vybírat z různých tvarů omílacích van: žlabové, kruhové, elipsoidní, průběžné omílací stroje, odstředivé omílací zařízení, ucelené výrobní linky, jejichž hlavním přínosem je ekonomický provoz omílacího zařízení. Proces omílání nijak neovlivňuje následné operace - pokovení žárové i galvanické, aplikaci KTL, lakování. [1] [2] [3] [12]

### **3.1.5 Tryskání**

Čištění povrchu kovu tryskáním umožňuje zabezpečit jeho dokonalou přípravu pod nátěr. Poskytuje nejen povrch kovově čistý, ale i dosažená vhodná drsnost (závisí na volbě tryskacího prostředku) přispívá k lepšímu zakotvení základních nátěrů. Tryskání je nejefektivnějším postupem při odstraňování nečistot mechanickou cestou. Tryskáním lze odstranit i staré nátěry nebo rez.

Provádí se pneumatickými tryskacími pistolemi nebo metacími koly. Tryskacím materiálem, vrhaným na povrch čištěného kovu pod značným tlakem, je buď ocelolitinová drť, struska, keramické materiály apod. Křemičitý písek hojně používaný v minulosti pro tryskání za sucha se dnes již tolik nevyužívá. Důvodem je nebezpečí vzniku silikózy u pracovníků provádějících tryskání. Je však možné ho použít pro tryskání za mokra, tj. ve směsi s vodou, případně s přídavkem inhibitoru koroze, který zabrání zrezivění čerstvě tryskaného ocelového povrchu. Tryskávání lze použít pro masivnější předměty, u nichž není nebezpečí deformace nebo proražení. Tryskáním lze také mechanicky zpevnit povrch materiálu pomocí ocelových kuliček nebo broků. Toto tryskání se nazývá kuličkování. [4] [14] [15]

### **3.1.6 Speciální způsoby**

Mezi speciální způsoby předúprav povrchu můžeme zařadit:

#### **1. Oklepávání**

Jedná se o odstraňování pevně lpících okují a silných vrstev korozních produktů na povrchu rozměrných předmětů. K tomuto účelu se používají pneumatically poháněná zřízení, která pohybují ocelovými dráty, kladívky, trny apod. Tímto způsobem lze čistit pouze masivní předměty, u kterých nemůže nastat deformace. [1] [2] [3]

#### **2. Opalování plamenem**

Používá se k odstranění rzi na hmotných předmětech, na kterých zůstala rez v pórech po předešlých operacích např. kartáčování. Povrch předmětu se přejíždí speciálním hořákem s kyslíko-acetylenovým plamenem. Následkem rozdílné teplotní roztažnosti korozních produktů a základního materiálu se rez uvolňuje a je tlakem plynů

odfukována. Zbylá rez se vysušuje a unikají z ní těkavé látky, které urychlují korozi. [1]  
[2] [3]

## 3.2 Chemické předúpravy povrchu

Chemické, respektive elektrochemické předúpravy povrchu mají především význam v odstraňování nečistot z povrchu materiálu před následnými úpravami. K těmto předúpravám povrchu patří moření, dekapování, odrezování a odmašťování. [1]

### 3.2.1 Moření

Moření je nejčastějším chemickým postupem užívaným k odstraňování oxidů a kontaminace železem. Kromě odstraňování povrchové vrstvy řízenou korozí moření také selektivně odstraňuje nejméně korozivzdorné oblasti, například oblasti se spotřebovaným chromem. Moření se aplikuje především ponorem součástí do mořící lázně obsahující roztok kyselin. K moření se používají nádoby, které odolávají působení kyselin. U amfoterních kovů (zinek, hliník) lze moření provádět i v alkalických roztocích. K moření se používají tyto kyseliny:

1. **Kyselina sírová ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )** se používá především pro nízké náklady. Také při jejím použití nevznikají toxické produkty při odpařování. Moření se provádí za teplot kolem  $50\text{-}70^\circ\text{C}$  a koncentrace do 20%. Doba moření závisí na velikosti předmětu a stupni koroze.
2. **Kyselina chlorovodíková ( $\text{HCl}$ )** se používá především pro čistější povrch. Při použití této kyseliny povrch nezčerná, jako při použití kyseliny sírové. Z roztoku kyseliny chlorovodíkové však unikají škodlivé látky, především chlorovodík, které jsou škodlivé, jak pro obsluhu, tak pro okolní kovové předměty. Moření probíhá velmi rychle i za běžných teplot.
3. **Kyselina dusičná ( $\text{HNO}_3$ )** se používá především jako přídavná oxidační látka v roztoku s jinými kyselinami pro zlepšení vzhledu a odstranění oxidu měďného.
4. **Kyselina fosforečná ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )** se používá pro předměty, které se dále budou jen lakovat. Povrch je fosfátován a částečně chráněn proti korozi.

5. **Kyselina fluorovodíková (HF)** se používá především pro odstranění písků z odlitků v kombinaci s jinými kyselinami. Její použití je obtížné, protože leptá sklo a je velmi nebezpečná pro obsluhu. [1] [4] [13]

### 3.2.2 Dekapování

Dekapování je zvláštním druhem moření, které se používá při galvanickém pokovování pro odstranění tenkých oxidických vrstev, vzniklých při předchozích operacích. Dojde také k neutralizaci zbytků látek po předchozích operacích. Před kyselými operacemi se dekapuje v 5 - 15% roztoku kyseliny sírové, před alkalickými operacemi se dekapuje v roztoku kyanidu sodného (NaCN) o koncentraci 0,3 - 0,5%. [1] [13]

### 3.2.3 Odrezování

Odrezováním se z povrchu odstraňují pouze korozní zplodiny z ocelových povrchů pokrytých rzi, nikoliv okujemi. Rez je možné odstraňovat z povrchu oceli většinou kyselin. Nejčastěji se používá odrezovačů na bázi kyseliny fosforečné nebo chlorovodíkové. Odrezování se provádí ponorem do lázně nebo natíráním. Podle technologie dělíme odrezovače na:

1. **Oplachové odrezovače**, které odstraňují rez minerální kyselinou obsahující inhibitory a látky usnadňující penetraci. Po aplikaci je nutný okamžitý oplach.
2. **Bezoplachové odrezovače**, které převedou korozní vrstvy na komplexy s vysokou adhezí k povrchu kovu tvořící anodickou ochranu kovu. [1] [13]

### 3.3 Odmašťování

Odmašťování je souhrnný název pro odstraňování všech druhů ulpělých nečistot z povrchu kovu, které jsou k povrchu kovu vázány buď fyzikální adsorpcí, nebo adhezními silami. Jejich energie vazby ke kovovému povrchu je mnohem menší než u nečistot vázaných chemicky a lze je tedy odstranit snadněji a beze změny kovového povrchu.



Úkolem odmašťovacích přípravků je uvolnění těchto nečistot s povrchu kovu, jejich převedení do roztoku nebo emulze a zabránění jejich zpětnému vyloučení na kovovém povrchu. Operace odmašťování se provádí různými způsoby, z nichž nejdůležitější a nejvíce rozšířené jsou tyto postupy: [1] [15]

- odmašťování v organických rozpouštědlech
- odmašťování v alkalických roztocích
- odmašťování pomocí tenzidových prostředků
- odmašťování emulzní
- odmašťování pomocí ultrazvuku
- vysokotlaké odmašťování
- odmašťování pomocí páry
- elektrolytické odmašťování

### **3.3.1 Odmašťování v organických rozpouštědlech**

Odmašťování v organických rozpouštědlech je velmi rozšířený způsob čištění, při kterém se mastné látky na povrchu kovu rozpustí a zároveň se uvolní i ostatní ulpělé nečistoty. Organická rozpouštědla většinou nezpůsobují korozi. Pomocí organických rozpouštědel se mohou odstranit i silné vrstvy mastných nečistot.

Uplatnění organických rozpouštědel k odmašťování bývá zejména v menších závodech vzhledem k poměrně nízkým nákladům, technické jednoduchosti a vysoké účinnosti čištění. Mnohdy však zůstává nedořešena otázka likvidace vypotřebovaných rozpouštědel.

Nevýhodou však je skutečnost, že organická rozpouštědla nevyhovují požadavkům bezpečné a zdravotně nezávadné práce. Nelze je také používat na vlhké povrchy, nelze odstraňovat heteropolární nečistoty (anorganické soli, pot, otisky prstů).

Ideální rozpouštědlo by mělo být levné, bezpečné, zdravotně nezávadné, snadno regenerovatelné a univerzálně účinné. Tomu se však používaná rozpouštědla jen více či méně přibližují.

Organická rozpouštědla se dělí na:

**a) Nehořlavá (na bázi chlorovaných uhlovodíků)**

- Jsou to především trichlorethylen, perchlorethylen a fluorované uhlovodíky (ledony, fluorotheny). Jejich výhodou je dobrá rozpustnost většiny mastných látek, dobré fyzikální vlastnosti a nereaktivnost s většinou plastů, nátěrových hmot a laků. Jejich používání bylo však zakázáno.

**b) Hořlavá (na bázi alifatických uhlovodíků)**

- Je to především technický benzín, který se používá pro svou dobrou odmašťovací schopnost a nízkou toxicitu. Hodí se především pro ruční odmašťování. Dále jsou to aromatické uhlovodíky např. nafta či toluen. Používají se jen v malém množství pro vysokou hořlavost. Mohou se aplikovat buď v koncentrované formě, nebo ve formě emulze. [1] [4] [6] [15]

### 3.3.2 Odmašťování v alkalických roztocích

Odmašťování v alkalických lázních je nejvíce rozšířený způsob čištění kovového povrchu součástí. Účinnost alkalického odmašťovacího procesu spočívá hlavně v chemických pochodech, např.: v emulgaci a dispergaci nečistot nejrůznějšího druhu, dále ve zmýdelnění některých mastnot a v zabránění redepozici nečistot na kovovém povrchu.

Alkalické odmašťovače bývají obohaceny povrchově aktivními látkami (tenzidy). Odmašťovací přípravky obsahují vedle organických tenzidů i anorganické alkalicky reagující sole, jako např.: NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, fosforečnany, křemičitany. Většinou se jedná o jejich kombinace. Jejich volba se řídí podle druhu odmašťovacího kovu, který dovoluje určité rozmezí alkality odmašťovací lázně. Lázně pro odmašťování oceli mohou mít pH vyšší než pH 13, pro odmašťování mosazi a zinku může být pH 12 - 13, pro odmašťování hliníku pH 10 - 11. Nejmodernější odmašťovací přípravky obsahují i komplexotvorné látky, které zabraňují tvoření nerozpustných sraženin při použití tvrdé vody, např.: polyfosfáty, a někdy i látky udržující v komplexu kovové ionty.

Alkalické lázně mají během odmašťovacího procesu následující funkci:

- 1) Rozptylují mastnoty v lázni v podobě drobných kuliček
- 2) Postupně vytěsňují oleje a tuky z povrchu
- 3) Zabraňují zpětnému usazení mastnoty na odmašťovaném povrchu součásti

Při odmašťování v alkalické odmašťovací lázni se mastné kyseliny zneutralizují za vzniku rozpustných mýdel, zatímco zmydelňování tuků a olejů probíhá vlivem alkálií v odmašťovacích lázních. Odstraňování olejů probíhá ve dvou stupních. Nejprve dochází ke ztenčování vrstvy oleje na kovovém povrchu a potom k odstranění tenkého mastného filmu ulpělého přímo na povrchu kovu.

Alkalické odmašťování se většinou provádí ponorem nebo postřikem. Oproti organickým rozpouštědlům je lacinější a bezpečnější. Výhodou lázní je poměrně nízká koncentrace pro ponor 10 - 30 g.l<sup>-1</sup>, pro postřik 2 - 15 g.l<sup>-1</sup>. Odmašťovací teplota bývá pro ponor 60 - 80 °C, pro postřik 65 - 75 °C. Doba odmaštění ponoru je 5 - 10 minut. Vyčerpané lázně se musí likvidovat (neutralizovat) v čistírnách odpadních vod. Další nevýhodou je vysoká pracovní teplota a nutnost oplachu po odmaštění. [4] [6] [15]

### **3.3.3 Odmašťování pomocí tenzidových prostředků**

Odmašťování pomocí tenzidů (detergentů) nabylo na důležitosti zavedením látek povrchově aktivních a znamenalo zásadní obrat ve vývoji alkalických odmašťovacích přípravků. Nejprve byly aplikovány anionaktivní tenzidy, později neionogenní a posléze i amfolytické tenzidy. Používání povrchově aktivních látek v oblasti odmašťování umožnilo podstatné zvýšení kvality, jeho urychlení i snížení pracovní teploty. Zavedení tenzidů rovněž umožnilo upustit od dříve běžných vysokých hodnot 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. Pro každou aplikaci nutno zvolit vhodný přípravek vyhovující zvolené odmašťovací technologii. Jejich velkou předností je skutečnost, že obsahují z více jak 90 % látky biologicky odbouratelné a tedy snadno likvidovatelné. [4] [15]

### **3.3.4 Odmašťování emulzní**

Emulzní odmašťování využívá jak přímého rozpouštění mastnot v organickém rozpouštědle, tak i jejich emulgaci ve vodném prostředí. Rozpouštědlo rozpustí mastnoty, snižuje viskozitu, přičemž penetraci rozpouštědla do vrstvy nečistot podporuje přítomný emulgátor. Tato metoda je velmi účinná i na značně znečištěné povrchy a velké konstrukční celky. Provádí se při ponoru, potíráním (ručně) a postřikem při normální či zvýšené teplotě. Při emulzním způsobu odmašťování se nedosahuje zcela smáčivého povrchu, přesto je odmaštění postačující.

Přípravky jsou zpravidla založeny na směsi účinných ropných rozpouštědel s obsahem speciálních tenzidů a emulgátorů. Jejich odmašťovací schopnost je spolehlivá, dokonale rozpouštějí a emulgují mastnoty a převádějí je do vodou omyvatelné emulze. Odpadní vody musí před vypouštěním do kanalizace projít úpravnou vod. [1] [4] [15]

### **3.3.5 Elektrolytické odmašťování**

Elektrolytické odmašťování je jediný způsob odmašťování, při kterém se dosahuje takové čistoty povrchu, která je vyžadována před galvanickou povrchovou úpravou. Proto je vždy poslední odmašťovací operací v galvanické lince. Jako elektrolyty se používají alkalické vodné roztoky.

Principem elektrolytického odmašťování je vylučování plynu na elektrodách, který rozruší vrstvu olejového filmu a strhává ho do roztoku. Z toho vyplývá, že důležitým faktorem je vodivost lázně, kterou zajišťuje její složení a zvýšená teplota lázně. Elektrický proud procházející elektrolytem způsobuje disociaci látek alkalického roztoku. Na katodě se vylučuje vodík a alkalický kov, který je nestálý a slučuje se s vodou na alkalický hydroxid. Na anodě se vylučuje kyslík. Odmašťované předměty mohou být zapojeny buď jako anoda, nebo jako katoda.

#### Katodický cyklus odmaštění:

Na katodě je intenzivnější vývoj vodíku (asi 2x větší), také dochází v oblasti katody ke zvýšení alkality, která má příznivý vliv na účinek odmašťování. Vznikající bublinky vodíku působí mechanicky na nečistoty a unášejí je pryč z povrchu. Vznikající vodík může ale také způsobit vodíkovou křehkost. Při vzniku hydroxidu vzniká silně alkalická zóna, která může způsobit korozi některých kovů např. cínu, zinku, olova a mědi.

### Anodický cyklus odmaštění:

Tvorba kyslíku je nižší než vodíku, ale účinnost je velká. Výhodou je, že při anodickém procesu nemůže docházet k navodíkování materiálu a vodík z předcházejících operací je v povrchové vrstvě eliminován. Při anodickém cyklu dochází k mírnému odleptání povrchu. U mosazi dochází ke změně zbarvení, ale tato vrstva je při dekapování dokonale rozpustná a součástka kvalitně pokovená. Pro barevné kovy se doporučuje dvoustupňové odmaštění s krátkou expozicí na anodě. Pro ocelové součástky je dostačující anodický cyklus.

Pro eliminování nevýhod obou cyklů se používá reverzačního způsobu. Při tomto způsobu je předmět zapojen nejdříve jako katoda a poté jako anoda. Poměr času změny polarity je asi 3:1 při delším zapojení předmětu jako katody. Proudová hustota se volí nejčastěji 5 – 10 A.dm<sup>-2</sup> a teplota lázně se volí 50 – 70°C. [4] [6] [18]

### **3.3.6 Odmašťování pomocí ultrazvuku**

Ultrazvukové odmašťování je moderní, velice rychlý, efektivní a progresivní způsob odstraňování organických i neorganických volně vázaných nečistot z povrchů. Při provozu ultrazvukového zdroje vzniká jev zvaný "kavitace", při kterém se v čistícím médiu vytváří miliony mikroskopických bublinek, které vzápětí implodují a uvolněná energie strhává nečistoty z povrchu čistěného předmětu z jeho vnějších i vnitřních částí. Čištěné předměty se ultrazvukem mechanicky nepoškozují.

Ultrazvukové odmašťování se uplatňuje zejména při čištění povrchu profilovaných součástí, u nichž se nedosahuje dobrých výsledků při použití běžných čisticích prostředků a postupů, zvláště při odstraňování nečistot z různých záhybů nebo malých otvorů. Ultrazvukové zařízení dodává vysokofrekvenční energii z generátoru přes ultrazvukový budič do nádrže s čistící kapalinou, kde dochází k přeměně této energie na energii akustickou, která rozkmitává kapalinu a spolu s kavitačními účinky se zúčastňuje čistícího procesu. Ultrazvuková frekvence je frekvence vyšší než 18 kHz. Pracovní frekvence se pohybují v rozmezí 20 – 40 kHz a intenzita se pohybuje v rozmezí 2 – 5 W.cm<sup>-2</sup>. Nižší frekvence například 20kHz, které vytváří bublinky s větším průměrem a silnější tlakové vlny se používají pro čištění větších, robustnějších

silně znečištěných předmětů. Vyšší frekvence například 35kHz, vytváří větší počet menších bublinek, které se užívá pro intenzivní, ale jemnější čištění.

Jako čisticí kapalina se používají organická rozpouštědla i vodné odmašťovače. Odmašťování pomocí ultrazvuku je použitelné pouze u předmětů menších rozměrů, které mohou být umístěny do vyráběných velikostí odmašťovacích van. Proces čištění trvá od několika sekund do několika minut, vše v závislosti na míře, způsobu a druhu znečištění povrchu. [4] [15] [16]

### **3.3.7 Vysokotlaké odmašťování**

Vysokotlaké odmašťování se používá především pro čištění velkých ploch a předmětů. Nejvíce se uplatňuje při hrubém čištění vozidel, generálních opravách strojů, ale také při čištění budov. Pro vysokotlaké odmašťování se používají speciální zařízení, schopná přeměnit pomocí čerpadel přírodní proud vody na výstupní proud vody o tlaku až několik set bar. Tato zařízení mohou stříkat jak studenou vodu, tak i teplou vodu o teplotě až 60°C. Pro vysokotlaké odmašťování se používají především tenzidové prostředky. [4] [17]

### **3.3.8 Odmašťování pomocí páry**

Odmašťování pomocí páry se obvykle aplikuje při odmašťování a čištění povrchu rozměrných zařízení. Technologie odmašťování pomocí páry je podobná vysokotlakému odmašťování, ale jako pracovní médium používá horkou páru o teplotě až 180°C. Často se také využívá při čištění podlah. Je to velmi účinná metoda na odstraňování i zaschlých, zapečených, připálených a jiných nečistot.

Voda s prostředkem se zahřívá až na bod varu a vznikající pára se přivede ke konstrukčním dílům, které chceme vyčistit. Teplotní rozdíl mezi horkou párou a chladným dílem vede ke kondenzaci rozpouštědla na povrchové ploše obrobku, čímž se dosáhne proplachovacího efektu s nejčistším rozpouštěcím kondenzátem. Tepelný a tlakový účinek páry je možno kombinovat dávkováním odmašťovacího prostředku, případně i s oplachem horkou vodou. Parní odmašťování může probíhat i v uzavřené pracovní komoře. [4] [15]

### **3.4 Faktory ovlivňující odmašťovací účinek**

#### Vliv druhů nečistot

Oleje a tuky ulpívají na kovovém povrchu zvláště pevně. Při kombinaci tuhých látek s oleji, tuky, vosky, parafíny a steariny je odstraňování nečistot velmi obtížné, zejména když se při vyšších teplotách vytvrdí. K jejich odstranění se musí použít smáčecích prostředků s velkým průnikovým účinkem za stálého pohybu lázně.

Nerozpustné částice (prach, saze apod.) je možné pouze dispergovat. Jako účinné látky se osvědčily polyfosfáty, glukonáty a ochranné koloidy, které však v některých případech zvyšují v nežádoucí viskozitu lázně. Mimořádně obtížné je odstraňování brusného prachu a kovového oděru. Tento oděr lpí často vlivem magnetické vazby zvláště houževnatě na základním povrchu. K jeho odstranění se doporučuje použít dalšího stupně elektrolytického čištění v alkalickém roztoku za přepólování při proudových hustotách  $10 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$ .

#### Teplota

Vlivem zvýšené teploty se zintenzivňuje Brounův pohyb a snižuje se stabilita emulze. Zvýšení teploty vede dále k hydrataci, což se projeví zakalením a zhoršením rozpustnosti ve vodě, v limitním případě nastává rozdělení emulze na vrstvy. Bod zakalení leží často ve velmi úzkém rozmezí teploty.

Zlepšení stability emulze se současným zvýšením bodu zakalení je možno dosáhnout přísadou anionaktivních tenzidů nebo speciálních rozpouštědel. Emulgační schopnost přípravku se tím však nezlepší. Obecně lze tedy říci, že při vyšší teplotě je odmašťovací účinnost vyšší a doba odmašťování se zkracuje.

#### Pohyb

Mechanický zásah působí při odmašťování tím, že pomáhá protrhávat souvislý film nečistot, a tak je uvolňuje z povrchu. Při odstranění nečistot z povrchu součásti se dosahuje lepších výsledků, jestliže je buď kapalina, nebo součást v pohybu. Ulpělé nebo přischlé nečistoty se snáze odstraňují z čištěných ploch mechanicky.

Používá se těchto způsobů:

- a) ručního a strojního kartáčování, které je běžné v pivovarech, zejména při čištění stěn, podlah, nádob, stolů, roštů apod.,
- b) tlakových postřiků, které jsou podstatou čištění při strojním mytí povrchů pod tlakem,
- c) cirkulace, které se používá zejména při čištění potrubí, mechanický účinek lze zesílit měněním proudu čistícího roztoku nebo krátkodobým přerušováním cirkulace,
- d) vyvařování, kdy je mechanický účinek dán pohybem čistící lázně, zejména při teplotách kolem bodu varu, ve srovnání s předešlými způsoby je tento mechanický účinek nejslabší.

#### Doba působení

Účinek čistících a dezinfekčních lázní je přímo závislý na době, po kterou lázně působí. Delším působením lázně se dosahuje lepšího čistícího účinku. Z ekonomických důvodů je však žádoucí, aby čištění a dezinfekce probíhaly co nejrychleji. Optimální doby čištění se obecně dosáhne především správným výběrem čistícího prostředku, větší koncentrací a vyšší teplotou, zlepšením mechanického účinku apod. [6]



## 4 Metody detekce zamaštění kovových povrchů

Stanovení zamaštění povrchu je nejdůležitější především pro stanovení účinnosti různých odmašťovacích přípravků. Pro stanovení zamaštění povrchu jsou metody přímé a nepřímé. Metody přímé jsou takové, které stanovují zamaštění vzorku ihned a přímo na vzorku. Metody nepřímé jsou takové, které stanovují zamaštění vzorku pomocí laboratorních indikátorů a rozpouštědel. Tyto metody se neprovádějí přímo na vzorku, ale provádějí se v laboratořích. Jsou velmi časově náročné, proto se v praxi téměř nevyužívají.

Zjišťování zamaštění kovových povrchů bylo u nás upraveno normou ČSN 03 8215 ze dne 1. 2. 1973, která k 1. 1. 2002 byla zrušena bez náhrady. Norma stanovovala kvalitativní a kvantitativní postupy stanovení zamaštění kovového povrchu. [4]

Norma definovala tyto tři základní metody:

- 1) Metoda porušení souvislého vodního filmu
- 2) Metoda postřiková
- 3) Metoda hmotnostní

### 4.1 Metoda porušení souvislého vodního filmu

Jedná se o pouze orientační kvalitativní zkoušku, která se používá k rychlému zjišťování zamaštění v provozu. Doporučuje se jako předběžná zkouška před ostatními zkouškami. Její citlivost je řádově  $10^{-4}$  g.m<sup>-2</sup>.

Podstata metody spočívá ve vlastnosti čistého kovového povrchu, na kterém se po určitou dobu udrží neporušený vodní film. Zamaštění povrchu způsobí jeho předčasné porušení oproti čistému povrchu. Srovnávací hodnotou je zde doba potřebná k porušení vodního filmu na čistém kovovém povrchu stejného tvaru a kvality.

Měření probíhá při teplotě 20°C. Kovový povrch nesmí být umístěn v blízkosti tepelných zdrojů a musí být chráněn před prachem. Stanoví-li se zbytkové zamaštění povrchu po odmašťování, oplachuje se povrch před měřením po dobu 10 sekund v 2 % roztoku kyseliny sírové (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Měřený předmět se ponoří do demí vody, rychle se vyjme a podloží se tak, aby byl skloněn pod určitým úhlem (asi 45°), přičemž se vodního filmu nesmí nic dotknout. Povrch součásti se sleduje vizuálně. Plocha, která je vzdálená od hran asi 10 mm od krajů součásti nebo ostrých hran, se nehodnotí.

Měří se čas od vyjmutí vzorku z destilované vody do doby porušení souvislého vodního filmu. Tento čas se porovnává s dobou naměřenou stejným způsobem pro čistý povrch. Neliší-li se hodnoty o více jak 10 %, nebo o dobu delší jak jedna minuta, povrch se považuje za nezamaštěný. [4]

## **4.2 Metoda postřiková**

Zamaštění kovového povrchu (součásti) se stanoví tak, že na suchý měřený povrch 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 (např.: oleje o různé viskozitě) a je úměrná plošné koncentraci látek způsobující zamaštění. Při kvantitativním měření se pro zjištěnou dobu postřiku měřeného povrchu odečte z kalibračního grafu odpovídající plošná koncentrace zamaštění v g.m<sup>-2</sup>. Pro kvalitativní měření postačí považovat vzorek za čistý, pokud se doba postřiku srovnávaných vzorků neliší o více jak 20%. [4]

## **4.3 Metoda hmotnostní**

U hmotnostní metody se plošná hustota zamaštění kovového vzorku stanoví pomocí rozdílu hmotností před a po odstranění mastnot z povrchu, odmaštění v organickém rozpouštědle nebo rozpuštění při odmašťování.

Předmět, u kterého se stanovuje plošná hustota zamaštění, se zváží s přesností na 0,1 mg. Poté se zjistí 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 rozpouštědlo získaného odmaštěním předmětu. Zbylá 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  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ . [4]

## 4.4 Metoda fluorescenční

Do přímých metod patří i detekce zamaštění, která využitím přirozené vlastnosti mastnot – fluorescence – velmi přesně dokáže odhalit znečištění, ale i přesně změřit množství mastnoty resp. nečistoty. Tato detekce zamaštění spočívá v ozáření povrchu UV zářením a následným vybuzením fluorescence. Tento způsob měření poskytuje výsledky kvality odmaštění dle potřeby povrchových úprav i dalších oborů. [5] [19]

### 4.4.1 UV záření

Ultrafialové (zkratka UV, z anglického ultraviolet) 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. UV záření, jakožto oblast elektromagnetického spektra, se dělí na blízké ultrafialové záření o vlnové délce 400 – 200 nm) a daleké ultrafialové záření (200 – 10 nm). [5] [20]

UV záření se podle kvality a účinků dělí na:

- **Blízké** (NUV) s vlnovou délkou 400 – 200 nm
- **UVA** (dlouhovlnné, „černé světlo“) s vlnovou délkou 400 nm - 320 nm
- **UVB** (středněvlnné) s vlnovou délkou 320 nm - 280 nm
- **UVC** (krátkovlnné, „dezinfekční“) s vlnovou délkou pod 280 nm
- **DUV** (hluboké ultrafialové) s vlnovou délkou pod 300 nm
- **Daleké** (FUV, VUV) s vlnovou délkou 200 nm - 10 nm
- **Extrémní** (EUV, XUV) s vlnovou délkou 31 nm - 1 nm

#### **4.4.2 Fluorescence**

Fluorescence je schopnost některých molekul absorbovat záření určité vlnové délky, tím excitovat elektrony a následně při návratu těchto elektronů do základní hladiny vyzářit světlo delší vlnové délky po kratší časový úsek, nazývaný doba fluorescence. Fluorescence je vyzářena během zlomku sekundy ihned po excitaci. Produkce světla vzniká pomocí tepla, avšak fluorescence je na teple nezávislá. [5] [21]

Faktory ovlivňující citlivost fluorescence:

- Intenzita zdroje
- Účinnost optického systému
- Citlivost detektoru

#### **4.4.3 Zařízení Recognoil**

Zařízení Recognoil využívá k detekci nečistot fluorescenční metodu. Jedná se o zařízení připojitelné k tabletu, které po přiložení ke kovovému objektu provede fluorescenční analýzu povrchu a během několika sekund zobrazuje výsledky na displeji přenosného dotykového minipočítače. Nejedná se pouze o číselné výstupy, obsluha je informována o rozložení mastných látek formou obrazových dat. Lze tak v mnoha případech snadno a na první pohled odhalit příčinu nedokonalého odmaštění. Tato metoda v sobě integruje výbornou kvantifikovatelnost a reprodukovatelnost výsledků, rychlost a především nedestruktivitu.

Zařízení je vhodné nastavit pro různé druhy nečistot. Nastavení zařízení se provádí na konkrétní druh mastnoty hmotnostní metodou. Tato metoda definuje hmotnost ulpělé mastnoty na povrchu a ve srovnání s naměřenou hodnotou pomocí detekce zamaštění definuje i velmi přesné kvantitativní výsledky. [5] [22]

## **5 Experimentální část**

Experimentální část této bakalářské práce se skládá ze dvou částí. První je kalibrace zařízení Recognoil na testovaný olej. Druhá část je věnována samotnému měření a hodnocení účinnosti odmašťovacích prostředků. Při měření bylo použito 8 různých odmašťovacích prostředků.

Zařízení Recognoil bylo zapůjčeno firmou TechTest s.r.o. Přístroj využívá principu metody fluorescence. Zařízení snímá plochu o velikosti 12x18 mm. Na této ploše je schopné vyhodnotit mastnotu povrchu buď staticky nebo v režimu live.

### **5.1 Použité vzorky**

V experimentální části byl použit jeden typ vzorků. Jedná se o broušený ocelový plech Qpanel (1.0301 – ČSN 12010). Vzorky mají rozměry 152x101,6x0,8 mm a jsou opatřené otvorem pro snadnou manipulaci a zavěšení vzorku. Vzorky mají rozdílnou drsnost povrchu obou stran. Z jedné strany mají drsnost  $R_a=0,88 \mu\text{m}$  a z druhé strany  $R_a=0,77 \mu\text{m}$  (drsnost byla měřena na přístroji Mitutoyo SJ-301). Všechny měření v experimentální části probíhala na ploše s drsností  $R_a=0,88 \mu\text{m}$ .

### **5.2 Charakteristika použitých produktů**

Jak již bylo zmíněno v úvodu experimentální části, bylo použito 8 různých odmašťovacích prostředků určených pro více způsobů odmašťování. 6 odmašťovacích prostředků bylo použito pro odmašťování ponorem a ultrazvukem. Zbylé 2 byly použity pro elektrolytické odmašťování. Tyto prostředky byly označeny pouze písmeny „A až H.“ Pro testování byl použit tvářecí olej Total MARTOL EP 180 a technický benzín.

#### **5.2.1 Olej Total MARTOL EP 180**

Aditivovaný olej na minerální a syntetické bázi určený pro tvářeni. Použití doporučené zejména pro hluboké tažení ocelí s vysokým obsahem uhlíku a legovaných ocelí a pro formování a ohýbání žebek a trubek. Olej má velmi účinné vysokotlaké vlastnosti a výborné vlastnosti pro vytváření olejového filmu. Má také velmi dobrou

odolnost vůči opotřebením prodlužující životnost nástrojů. Jde snadně odmastit a je inertní vůči pokoveným ocelím. [23]

*Tabulka 1: Vlastnosti oleje Total MARTOL EP 180*

SPEC. MEZINÁRODNÍ	ISO 6743/7 • ISO - L - MHF
viskozita při 40°C (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )	177
Hustota (kg.m <sup>-3</sup> )	1055
bod tuhnutí (°C)	-21
bod vzplanutí (°C)	228
BARVA	jantarová
KOROZE NA MĚĎ (stupeň)	2b

### 5.2.2 Technický benzín

Technický benzín je bezbarvá těkavá kapalina bez mechanických nečistot. Jedná se o hořlavinu 1. třídy. Je určený pro čištění kovových předmětů a textilií. [24]

*Tabulka 2: Vlastnosti technického benzínu*

Hustota	0,695-0,725 g.cm <sup>-3</sup> při 15 °C
Obsah organických rozpouštědel	0,99 kg/kg
VOC (těkavé organické látky)	725 g/l
TOC (obsah celkového organického uhlíku)	0,85 kg/kg
obsah netěkavých látek (sušina)	0%

### 5.2.3 Odmašťovací přípravek A

Průmyslový, kapalný, silně alkalický nepěnový prostředek určený k čištění silně znečištěných povrchů železných kovů. Prostředek je vodou ředitelný.

Použití:

- ruční čištění
- namáčecí vany
- ultrazvukové vany
- postřik vysokotlaký
- postřik nízkotlaký

*Tabulka 3: Vlastnosti přípravku A*

Způsob ředění	2% - 5%
Teplota	20° - 90°C – Strojní mytí
	25°C – ruční mytí
Ochrana proti korozi	Obsahuje inhibitor koroze
pH (1% roztok)	13

### 5.2.4 Odmašťovací přípravek B

Tekutý odmašťovací a čistící přípravek vhodný pro odmašťování oceli, litiny, hliníku a jeho slitin, mědi a jejích slitin. Přípravek je použitelný i pro čištění lakovaných povrchů, doporučuje se však provést test na snášenlivost (s ohledem na rozdílné kvality nátěrových hmot). Přípravek obsahuje účinné nízkopěňivé tenzidy.

Přípravek je směs anorganických sloučenin a neionogenních tenzidů s dobrou biologickou rozložitelností. Vzhledem je to nahnědlá až hnědá kapalina.

Použití:

- ruční čištění
- namáčecí vany
- ultrazvukové vany
- postřik vysokotlaký
- postřik nízkotlaký

*Tabulka 4: Vlastnosti přípravku B*

Způsob ředění	5%
Teplota	50° - 85°C – ponor
	40° - 85°C – postřik
	40° - 80°C – ultrazvuk
	40° - 75°C – tlakové mytí
pH	9 - 10

### 5.2.5 Odmašťovací přípravek C

Kapalný vodou ředitelný odmašťovací prostředek s přechodnou ochranou proti korozi vhodný pro železo a ocel. Prostředek je vhodný také pro omílání.

Použití:

- ruční čištění
- namáčecí vany
- ultrazvukové vany
- postřik vysokotlaký
- postřik nízkotlaký

*Tabulka 5: Vlastnosti přípravku C*

Způsob ředění	1% - 4%
Teplota	40° - 80°C
Ochrana proti korozi	Obsahuje inhibitor koroze
pH	10 - 12

### 5.2.6 Odmašťovací přípravek D

Alkalické nepěňivé čisticí na vodní bázi s antikorozi přísadou, které se používá k odstranění olejů, tuků a zbytků na bílkovinné bázi z většiny povrchů.

Použití:

- ruční čištění
- namáčecí vany
- ultrazvukové vany
- postřik vysokotlaký
- postřik nízkotlaký

*Tabulka 6: Vlastnosti přípravku D*

Způsob ředění	5%
Teplota	20° - 90°C
Ochrana proti korozi	Obsahuje inhibitor koroze
pH	12



### 5.2.7 Odmašťovací přípravek E

K tomuto přípravku nebyly dodány žádné upřesňující informace. Pouze byla určena vhodná koncentrace 5% a použití při 20°C.

### 5.2.8 Odmašťovací přípravek F

Jemně alkalický čisticí prostředek s krátkodobou antikorozi ochranou pro současné praní hliníku a ocelových dílů. Je vhodný pro čištění ocelových, litinových i hliníkových dílů po opracování vrtacími a řeznými oleji. Díly se po čištění neoplachují nebo se použije oplach s přídavkem tohoto produktu. Po usušení vykazují příslušné díly antikorozi ochranu a jsou beze skvrn. Po vypuštění lázně je systém chráněn proti korozi.

Použití:

- ruční čištění
- namáčecí vany
- ultrazvukové vany
- postřik vysokotlaký
- postřik nízkotlaký

*Tabulka 7: Vlastnosti přípravku F*

Způsob ředění	2-5 % ocelové a litinové díly
	1-3 % hliníkové díly
Teplota	60° - 90°C
Ochrana proti korozi	Obsahuje inhibitor koroze
pH	11,8

### 5.2.9 Odmašťovací přípravek G

Pevný alkalický odmašťovací přípravek s výhodnými ekologickými vlastnostmi, určený pro odmašťování a čištění předmětů z oceli a barevných kovů ponorem, elektrolyticky a pomocí ultrazvuku ve strojírenském a spotřebním průmyslu. Prostředek má vzhledem k použitým účinným tenzidům výborný odmašťovací účinek. Anodický odmašťovací cyklus zajišťuje mimo dokonalé odmaštění také mikroskopické zdrsnění

a aktivaci povrchu odmašťovaného dílce. Tím je docíleno dobré přilnavosti následně vyloučených povlaků.

Použití:

- namáčecí vany
- ultrazvukové vany
- elektrolytické odmašťování

*Tabulka 8: Vlastnosti přípravku G*

Způsob ředění (100l lázeň)	1 - 6 kg – ponor
	0,5 - 5 kg – ultrazvuk
	5 - 10 kg - elektrolyt
Teplota	60° - 80°C
pH	12,5 - 13

### 5.2.10 Odmašťovací přípravek H

Vysoce alkalický pevný odmašťovací přípravek určený pro chemické a elektrolytické odmašťování. Prostředek není vhodný pro neželezné kovy. Prostředek vykazuje dobrou vodivost a dlouhou životnost lázně.

Použití:

- namáčecí vany
- ultrazvukové vany
- elektrolytické odmašťování

*Tabulka 9: Vlastnosti přípravku H*

Způsob ředění	3% - 5% – ponor
	3% - 5% – ultrazvuk
	5% - 8% - elektrolyt
Teplota	50° - 80°C
pH	13

## **5.3 Kalibrace zařízení Recognoil**

Kalibrace je založena na detekci nanesené definované vrstvy nečistoty (oleje) na kalibrační vzorek. V rámci experimentální práce byla použita metoda nanášení definované vrstvy oleje vypouštěním. Tato metoda je založena na metodě kvantitativního stanovení zamaštění kovového povrchu, která je uvedena v normě ČSN 03 8215. Tato norma byla již zrušena, avšak metoda nanášení vrstvy vypouštěním se stále používá.

### **5.3.1 Cíl kalibrace**

Cílem kalibrace zařízení je vytvoření kalibrační křivky neboli kalibrační stupnice, která bude popsána matematickou rovnicí. Pomocí této rovnice křivky bude možné pro daný typ zamaštění určit z hodnoty fluorescence nejen kvalitativně, ale i kvantitativně velikost tloušťky mastnoty (např.: v  $\mu\text{m}$ ) na povrchu měřeného vzorku.

### **5.3.2 Příprava nutná pro kalibraci**

Pro kalibraci přístroje na daný olej je nutné zjistit povahu oleje. Nejdříve je nutné zjistit, zda lze daný olej zachytit pomocí metody fluorescence. Pokud to není možné, je nutné do oleje přidat fluorescenční přísady. Toto je velmi omezující v běžných provozech, jelikož vznikají další náklady na přídavné barvivo. Další důležitou vlastností oleje je rozpustnost v některém rozpouštědle např. technickém benzínu. Rozpuštěním určitého množství oleje v technickém benzínu získáme roztok o určité koncentraci, ke které budeme moci přiřadit určitou tloušťku vrstvy oleje.

Pokud olej splňuje tyto požadavky, je možné kalibrovat zařízení. Pro kalibraci je nutné si dále připravit:

1. Kalibrační vzorky

Jako kalibrační vzorky byly použity broušené ocelové plechy o velikosti 152x101,6x0,8 mm opatřené otvorem pro snadnou manipulaci a zavěšení vzorku.

## 2. Nádobu na nanášení vrstvy oleje

K nanášení vrstvy oleje vypouštěcí metodou byla použita nádoba z měděného plechu, opatřená vypouštěcím ventilem u dna nádoby, která je zavěšená na stojanu pomocí upínky.

## 3. Odmašťovací pracoviště

Pro odmašťování vzorků byla použita ultrazvuková vana Kraintek K2 s pracovním objemem až 2,5 l.

## 4. Zařízení Recognoil

Dále bylo také nutné připravit pracoviště pro zařízení Recognoil. Bylo potřeba prostoru pro odložení zařízení a ovládacího tabletu. Také bylo potřeba připravit místo pro měření vzorků. Pro tyto účely byla vytvořena polystyrenová deska se 4 hroty, na které se vzorek položil tak, aby se co nejméně porušila vrstva nečistoty.

## 5. Potřebné látky

Jedná se o technický benzín a měřený olej Martol EP-180. Směs obou látek bylo nutné připravit do uzavíratelné nádoby, aby se zamezilo vytékávání technického benzínu.

## 6. Laboratorní nádoby

Pro dosažení přesné koncentrace bylo potřeba kádinek a odměrných válců. Dále byla použita větší nádoba na demi vodu, ve které probíhal oplach.

## 7. Laboratorní váhy

Pro vážení vzorků jsou potřeba velmi přesné laboratorní váhy. Váhy OHAUS Explorer Pro slouží k předvážení vzorků a Váhy Mettler H64 slouží k přesnému vážení. Tyto váhy váží s přesností 0,00001 g a mají rozsah měření až 160 g.

## 8. Horkovzdušná pistole

Horkovzdušná pistole je nutná k vysoušení vzorků, aby vyčištěný povrch nezačal korodovat.

### 5.3.3 Přesný postup kalibrace

#### 1. Odmaštění vzorků

Každý vzorek musí být odmaštěn před nanesením vrstvy oleje. Vzorky byly odmašťovány v ultrazvukové vaně Kraintek K2 při teplotě 60°C po dobu 5 minut. Poté byl vzorek opláchnut v demi vodě.

#### 2. Vysoušení vzorků

Vysoušení vzorků je nutné ihned po oplachu, aby na vzorku nezačala vznikat koroze za působení vody a vzduchu.

#### 3. Zvážení čistého vzorku

Každý vzorek se nejdříve vážil na vahách OHAUS Explorer Pro. Poté se příslušná hodnota nastavila na vahách Mettler H64 a vzorek se zvážil. Každý vzorek se vážil 3x a z výsledných hodnot se stanovil aritmetický průměr.

#### 4. Nanesení vrstvy oleje

Nanášení oleje se provádělo v předem připravené nádobě, která byla upnutá na stojanu. Do nádoby se nalila směs oleje a technického benzínu o dané koncentraci. Kvůli velikosti vzorku musela být nádoba téměř plná. Poté se vložil vzorek, který byl zavěšený na zahnutém drátu tak, aby se nedotýkal stěn ani dna, a aby byl celý ponořen. Vzorek byl ponořen ve směsi 1 minutu a poté se otevřel vypouštěcí ventil do zvolené polohy asi 45°, aby byla zajištěna vždy stejná vypouštěcí rychlost. Klesající hladina směsi nechala na povrchu vzorku vrstvu oleje a technického benzínu.

#### 5. Vysoušení

Po nanesení vrstvy se vzorek ihned položil do horizontální polohy na předem připravené místo. Tím byla podložka se 4 hroty. Vysoušení probíhalo pouze na vzduchu po dobu 5 minut, kdy vytěkal všechn benzín, a na vzorku zbyla jen vrstva oleje.

#### 6. Vážení zamaštěného vzorku

Vzorek se opět nejdříve zvážil na vahách OHAUS Explorer Pro a poté se vážil na vahách Mettler H64. Vážení opět probíhalo 3x a z výsledných hodnot se určil aritmetický průměr.

## 7. Změření mastnoty pomocí zařízení Recognoil

Po vážení se vzorek položil na předem připravenou desku se 4 hroty, tak aby byl ve vodorovné poloze. Snímání vzorku probíhalo na 3 místech.

### 5.3.4 Výpočet tloušťky naneseného oleje

#### 1) Výpočet průměrné hmotnosti nezamaštěného i-tého vzorku $m_{i\check{c}}$ [kg]

$$m_{i\check{c}} = (m_{i\check{c}1} + m_{i\check{c}2} + m_{i\check{c}3})/3$$

- ♣  $m_{i\check{c}j}$  je hmotnost i-tého vzorku pro j-té zjišťování hmotnosti, kde  $j=1, 2, 3$

#### 2) Výpočet průměrné hmotnosti zamaštěného i-tého vzorku $m_{iz}$ [kg]

$$m_{iz} = (m_{iz1} + m_{iz2} + m_{iz3})/3$$

- ♣  $m_{izj}$  je hmotnost i-tého vzorku pro j-té zjišťování hmotnosti, kde  $j=1, 2, 3$

#### 3) Výpočet hmotnosti mastnoty ulpělé na i-tém vzorku $m_{i\_oleje}$ [kg]

$$m_{i\_oleje} = m_{iz} - m_{i\check{c}}$$

#### 4) Výpočet definované tloušťky mastnoty i-tého vzorku $t_i$ [μm]

$$V_{i\_oleje} = \frac{m_{i\_oleje}}{\rho_{oleje}} \quad [m^3] = \frac{[kg]}{[kg \cdot m^{-3}]}$$

- ♣  $V_{i\_oleje}$  je objem definované tloušťky mastnoty [ $m^3$ ]
- ♣  $\rho_{i\_oleje}$  je hustota oleje [ $kg \cdot m^{-3}$ ] při teplotě cca 20 °C získaná z bezpečnostních listů oleje dodaného výrobcem nebo výpočtem ze vzorce  $\rho_{oleje} = \frac{m_{i\_oleje}}{V_{i\_oleje}}$ , při známé hmotnosti oleje a při daném objemu.

## 5) Výpočet plochy kalibračního vzorku [mm]

Použitý vzorek není přesného obdélníkového tvaru a jeho tloušťka přesahuje 0,5mm, proto byl pro výpočet plochy vzorku použit software SolidWorks. Vzorek má tedy plochu  $S_{plocha\_vzorku} = 31252,39 \text{ mm}^2$ . Poté se vypočítá průměrná tloušťka vrstvy oleje ulpělého na vzorku takto:

$$t_{vrstva} = \frac{V_{i\_oleje}}{S_{plocha\_vzorku}} \quad [m] = \frac{[m^3]}{[m^2]}$$

kde

- ◆  $V_{i\_oleje}$  [m<sup>3</sup>] je objem ulpělého oleje
- ◆  $S_{plocha\_vzorku}$  [m<sup>2</sup>] je obsah kalibračního vzorku

Z daného výpočtu se určí průměrná tloušťka vrstvy oleje ulpělého na kalibračním vzorku. Doporučuje se přepočítat jednotky z [-] na [μm]. Předpoklad správného výpočtu je rovnoměrně nanesená vrstva oleje, popsána výše, a přesné váhy (přesnost min. na 0,0001 g). [4] [5] [7]

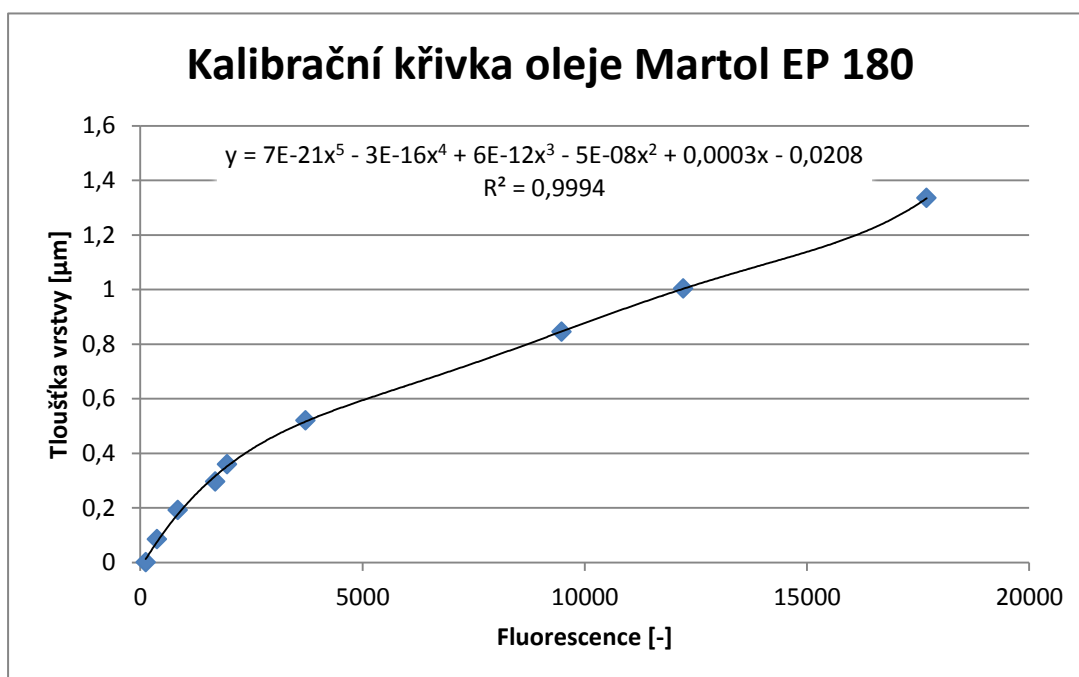
### 5.3.5 Vyhodnocení kalibrace přístroje Recognoil

Při měření i-tého zamaštěného vzorku pomocí zařízení Recognoil se získá snímek s rozdílnou hodnotou fluorescence. Hodnoty fluorescence jsou v rozsahu 0 až 20000. Hodnoty nad 20000 vykazuje pouze silné znečištění povrchu, které je pro přístroj špatně rozeznatelné při standartním nastavení. Při hodnotách nad 20000 již nelze přesně určit tloušťku vrstvy. Hodnota 0 je také pouze teoretická, jelikož žádný povrch není absolutně čistý. Proto je brán povrch jako čistý, pokud vykazuje hodnotu fluorescence nižší než 150.

Kalibrační křivka se určuje ze závislosti hodnoty fluorescence a tloušťky vrstvy, která se přepočítá z hmotnosti vrstvy, pro danou koncentraci. Podle kalibrační křivky lze poté určit hodnotu zbytkového zamaštění po odmašťování. Kalibrační křivka vyšla nejlépe jako exponenciální křivka 4. řádu s koeficientem  $R^2=0,9994$  a rovnicí  $y=7E-21x^5 - 3E-16x^4 + 6E-12x^3 - 5E-08x^2 + 0,0003x - 0,0208$ .

Tabulka 10: Výsledky kalibrace zařízení

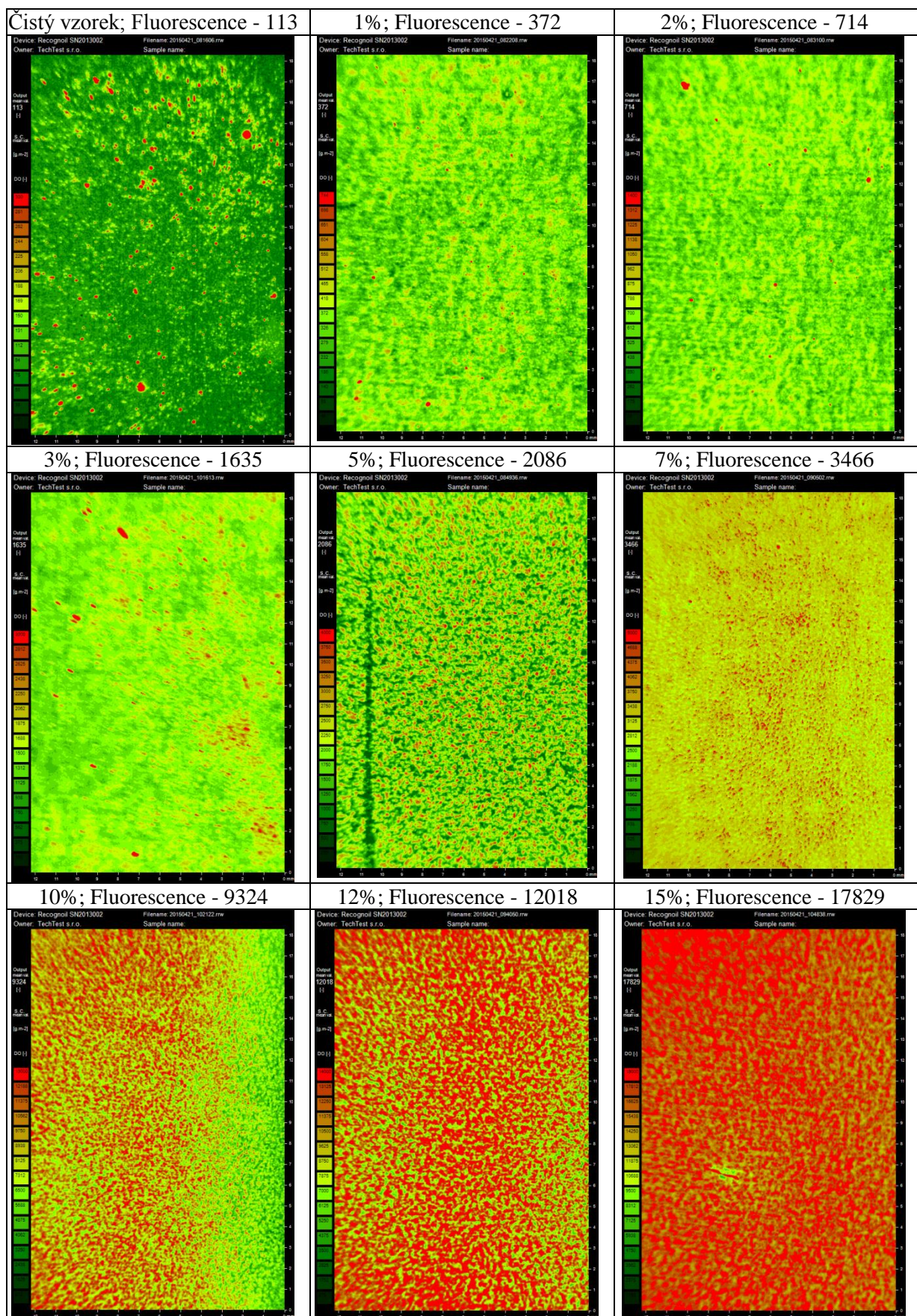
Koncentrace [%]	Hmotnost vrstvy[g]	Fluorescence [-]	Tloušťka vrstvy [μm]
0	0,0000	121,3333	0,0000
1	0,0028	377,0000	0,0849
2	0,0063	841,6667	0,1911
3	0,0097	1686,6667	0,2952
5	0,0118	1954,3333	0,3589
7	0,0171	3716,3333	0,5196
10	0,0279	9477,0000	0,8452
12	0,0331	12213,6667	1,0029
15	0,0440	17691,3333	1,3345



Obrázek 2: Graf kalibrační křivky oleje



Tabulka II: Obrazové výstupy zařízení Recognoil pro jednotlivé koncentrace



## **5.4 METODIKA HODNOCENÍ ÚČINNOSTI ODMAŠŤOVÁNÍ**

Metodika hodnocení účinnosti odmašťovacích prostředků vychází z kalibrace zařízení Recognoil. To znamená, že účinnost odmašťovacích prostředků se hodnotí jak pomocí hmotnostní metody, tak pomocí metody fluorescenční.

### **5.4.1 Příprava před měřením**

Příprava před každým měřením probíhá následovně:

#### 1) Příprava vzorků

Jedná se o vzorky Qpanel. Vzorky se musí nejdříve odmastit, proto se ponoří na 5 minut do ultrazvukové odmašťovací vany. Poté se opláchnou v destilované vodě a usuší pomocí horkovzdušné pistole.

#### 2) Příprava oleje

K přípravě oleje je potřeba litrová uzavíratelná nádoba, odměrné kádinky, technický benzín a olej. Do nádoby se naleje 870 ml technického benzínu a 130 ml oleje, tím se získá 13% směs. Tato směs se poté řádně promíchá.

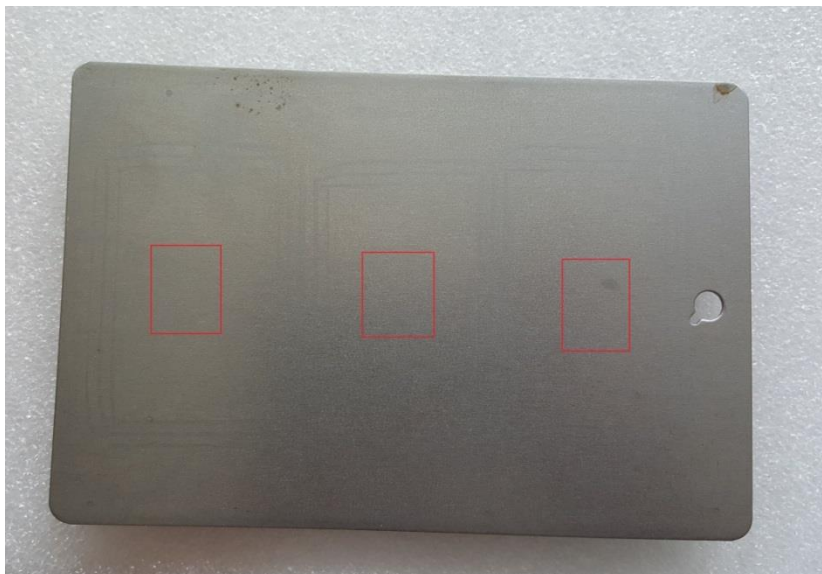
#### 3) Nanesení oleje

Olej se nanáší pomocí vypouštěcí metody. Vzorek se zavěsí na ohnutý drát a vloží se do nádoby. Poté se naleje směs oleje a benzínu. Po jedné minutě se vypouštěcí ventil otočí do polohy 45° a směs se vypustí do nádoby, která se z důvodu vytěkávání technického benzínu musí ihned uzavřít. Vzorek se poté položí na předem připravený stojánek a nechá se uschnout.

#### 4) Měření vzorků

Vzorek se po uschnutí vloží do vah na předem připravenou podložku. Nejprve se váží na váhách OHAUS Explorer Pro a poté se přesně zváží na vahách Mettler H64, a to třikrát. Po vážení se vzorek položí na další podložku, kde se změří fluorescence pomocí zařízení Recognoil. Fluorescence se změří na 3 různých místech na vzorku.





*Obrázek 3: Způsob snímání vzorku*

### 5) Příprava lázně

Příprava lázně probíhá pro každou metodu odmašťování odlišně a bude popsána v následujících kapitolách.

Dále následuje odmaštění vzorků a měření vzorků, které bude popsáno v následujících kapitolách.

#### **5.4.2 Nepřesnosti metody**

Nepřesnosti se mohou vyskytnout jak při nanášení oleje, tak při měření účinnosti odmašťovacích prostředků. Při nanášení oleje pomocí metody vypouštění dochází k největším nepřesnostem. Hlavním důvodem je různá rychlost klesající hladiny a tím i odlišné ulpívání oleje na vzorku. Dalším důvodem je rozdílná drsnost obou stran vzorku. Drsnost povrchu má také vliv na ulpívání nečistot na povrchu.

Nepřesnosti mohou vznikat také při měření. Tyto nepřesnosti vznikají z důvodu měření fluorescence pouze na jedné straně. Jelikož mají vzorky odlišnou drsnost povrchu na obou stranách, může proto dojít i k různému stupni odmaštění na každé straně. Toto může způsobit větší rozdíl hmotnosti mezi zamaštěným a odmaštěným vzorkem, ale při měření fluorescence na straně s větší drsností nemusí být tolik znatelný. Proto je nutné brát tyto chyby v úvahu při vyhodnocování účinnosti odmašťovacích prostředků.

## 5.5 Odmaštění ponorem

Odmašťování ponorem je jednou z nejjednodušších možností jak odmašťovat předměty. Běžně se používají velké ponorové vany s regulací teploty a filtrací lázně.

Pro odmašťování ponorem byla použita nádoba s objemem 7 l. Do této nádoby se nalilo 5 l vody a odpovídající množství odmašťovacího prostředku, aby bylo dosaženo potřebné koncentrace. Pro urychlení ohřátí lázně se do nádoby nalilo 2,5 l studené vody (20°C) a 2,5 l horké vody (100°C), která se předem ohřála v rychlovarné konvici, a tak vznikla voda o teplotě 60°C. Do této vody se poté nalil odmašťovací prostředek. Pouze prostředek E byl přidán do studené vody, protože jeho použití je možné již při 20°C.

Nádoba s lázní byla poté umístěna na magnetické míchadlo s ohřevem Witeg, které udržovalo teplotu lázně. Lázeň se během měření měnila vždy dvakrát. V první lázni bylo odmašťováno 5 vzorků a v druhé lázni 3 vzorky.

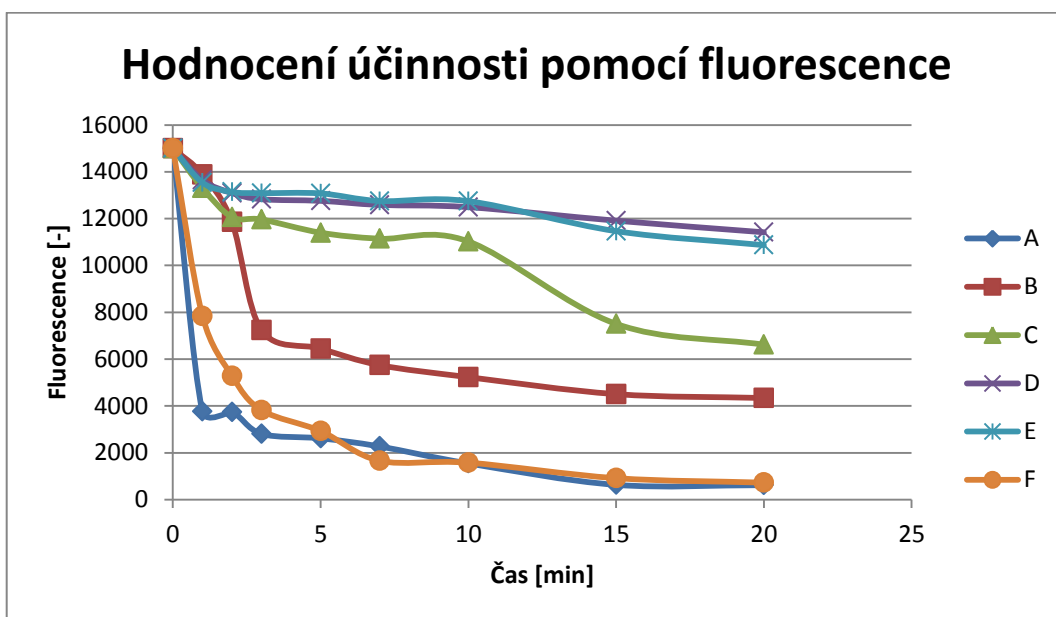
Jelikož nebylo vždy dosaženo naprosto stejného zamaštění, byla zvolena jako výchozí hodnota fluorescence hodnota 15000.

*Tabulka 12: Vstupní hodnoty pro odmašťování ponorem*

Vzorek	Koncentrace [%]	Teplota [°C]
A	3,5	60
B	5	60
C	2,5	60
D	5	60
E	5	20
F	3,5	60

Tabulka 13: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování

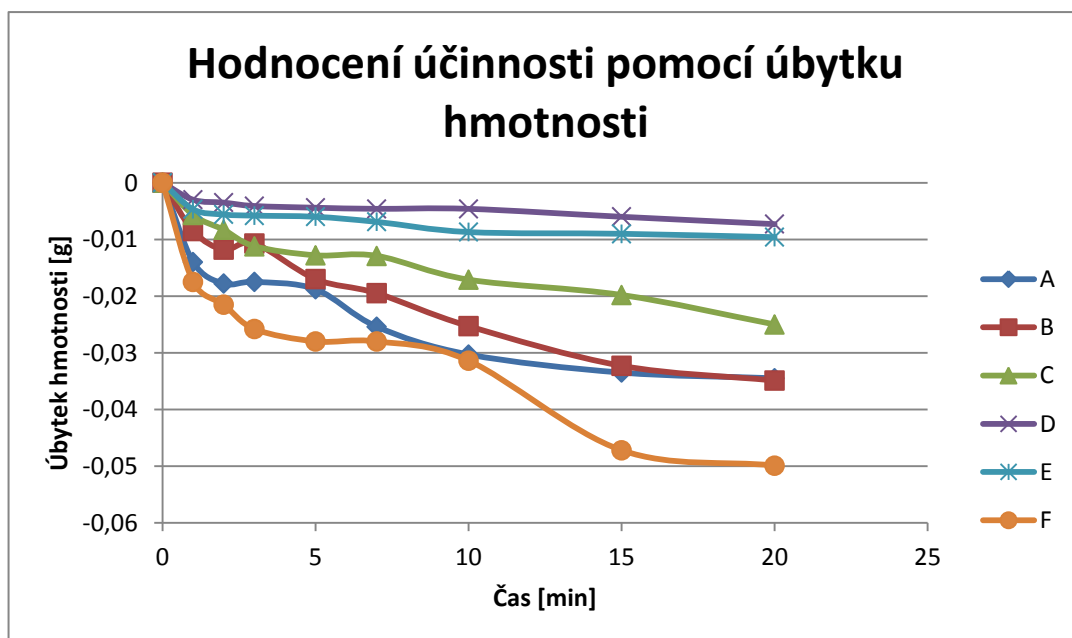
Čas [min]	A	B	C	D	E	F
1	3768,67	13889	13308,67	13649	13541	7845,33
2	3740,67	11854	12064,33	13090,67	13140,67	5286,33
3	2807	7236	11965	12829,33	13090,67	3821
5	2616,33	6447,33	11399,67	12760	13077,67	2927
7	2268,67	5743,33	11141,67	12587	12752,67	1658,67
10	1545,67	5230,67	11027,33	12490,67	12747	1576,33
15	629,67	4504,33	7505,33	11912,67	11465,67	915,67
20	617,33	4339,67	6617,33	11417,67	10870,33	724,33



Obrázek 4: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování

Tabulka 14: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování

Čas [min]	A	B	C	D	E	F
1	-0,0140	-0,0085	-0,0057	-0,0030	-0,0047	-0,0175
2	-0,0178	-0,0118	-0,0083	-0,0035	-0,0056	-0,0215
3	-0,0175	-0,0107	-0,0112	-0,0041	-0,0058	-0,0258
5	-0,0188	-0,0170	-0,0128	-0,0044	-0,0060	-0,0280
7	-0,0254	-0,0195	-0,0129	-0,0046	-0,0069	-0,0280
10	-0,0303	-0,0253	-0,0171	-0,0046	-0,0087	-0,0314
15	-0,0335	-0,0323	-0,0198	-0,0060	-0,0090	-0,0472
20	-0,0345	-0,0349	-0,0250	-0,0073	-0,0096	-0,0499



Obrázek 5: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování

### Závěr odmaštění ponorem

Odmašťování ponorem není příliš účinnou metodou. Při tomto způsobu odmašťování vše závisí především na chemickém složení daného prostředku. Z naměřených hodnot lze vyčíst, že nejlépe odmašťují prostředky A a F. Avšak ani tyto prostředky neodmastí vzorek úplně. I po 20 minutách lze naměřit menší zbytky oleje na povrchu. Z tohoto lze usoudit, že odmašťování ponorem bez mechanických a jiných vlivů je nejméně účinným způsobem odmašťování.

## 5.6 Odmaštění ponorem s mícháním

Odmašťování ponorem s mícháním je další jednoduchou možností jak odmašťovat předměty. Odmašťování ponorem s mícháním bylo zvoleno z důvodu absence postřikového zařízení a také z důvodu určení mechanického vlivu na účinnost odmašťování.

Pro odmašťování ponorem s mícháním byla znovu použita nádoba s objemem 7 l. Do této nádoby se nalilo 5 l vody a odpovídající množství odmašťovacího prostředku, aby bylo dosaženo potřebné koncentrace. Pro urychlení ohřátí lázně se do nádoby nalilo 2,5 l studené vody (20°C) a 2,5 l horké vody (100°C), která se předem ohřála v rychlovarné konvici, a tak vznikla voda o teplotě 60°C. Do této vody se poté nalil odmašťovací prostředek. Pouze prostředek E byl přidán do studené vody, protože jeho použití je možné již při 20°C.

Nádoba s lázní byla poté umístěna na magnetické míchadlo s ohřevem Witeg, které udržovalo teplotu lázně. Do této nádoby se vložilo magnetické míchadlo. Otáčky byly nastaveny na 1000 ot.min<sup>-1</sup>. Lázeň se během měření měnila vždy dvakrát. V první lázni bylo odmaštěno 5 vzorků a v druhé lázni 3 vzorky.

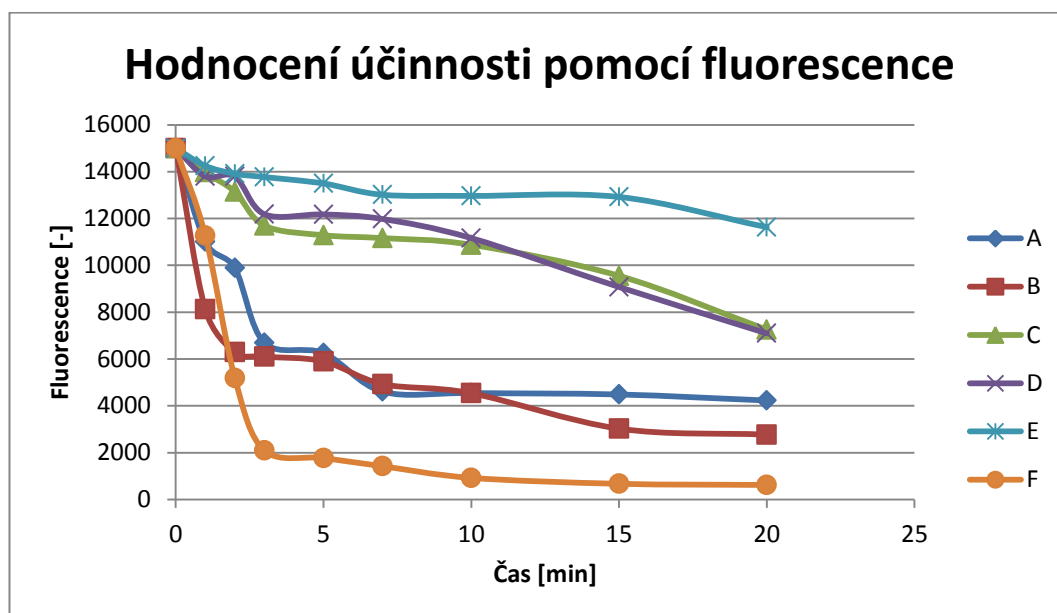
Jelikož nebylo vždy dosaženo naprosto stejného zamaštění, byla zvolena jako výchozí hodnota fluorescence hodnota 15000.

*Tabulka 15: Vstupní hodnoty pro odmašťování ponorem s mícháním*

Vzorek	Koncentrace [%]	Teplota [°C]
A	3,5	60
B	5	60
C	2,5	60
D	5	60
E	5	20
F	3,5	60

Tabulka 16: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování

Čas [min]	A	B	C	D	E	F
1	11010,33	8119,67	13977,33	13805	14251,67	11272,67
2	9883,67	6295,67	13144,33	13794	13911,67	5183,33
3	6693	6104	11696	12181	13772	2097
5	6253	5898,33	11287,33	12175	13497	1769
7	4606,67	4927,33	11162,33	11979	13014,67	1420
10	4546	4538	10879	11164	12967	922
15	4484,67	3024,67	9552,33	9075,67	12920,33	669,33
20	4228	2769,67	7252	7094,33	11632,33	619

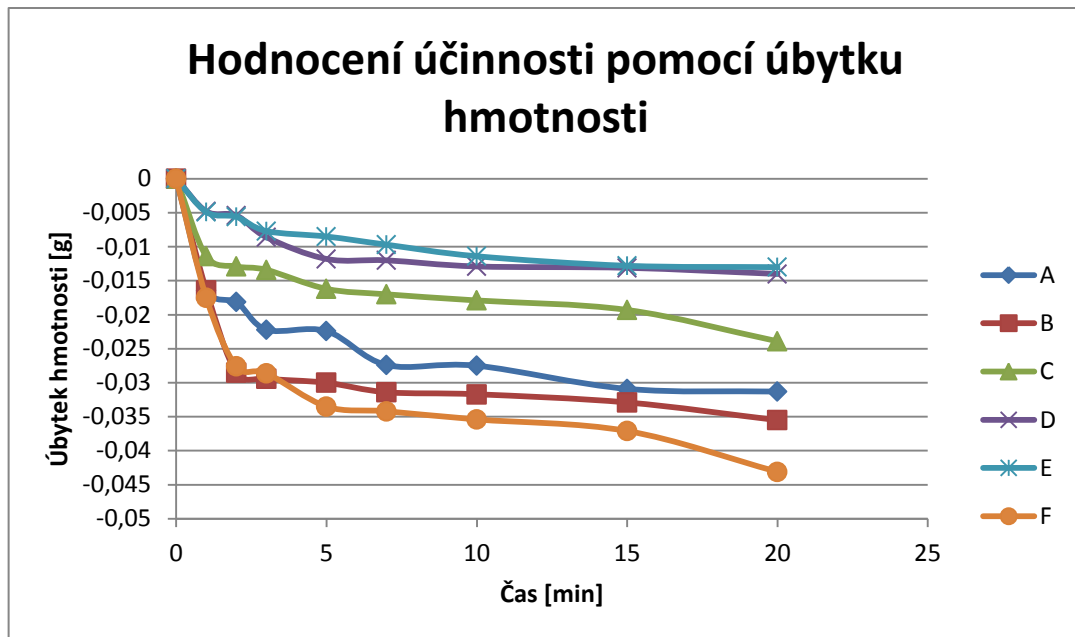


Obrázek 6: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování

Tabulka 17: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování

Čas [min]	A	B	C	D	E	F
1	-0,0164	-0,0164	-0,0114	-0,0048	-0,0049	-0,0175
2	-0,0181	-0,0285	-0,0129	-0,0054	-0,0056	-0,0276
3	-0,0222	-0,0294	-0,0134	-0,0086	-0,0077	-0,0286
5	-0,0224	-0,0300	-0,0162	-0,0118	-0,0085	-0,0335
7	-0,0274	-0,0314	-0,0170	-0,0120	-0,0097	-0,0342
10	-0,0275	-0,0317	-0,0179	-0,0129	-0,0114	-0,0354
15	-0,0309	-0,0329	-0,0193	-0,0131	-0,0128	-0,0371
20	-0,0313	-0,0355	-0,0239	-0,0140	-0,0130	-0,0431





*Obrázek 7: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování*

#### Závěr odmaštění ponorem s mícháním

Odmašťování ponorem s mícháním opět není příliš účinnou metodou. V porovnání s předchozím měřením odmašťování ponorem však lze vidět účinky mechanického míchání. Z naměřených hodnot lze vyčíst, že nejlépe odmašťují prostředky B a F. Avšak ani tyto prostředky neodmaští vzorek úplně. I po 20 minutách lze naměřit menší zbytky oleje na povrchu. Z tohoto lze usoudit, že odmašťování ponorem bez mechanických a jiných vlivů je nejméně účinným způsobem odmašťování.

## 5.7 Odmaštění ultrazvukem

Odmašťování ultrazvukem je velmi účinným způsobem jak odmašťovat předměty. Při odmašťování ultrazvukem se využívá především mechanického vlivu ultrazvukových vln.

Pro odmašťování ultrazvukem byla použita ultrazvuková odmašťovací vana Kraintek K2 s objemem 2,5 l. Do této vany se nalily 2 l vody a odpovídající množství odmašťovacího prostředku, aby bylo dosaženo potřebné koncentrace. Poté se voda nechala ohřát na 60°C a spustil se program Degas, který lázeň promíchal a pročistil. Pouze prostředek E se nalil do studené vody o teplotě 20°C. Lázeň se během měření měnila vždy dvakrát. V první lázni bylo odmašťováno 5 vzorků a v druhé lázni 3 vzorky.

Pro toto měření byla zvolena větší koncentrace oleje a to 15%. Tato koncentrace byla zvolena z důvodu vysoké účinnosti ultrazvukového odmašťování.

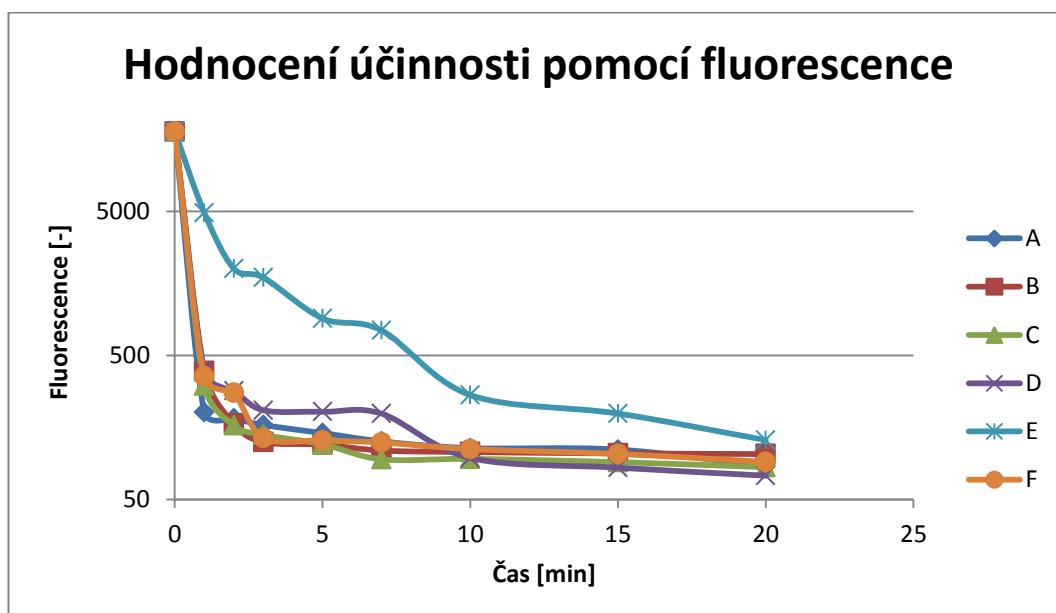
Jelikož nebylo vždy dosaženo naprosto stejného zamaštění, byla zvolena jako výchozí hodnota fluorescence hodnota 18000.

*Tabulka 18: Vstupní hodnoty pro odmašťování ultrazvukem*

Vzorek	Koncentrace [%]	Teplota [°C]
A	3,5	60
B	5	60
C	2,5	60
D	5	60
E	5	20
F	3,5	60

Tabulka 19: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování

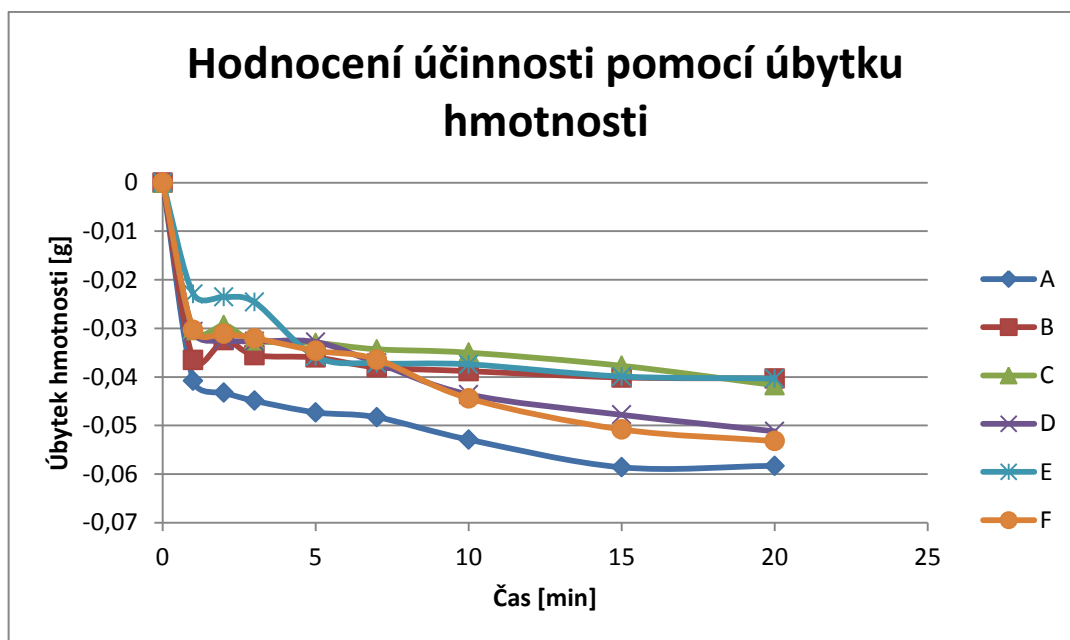
Čas [min]	A	B	C	D	E	F
1	201,66	389,66	308,66	389,66	4896,67	357
2	182,66	168,8	163,66	284,66	2008,33	275
3	164,33	125,33	140,8	208,33	1739	134,07
5	144,66	120,33	120,96	203,33	905,66	128,33
7	126,66	109,33	95	197,33	746	124,33
10	113,66	106,73	95,66	97	265,66	112
15	111	104,43	90,8	83,13	197,56	103,53
20	85,07	103,36	83,76	73,13	129,36	91,1



Obrázek 8: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování (log. měřítko)

Tabulka 20: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování

Čas [min]	A	B	C	D	E	F
1	-0,0408	-0,0365	-0,0304	-0,0306	-0,0229	-0,0303
2	-0,0432	-0,0324	-0,0293	-0,0324	-0,0235	-0,0311
3	-0,0449	-0,0355	-0,0325	-0,0327	-0,0246	-0,0320
5	-0,0473	-0,0360	-0,0330	-0,0328	-0,0358	-0,0346
7	-0,0483	-0,0380	-0,0343	-0,0371	-0,0372	-0,0364
10	-0,0529	-0,0388	-0,0350	-0,0436	-0,0374	-0,0444
15	-0,0586	-0,0401	-0,0377	-0,0478	-0,0399	-0,0508
20	-0,0583	-0,0403	-0,0417	-0,0512	-0,0403	-0,0532



*Obrázek 9: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování*

### Závěr odmašťování ultrazvukem

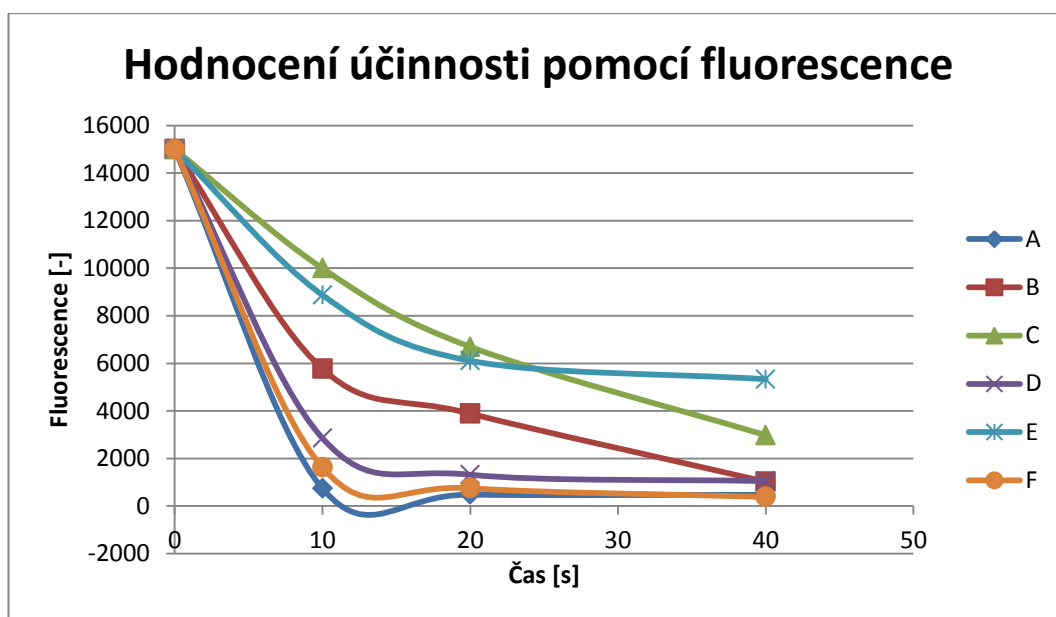
Odmašťování ultrazvukem je velmi účinnou metodou. Z naměřených hodnot lze vyčíst, že nejlépe odmašťují prostředky A a F. Tyto prostředky odmastí vzorek již po 3 minutách. Z naměřených hodnot také vyplívá, že rozdíl po jedné minutě je dost velký. Proto byla potřeba ještě změřit účinnost prostředků v časech kratších než 1 minuta.

## 5.8 Odmaštění ultrazvukem do 1 minuty

Odmašťování ultrazvukem v kratším čase bylo provedeno za stejných podmínek jako předchozí odmašťování ultrazvukem. Pouze byl použit olej v koncentraci nižší, a to 13%.

Tabulka 21: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování

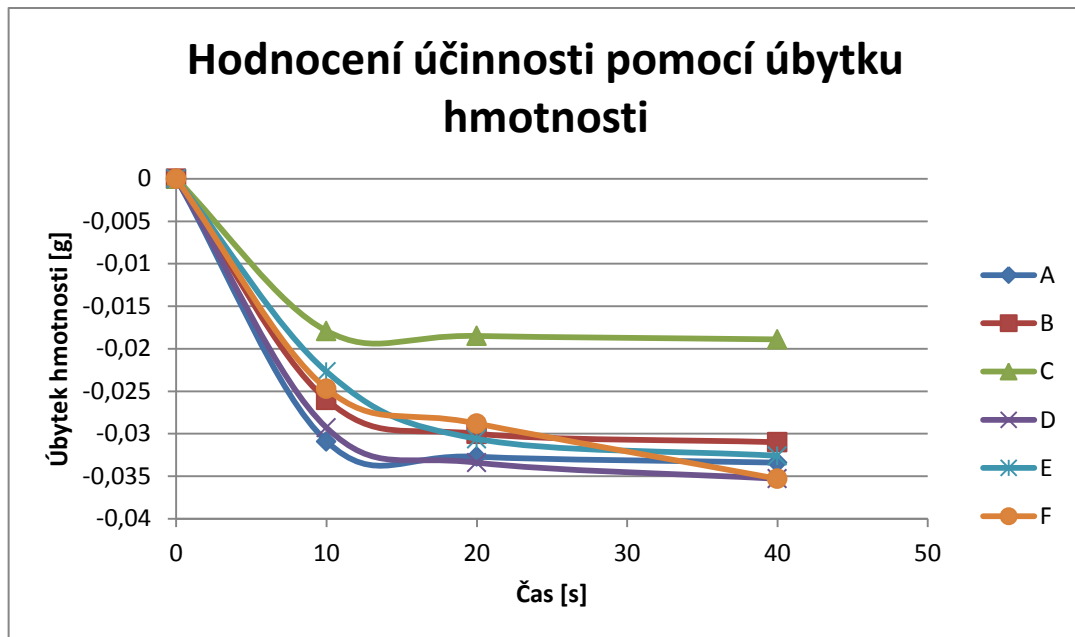
Čas [s]	A	B	C	D	E	F
10	734,33	5766	9993	2851,66	8870	1620,66
20	478,66	3889	6693,66	1317,66	6108	748,33
40	471	1020,66	2976	1047,33	5333,66	381,66



Obrázek 10: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování

Tabulka 22: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování

Čas [s]	A	B	C	D	E	F
10	-0,0309	-0,0260	-0,0179	-0,0293	-0,0227	-0,0247
20	-0,0327	-0,0300	-0,0185	-0,0334	-0,0306	-0,0288
40	-0,0334	-0,0310	-0,0189	-0,0353	-0,0326	-0,0353



*Obrázek 11: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování*

#### **Závěr odmašťování ultrazvukem**

Z tohoto měření je vidět, že ultrazvukové odmašťování je velice účinné u některých prostředků i v časech kratších než 1 minuta. Avšak je nutné odmašťovat déle pro dosažení úplné čistoty povrchu

## 5.9 Elektrolytické odmaštění

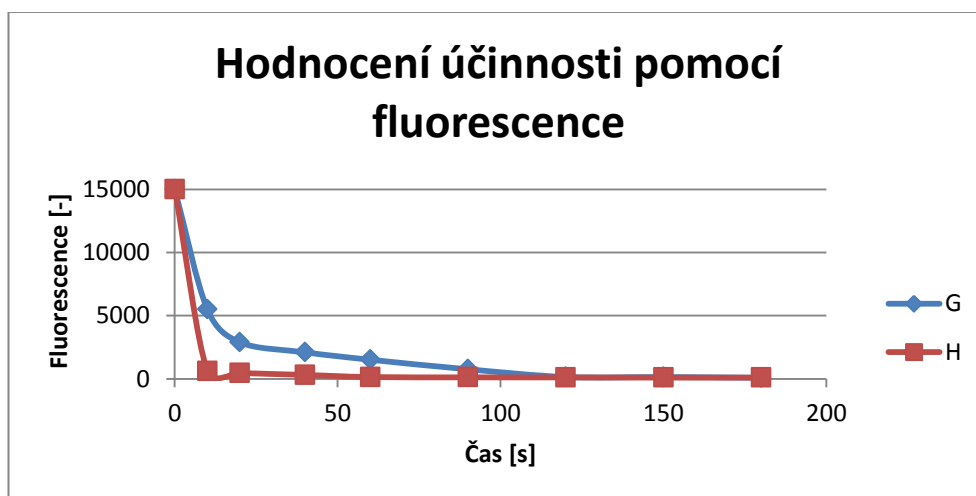
Elektrolytické odmašťování je velmi účinné, proto měření probíhalo v kratších časových intervalech až do 3 minut.

Elektrolytické odmašťování probíhalo ve vaně s objemem 100 l. Do této vany se nejdříve nalilo asi 90 l destilované vody tak, aby se zaplnila všechna zařízení. Poté se voda nechala zahřát na 40°C. Tato teplota je uvedena jako vhodná pro nasypání u obou odmašťovacích prostředků. Poté se lázeň doplnila ještě vodou, postupně míchala a nechala zahřát na 60°C. Po zahřátí se nasadily elektrody a zapnula se elektřina. Plocha vzorku je 3,12 dm<sup>2</sup>, proto byl zvolen proud 30A, aby bylo dosaženo proudové hustoty 10 A.dm<sup>-2</sup>. Vstupní napětí bylo 8 V a vzorky byly zapojeny v anodickém cyklu.

Vzorky se vkládaly do lázně jednotlivě. Vždy po zapojení vzorku se ihned zapnul proud a po vyjmutí se ihned vypnul. Oba odmašťovací prostředky se použily v koncentraci 5% a při teplotě 60°C.

Tabulka 23: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování

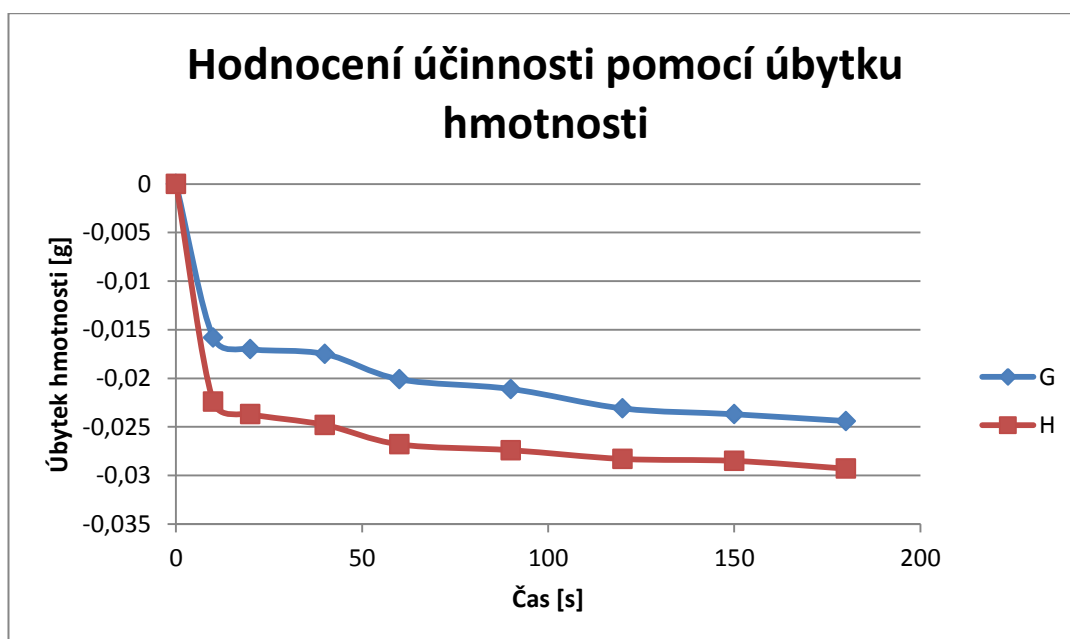
Čas [s]	G	H
10	5514,33	612,67
20	2894,33	467,33
40	2101,33	314,00
60	1515,67	144,67
90	761,00	122,00
120	149,33	116,27
150	147,33	101,63
180	87,27	101,27



Obrázek 12: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování

*Tabulka 24: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování*

Čas [s]	G	H
10	-0,0158	-0,0224
20	-0,0170	-0,0237
40	-0,0175	-0,0248
60	-0,0201	-0,0268
90	-0,0211	-0,0274
120	-0,0231	-0,0283
150	-0,0237	-0,0285
180	-0,0244	-0,0293



*Obrázek 13: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování*

### Závěr elektrolytického odmašťování

Elektrolytické odmašťování je velmi účinné. Je to dáno především mechanickým účinkem bublinek vznikajících plynů.



## 5.10 Odmaštění v technickém benzínu

Odmašťování technickým benzínem je v praxi velmi využívané. Je to velmi jednoduchá, dostupná a levná metoda.

Pro odmašťování v technickém benzínu byla znovu použita nádoba s objemem 7 l. Do této nádoby se nalilo 5 l technického benzínu. Poté se postupně vkládaly zamaštěné vzorky. Odmašťování probíhalo pouze ponorem.

*Tabulka 25: Výsledná intenzita fluorescence a úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování*

Čas [min]	Fluorescence [-]	$\Delta$ hmotnosti [g]
1	449,00	-0,0173
2	448,33	-0,0278
3	415,67	-0,0295
5	380,67	-0,0300
7	355,67	-0,0303
10	214,33	-0,0327
15	188,67	-0,0331
20	151,33	-0,0345

### Závěr odmaštění v technickém benzínu

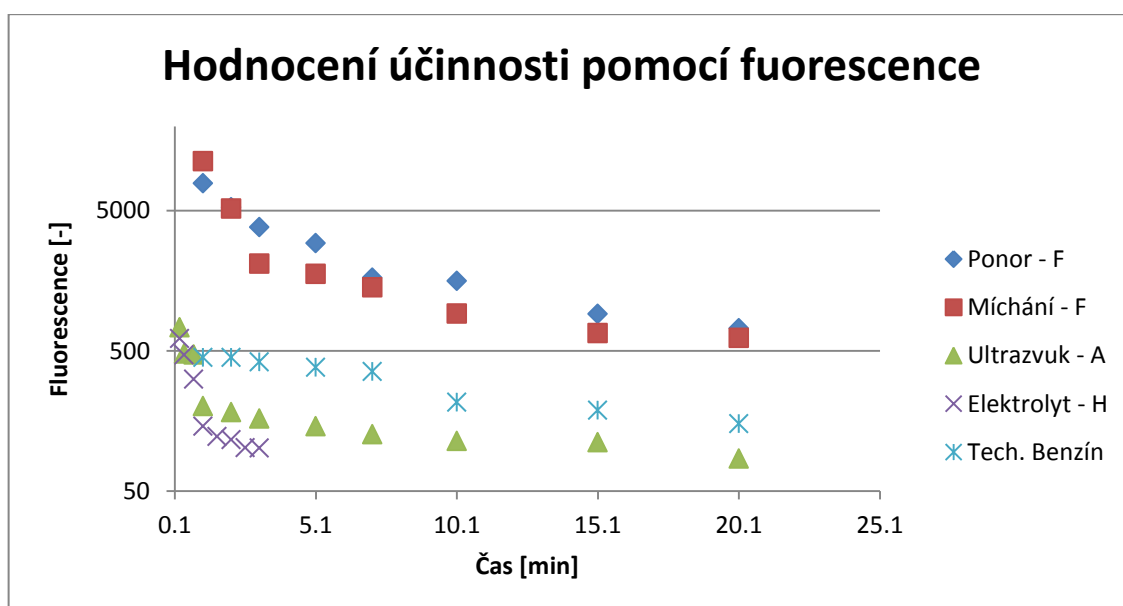
Odmašťování technickým benzínem je přiměřeně účinnou metodou. Pro dosažení úplné čistoty je však nutné nechat působit technický benzín delší dobu. Při kratších časech technický benzín povrch odmastí, ale zanechá na něm slabý film z technického benzínu a zbytku nečistot. Grafické vyhodnocení odmaštění v technickém benzínu je uvedeno v porovnání všech metod odmašťování, použitých v této práci.

## 5.11 Porovnání účinnosti metod odmašťování

Pro porovnání jednotlivých metod odmašťování byly vybrány vždy neúčinnější přípravky z jednotlivých metod. Pro porovnání bylo přidáno i odmaštění v technickém benzínu.

Tabulka 26: Porovnání metod pomocí výsledné hodnoty intenzity fluorescence

Čas [min]	Ponor - F	Míchání - F	Ultrazvuk - A	Elektrolyt - H	Tech. benzín
1/6	x	x	734,33	612,67	x
1/3	x	x	478,66	467,33	x
2/3	x	x	471	314,00	x
1	7845,33	11272,67	201,66	144,67	449,00
1,5	x	x	x	122,00	x
2	5286,33	5183,33	182,66	116,27	448,33
2,5	x	x	x	101,63	x
3	3821	2097	164,33	101,27	415,67
5	2927	1769	144,66	x	380,67
7	1658,66	1420	126,66	x	355,67
10	1576,33	922	113,66	x	214,33
15	915,66	669,33	111	x	188,67
20	724,33	619	85,066	x	151,33



Obrázek 14: Graf porovnání metod pomocí intenzity fluorescence (logaritmické měřítko)

### Závěr porovnání účinnosti metod odmašťování

Z těchto hodnot lze vyčíst, že neúčinnější je elektrolytické odmaštění. Celkové zhodnocení je uvedeno v závěru práce.

## 6 Technicko-ekonomické zhodnocení

V současné době je na trhu zastoupena řada výrobců, kteří nabízejí různé odmašťovací přípravky. Všechny odmašťovací přípravky mají označení jako optimální. Ideální odmašťovací přípravek neexistuje. Vhodnost přípravku ovlivňuje mnoho faktorů, které se musí specifikovat před aplikací a volbou odmašťovacího přípravku. Volba vhodného odmašťovacího přípravku musí vycházet z podmínek a možností daného pracoviště a použití vhodné technologie odmašťování.

Pro kontrolu čistoty povrchu lze využít zařízení Recognoil, které snímá povrch v reálném čase a tím i kontroluje stupeň odmaštění. Pomocí tohoto zařízení lze detekovat včas chybu odmaštění a zamezit dalším škodám. Průběžnou kontrolou odmaštění lze také optimalizovat celý proces odmaštění a tím i prodloužit životnost lázně. Prodloužením životnosti lázně se dají podstatně snížit celkové náklady.

Účinnost odmašťovacích přípravků je vždy podmíněna vhodným výběrem a použitím přípravku. Ne vždy vyšší cena znamená vyšší účinnost. Z ekonomického hlediska je nejvýhodnější co nejdelší životnost lázně a co nejvyšší účinnost prostředku. Z tohoto hlediska se jeví jako neoptimálnější elektrolytické odmašťování, které je neúčinnější. Má také velkou životnost lázně, díky velkému objemu lázně a cirkulaci lázně. Při elektrolytickém odmašťování je vhodné filtrovat nečistoty. To se provádí přestřikováním hladiny.

Nejlevnější metodou je odmašťování v technickém benzínu, které má také velikou účinnost. Jednoduchá je také aplikace, která se provádí ponorem nebo ručně. Při ručním použití je účinnost nižší, kvůli možnému rozetření nečistot nebo nechtěnému nanesení dalších nečistot.

## **7 Závěr**

Tato bakalářská práce byla primárně zaměřena na porovnání účinnosti odmašťovacích prostředků a technologií pomocí hmotnostní metody a metody fluorescence. Dále byla tato práce zaměřena na použití zařízení Recognoil.

Při kalibraci zařízení Recognoil byla ověřena jeho schopnost detekovat nečistoty. V porovnání s hmotnostní metodou a výpočtem tloušťky vrstvy je zařízení schopné určit přesné množství zbytkových nečistot. Těchto poznatků bylo využito při kontrole odmaštění pomocí zařízení Recognoil.

Z celkového porovnání účinnosti technologií odmašťování vyšlo nejlépe elektrolytické odmašťování, které dosáhlo čistoty povrchu ve velmi krátkém čase. Je to dáno především mechanickým účinkem dané technologie.

Z porovnání všech odmašťovacích prostředků byly nejlepší prostředky A a F. Z prostředků pro elektrolytické odmašťování byl lepší prostředek H. Ostatní prostředky mají také dobrou odmašťovací schopnost, ale nejsou tak rychlé a účinné.

Přínosem této bakalářské práce je jednak ověření použití zařízení Recognoil v procesu odmašťování a jednak nalezení nejúčinnější metody odmašťování a nejúčinnějšího typu prostředku z vybraných prostředků. Tyto poznatky mohou pomoci zlepšit proces odmašťování a tím i celkový proces povrchových úprav.

## 8 Seznam použitých zdrojů

- [1] KREIBICH, Viktor. *Teorie a technologie povrchových úprav*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996. 89 s. ISBN 80-01-01472-X.
- [2] NOVOTNÝ, Jiljí et al. *Technologie I: slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1996. 227 s. ISBN 80-01-01420-7.
- [3] KRAUS, V.: *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni, 2000, 174s. ISBN 80-7082-668-1.
- [4] VOJKOVSKÝ, Karel. *Sledování účinnosti odmašťovacích lázní*. Praha, 2008. Diplomová práce (Ing.). České vysoké učení technické v Praze. Fakulta strojní, Katedra tváření, slévání a svař. Vedoucí práce Viktor Kreibich.
- [5] ŽÁK, Michal. *Vliv stavu povrchu a materiálu na detekci zamaštění*. Praha, 2012. Diplomová práce. České vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. Jan Kudláček Ph.D.
- [6] PEKÁREK, Jaromír. *Hodnocení účinnosti odmašťování ve vztahu k přilnavosti nátěrů*. Brno, 2008. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- [7] KUDLÁČEK, Jan. *Optimalizace procesu čištění pro aplikace povrchových úprav = Cleaning process optimalization for application of surface treatment: disertační práce*. Praha, 2009. Disertace (Ph.D.). České vysoké učení technické v Praze. Fakulta strojní, Katedra tváření, slévání a svař.. Vedoucí práce Viktor Kreibich.
- [8] KUDLÁČEK, Jan. *Problematika předúprav povrchu: část 1.-nečistoty. Povrchová úprava* [online]. 2007, **IV**.(3): 5-7 [cit. 2015-06-08]. ISSN 1801-707X. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2007-03.pdf>
- [9] KUDLÁČEK, Jan. *Problematika předúprav povrchu: část 2. Povrchová úprava* [online]. 2007, **IV**.(7): 2-3 [cit. 2015-06-08]. ISSN 1801-707X. Dostupné z: <http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2007-07.pdf>
- [10] *Leštění.cz* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.lesteni.cz/>
- [11] *Brusivo LUKO* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.brusivo-luko.cz/cz/brusivo-lestici-lamelove-fibrove/>
- [12] *Omílání* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://omilani.cz/omilaci-stroje.aspx>
- [13] *Příručka moření: Ošetřování povrchu nerezových ocelí* [online]. In: . [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: [http://www.bohler-uddeholm.cz/media/Prirucka\\_Avesta\\_moreni.pdf](http://www.bohler-uddeholm.cz/media/Prirucka_Avesta_moreni.pdf)
-

- [14] NEDVÍDEK, Roman. *Tryskání Pískování* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.tryskani-piskovani.cz/index.php?los=tryskani-piskovani>
- [15] *Předúprava ocelových povrchů* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.chedo.cz/kat/Preduprava--ocelovych---povrchu-440/>
- [16] *Ultrazvuk, s.r.o.* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.ultrazvuk-sro.cz/>
- [17] *Vysokotlaké čističe Kärcher* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: [http://www.karcher.cz/cz/Vyroby/Home\\_\\_Garden/Vysokotlake\\_cistice/Vyhody.htm](http://www.karcher.cz/cz/Vyroby/Home__Garden/Vysokotlake_cistice/Vyhody.htm)
- [18] ROZMÁNEK, Miloslav. Úprava povrchu před galvanickým pokovením. *Povrcháři* [online]. 2008, (5) [cit. 2015-06-28]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/200805\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/200805_povrchari.pdf)
- [19] PACÁK, Lukáš a Jan KUDLÁČEK. Detekce mastných nečistot v praxi. *Povrcháři* [online]. [cit. 2015-06-29]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/201201\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/201201_povrchari.pdf)
- [20] MLČOCH, Zbyněk. *Ultrafialové záření* [online]. [cit. 2015-06-29]. Dostupné z: <http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/texty/technika/ultrafialove-zareni-uv-zareni-uva-uvb-uvc-skodlivost-vlastnosti>
- [21] *Fluorescence* [online]. [cit. 2015-06-29]. Dostupné z: <http://www.webexhibits.org/causesofcolor/11AB.html>
- [22] CHÁBERA, Petr a Jan KUDLÁČEK. Nové možnosti detkce čistoty povrchu metodou UV-VIS spektroskopie. *Povrcháři* [online]. [cit. 2015-06-29]. ISSN 1802-9833. Dostupné z: [http://www.povrchari.cz/kestazeni/201501\\_povrchari.pdf](http://www.povrchari.cz/kestazeni/201501_povrchari.pdf)
- [23] *Oleje MPA* [online]. [cit. 2015-06-28]. Dostupné z: <http://www.oleje-mpa.cz/obrabeci-kapaliny/oleje-pro-tvareni/tvareci-olej-total-martol-ep-180-20l>
- [24] Technický list technického benzínu Severochema dostupný z: [http://www.severochema.cz/sqlcache/Technicky%20benzin\\_R1\\_V1.pdf](http://www.severochema.cz/sqlcache/Technicky%20benzin_R1_V1.pdf)

## 9 Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Vlastnosti oleje Total MARTOL EP 180</i> .....	30
<i>Tabulka 2: Vlastnosti technického benzínu</i> .....	30
<i>Tabulka 3: Vlastnosti přípravku A</i> .....	31
<i>Tabulka 4: Vlastnosti přípravku B</i> .....	31
<i>Tabulka 5: Vlastnosti přípravku C</i> .....	32
<i>Tabulka 6: Vlastnosti přípravku D</i> .....	32
<i>Tabulka 7: Vlastnosti přípravku F</i> .....	33
<i>Tabulka 8: Vlastnosti přípravku G</i> .....	34
<i>Tabulka 9: Vlastnosti přípravku H</i> .....	34
<i>Tabulka 10: Výsledky kalibrace zařízení</i> .....	40
<i>Tabulka 11: Obrazové výstupy zařízení Recognoil pro jednotlivé koncentrace</i> .....	41
<i>Tabulka 12: Vstupní hodnoty pro odmašťování ponorem</i> .....	44
<i>Tabulka 13: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování</i> .....	45
<i>Tabulka 14: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování</i> .....	46
<i>Tabulka 15: Vstupní hodnoty pro odmašťování ponorem s mícháním</i> .....	47
<i>Tabulka 16: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování</i> .....	48
<i>Tabulka 17: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování</i> .....	48
<i>Tabulka 18: Vstupní hodnoty pro odmašťování ultrazvukem</i> .....	50
<i>Tabulka 19: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování</i> .....	51
<i>Tabulka 20: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování</i> .....	51
<i>Tabulka 21: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování</i> .....	53
<i>Tabulka 22: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování</i> .....	53
<i>Tabulka 23: Výsledná intenzita fluorescence v závislosti na čase odmašťování</i> .....	55
<i>Tabulka 24: Výsledný úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování</i> .....	56
<i>Tabulka 25: Výsledná intenzita fluorescence a úbytek hmotnosti v závislosti na čase odmašťování</i> .....	57
<i>Tabulka 26: Porovnání metod pomocí výsledné hodnoty intenzity fluorescence</i> .....	58

## 10 Seznam obrázků

<i>Obrázek 1: Schéma rozdělení mechanických předúprav povrchu .....</i>	12
<i>Obrázek 2: Graf kalibrační křivky oleje .....</i>	40
<i>Obrázek 3: Způsob snímání vzorku .....</i>	43
<i>Obrázek 4: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování .....</i>	45
<i>Obrázek 5: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování.....</i>	46
<i>Obrázek 6: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování .....</i>	48
<i>Obrázek 7: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování.....</i>	49
<i>Obrázek 8: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování (log. měřítko) .....</i>	51
<i>Obrázek 9: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování.....</i>	52
<i>Obrázek 10: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování .....</i>	53
<i>Obrázek 11: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování.....</i>	54
<i>Obrázek 12: Graf intenzity fluorescence v závislosti na čase odmašťování .....</i>	55
<i>Obrázek 13: Graf úbytku hmotnosti v závislosti na čase odmašťování.....</i>	56
<i>Obrázek 14: Graf porovnání metod pomocí intenzity fluorescence (logaritmické měřítko) .....</i>	58



## 11 Přílohy

Z důvodu velkého rozsahu příloh (tabulky a snímky) byly po dohodě s vedoucím bakalářské práce přílohy uloženy na DVD.

### **DVD s bakalářskou prací**

- Bakalářská práce (\*.docx, \*.pdf)
- Tabulky s naměřenými hodnotami (\*.xlsx)
- Snímky z přístroje Recognoil (\*.raw)
- Bezpečnostní listy (\*.docx, \*.pdf)