

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

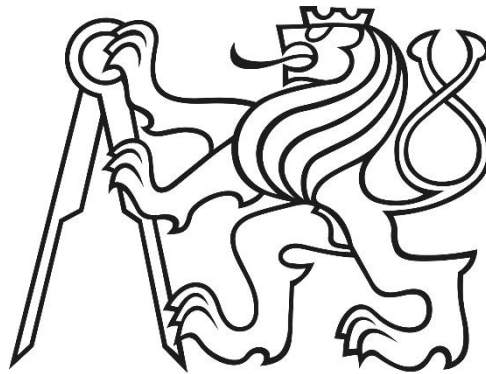
PRAHA 2016

STANISLAV ŠTÁLÍK

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav strojírenské technologie



**Význam čistoty povrchu pro technologie
svařování, pájení a lepení**

Diplomová práce

Vedoucí: Ing. Karel Kovanda, Ph.D., IWE

Vypracoval: Bc. Stanislav Štálik

Konzultant: Ing. Petr Vondrouš, Ph.D., IWE

Ing. Michal Zoubek

Praha 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Bc. Stanislava ŠTÁLÍKA

Program: Strojní inženýrství

Obor: Výrobní a materiálové inženýrství

Název: Význam čistoty povrchu pro technologie svařování, pájení a lepení

Název anglicky: Importance of cleanliness for welding, brazing and adhesive joining

Zásady pro vypracování:

1. Uvedení do problematiky čistoty povrchů pro technologie svařování, pájení a lepení -
zdroje znečištění povrchu, kvalita následných spojů
2. Způsoby čištění povrchů - mechanické, chemické předúpravy povrchu
3. Metody zjišťování a měření úrovně znečištění
4. Experimentální část - čištění povrchu při opravách litinových dílů, měření úrovně
znečištění pro různé způsoby čištění, experimentální svary
5. Závěrečné zhodnocení

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Kovanda, Ph.D., IWE

Konzultant: Ing. Petr Vondrouš, Ph.D., IWE, Ing. Michal Zoubek

Datum zadání diplomové práce: 25. 4. 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 12. 8. 2016

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

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

Zadání diplomové práce převzal dne:

9.6.2016



Student


Vedoucí ústavu
Děkan

V Praze

dne 24. 4. 2016

Tato diplomová práce byla vypracována na Ústavu strojírenské technologie Českého vysokého učení technického v Praze v období (leden 2016 – srpen 2016)

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím se zveřejněním diplomové práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb. (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne: 09. 08. 2016

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ:

Touto cestou bych chtěl poděkovat slévárně Čelákovice za poskytnutí zkušebních těles, bez nichž by realizace této práce nebyla možná. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Karlu Kovandovi Ph.D. a Ing. Petru Vondroušovi Ph.D. za odborné vedení, poskytnutí odborných materiálů a cenných rad při vypracování této práce. Nakonec bych rád poděkoval Ing. Michalu Zoubkovi za odbornou pomoc, vstřícnost, trpělivost a podporu při realizaci experimentu.

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na problematiku přítomnosti mastnoty pro technologie spojování materiálu. Práce je rozdělena do dvou částí. První část je zaměřena na jednotlivé metody, jimiž jsme schopni vytvořit nerozebíratelný spoj, na jejich výhody, nevýhody a také na vlastnosti, kterých je třeba dosáhnout pro vytvoření kvalitního spoje. Druhá část práce je experimentální. Tato část zkoumá, zda je litina nasávkavým materiálem pro průmyslové kapaliny a jaký je nejlepší způsob zajišťující odmaštění. Práce rovněž obsahuje doporučení, díky kterým lze předejít vzniku pórovitosti v důsledku přítomnosti mastnoty u technologie svařování.

Klíčová slova: mastnota, detekce mastnoty, spojování materiálu, pájení, lepení, svařování, úprava povrchu

Název práce:	Význam čistoty povrchu pro technologie svařování, pájení a lepení
Autor:	Bc. Štálík Stanislav
Studijní obor:	Výrobní a materiálové inženýrství
Ústav:	Strojírenské technologie
Vedoucí práce:	Ing. Karel Kovanda, Ph.D., IWE
Konzultant:	Ing. Petr Vondrouš, Ph.D., IWE, Ing. Michal Zoubek

Abstract

This work is focused on the presence of grease for technology bonding material. The work is divided into two parts. The first part focuses on the various methods by which we are able to create a permanent joints on their advantages, disadvantages and also on properties to be achieved for creating quality connection. The second part is experimental. This section examines whether the cast iron material to soak for industrial liquid and what is the best way of ensuring degreasing. Work also includes recommendations that can prevent the formation of porosity due to the presence of grease in welding technology.

Key words: grease, grease detection, joining material, adhesive joining, brazing, welding, surface treatment

Title: Importance of cleanliness for welding, brazing and adhesive joining

Author: Bc. Stanislav Štálík

Field of Study: Manufacturing and Materials Engineering

Department: Manufacturing technology

Supervisor: Ing. Karel Kovanda, Ph.D., IWE

Consultant: Ing. Petr Vondrouš, Ph.D., IWE, Ing. Michal Zoubek



Obsah

1	Seznam obrázků.....	12
2	Seznam tabulek.....	15
3	Úvod.....	16
4	Spojování kovových materiálů.....	17
5	Lepené spoje.....	18
5.1	Adheze.....	19
5.2	Koheze a smáčivost.....	19
5.3	Technologie lepení.....	20
5.4	Příprava materiálu.....	20
5.5	Lepidla pro lepení kovů.....	20
5.6	Výhody a nevýhody lepených spojů [11].....	21
6	Pájené spoje.....	22
6.1	Fyzikální podmínky a vlastnosti.....	22
6.2	Tavidla.....	24
6.3	Ohřev při pájení.....	25
6.3.1	Ohřev plamenem.....	25
6.3.2	Ohřev na vzduchu.....	25
6.3.3	Ohřev bez přístupu okolní atmosféry.....	25
6.4	Výhody a nevýhody pájených spojů [18].....	26



7	Svařované spoje	27
7.1	Metalurgie svarového spoje.....	28
7.2	Svařitelnost.....	29
7.3	Metody svařování.....	32
7.4	Výhody a nevýhody svařovacích metod.....	33
7.4.1	Výhody ve svařování	33
7.4.2	Nevýhody ve svařování	33
7.4.3	Vady spojů (pájených, lepených, svařovaných)	33
8	Čistota povrchu	34
8.1	Vliv nečistot na proces spojování materiálu	34
8.2	Metody pro zjištění množství mastného znečištění	35
8.3	Detekce mastnot pomocí přístrojů	36
8.3.1	Statická metoda	37
8.3.2	Kontinuální metoda	37
8.4	Kontrola odmaštění.....	37
9	Povrchové úpravy materiálu.....	38
9.1	Standartní předúpravy povrchu	38
9.1.1	Mechanické úpravy povrchu.....	39
9.1.2	Chemické úpravy povrchu	39



10	Experimentální část	42
10.1	Předpoklad.....	42
10.1.1	Příprava vzorku	43
10.1.2	Odmaštění vzorků	44
10.1.3	Zamaštění vzorků	47
10.1.4	Odmaštění vzorků	48
10.2	Vyhodnocení dílčích vzorků	49
10.2.1	Ověření nasákavosti.....	49
10.2.2	Odmaštění čističem ve spreji	56
10.2.3	Odmaštění technickým benzinem a tkaninou	59
10.2.4	Odmaštění tkaninou	62
10.2.5	Odmaštění sonotrodou.....	65
10.2.6	Odmaštění v ultrazvukové lázni	68
10.2.7	Odmaštění ponorem.....	71
10.2.8	Odmaštění plamenem	74
10.3	Nejvhodnější technologie odmaštění.....	77
10.4	Doporučení pro svařování	78
11	Závěr	80
12	Použitá literatura	81



1 Seznam obrázků

obr. 1 - Metody spojování materiálů [3].....	17
obr. 2 - Složení lepeného spoje [6]	18
obr. 3 - Princip lepení [6]	19
obr. 4 - Adhezní vazby při lepení [6]	19
obr. 5 – Smáčivost lepidel [6]	19
obr. 6 - Příklady konstrukčního provedení [6]	21
obr. 7 - Smáčivost pájek [14]	22
obr. 8 - Formy pájek [17]	23
obr. 9 - Složení pájeného spoje [17]	23
obr. 10 - Struktura svarového spoje [20].....	27
obr. 11 - Vliv svařitelnosti [21].....	29
obr. 12 - Přehled metod svařování [24].....	32
obr. 13 - Pórovitost oceli [28]	35
obr. 14 - Pórovitost u hliníkových slitin [28].....	35
obr. 15 - Kontaminace po broušení [27].....	36
obr. 16 - Přístroj pro detekci mastných nečistot [27].....	36
obr. 17 - Kontinuální metoda zjišťování přítomnosti mastnoty [27].....	37
obr. 18 - Laboratorní bruska	44
obr. 19 - Digitální váhy pro předvážení vzorků	45
obr. 20 - Ultrazvuková vana	45
obr. 21 - Přípravek pro DP	45
obr. 22 - Přesné váhy	46
obr. 23 - Odmaštěný vzorek č. 4 LLG	46
obr. 24 - Odmaštěný vzorek č. 4 LKG	46
obr. 25 - Nádrž s vypouštěcím ventilem pro vypouštěcí zkoušku	47
obr. 26 - Po zamaštění vzorek č. 4 LKG	48
obr. 27 - Po zamaštění vzorek č. 4 LLG	48
obr. 28 - Po odmaštění čističem ve spreji vzorek č. 4 LKG	48
obr. 29 - Po odmaštění čističem ve spreji vzorek č. 4 LLG	48
obr. 30 - změna hmotnosti v čase LKG (0018).....	49



obr. 31 - Vzorek 1 LKG (0018) po odmaštění tkaninou.....	50
obr. 32 - Vzorek 1 LKG (0018) před zamaštěním	50
obr. 33 - Vzorek 2 LKG (0018) před zamaštěním	51
obr. 34 - Vzorek 2 LKG (0018) po odmaštění tkaninou.....	51
obr. 35 - Vzorek 3 LKG (0018) po odmaštění tkaninou.....	51
obr. 36 - Vzorek 1 LKG (0018) před zamaštěním	51
obr. 37 - Změna hmotnosti v čase LLG (690)	52
obr. 38 - Vzorek 1 LLG (690) po odmaštění tkaninou	53
obr. 39 - Vzorek 1 LLG (690) před zamaštěním	53
obr. 40 - Vzorek 2 LLG (690) po odmaštění	54
obr. 41 - Vzorek 2 LLG (690) před zamaštěním	54
obr. 42 - Vzorek 3 LLG (690) po odmaštění tkaninou	54
obr. 43 - Vzorek 3 LLG (690) před zamaštěním	54
obr. 44 - Porovnání litin změnou hmotnosti.....	55
obr. 45 - Čistič ve spreji.....	56
obr. 46 - LLG (690) vzorek 5 před zamaštěním	57
obr. 47 - LKG (0018) vzorek 4 před zamaštěním	57
obr. 48 - LLG (690) vzorek 5 po zamaštění	57
obr. 49 - LKG (0018) vzorek 4 po zamaštění	57
obr. 50 - LLG (690) vzorek 5 po odmaštění.....	58
obr. 51 - LKG (0018) vzorek 4 po odmaštění	58
obr. 52 - LLG (690) vzorek 9 po zamaštění.....	60
obr. 53 - LKG (0018) vzorek 8 před zamaštěním	60
obr. 54 - LKG (0018) vzorek 8 po zamaštění	60
obr. 55 - LLG (690) vzorek 9 před zamaštěním	60
obr. 56 - LLG (690) vzorek 9 po odmaštění.....	61
obr. 57 - LKG (0018) vzorek 8 po odmaštění	61
obr. 58 - LLG (690) vzorek 10 po zamaštění	63
obr. 59 - LKG (0018) vzorek 11 po zamaštění	63
obr. 60 - LKG (0018) vzorek 11 před zamaštěním	63
obr. 61 - LLG (690) vzorek 10 před zamaštěním	63
obr. 62 - LLG (690) vzorek 10 po odmaštění.....	64



obr. 63 - LKG (0018) vzorek 11 po odmaštění	64
obr. 64 - LLG (690) vzorek 5.1 po zamaštění	66
obr. 65 - LKG (0018) vzorek 4.1 po zamaštění	66
obr. 66 - LKG (0018) vzorek 4.1 před zamaštěním	66
obr. 67 - LLG (690) vzorek 5.1 před zamaštěním	66
obr. 68 - LKG (0018) vzorek 4.1 po odmaštění	67
obr. 69 - LLG (690) vzorek 5.1 po odmaštění	67
obr. 70 - LKG (0018) vzorek 7.1 po zamaštění	69
obr. 71 - LLG (690) vzorek 8.1 po zamaštění	69
obr. 72 - LKG (0018) vzorek 7.1 před zamaštěním	69
obr. 73 - LLG (690) vzorek 8.1 před zamaštěním	69
obr. 74 - LLG (690) vzorek 8.1 po odmaštění	70
obr. 75 - LKG (0018) vzorek 7.1 po odmaštění	70
obr. 76 - LLG (690) vzorek 12.1 po zamaštění	72
obr. 77 - LKG (0018) vzorek 10.1 po zamaštění	72
obr. 78 - LKG (0018) vzorek 10.1 před zamaštěním	72
obr. 79 - LLG (690) vzorek 12.1 před zamaštěním	72
obr. 80 - LLG (690) vzorek 12.1 po odmaštění	73
obr. 81 - LKG (0018) vzorek 10.1 po odmaštění	73
obr. 82 - LLG (690) vzorek 11.2 před zamaštěním	75
obr. 83 - LKG (0018) vzorek 11.2 před zamaštěním	75
obr. 84 - LKG (0018) vzorek 11.2 po zamaštění	75
obr. 85 - LLG (690) vzorek 11.2 po zamaštění	75
obr. 86 - LKG (0018) vzorek 11.2 po odmaštění	76
obr. 87 - LLG (690) vzorek 11.2 po odmaštění	76



2 Seznam tabulek

Tab. 1 - Vady související s čistotou.....	33
Tab. 2 - Předúpravy povrchu.....	41
Tab. 3 - Chemické složení litiny s kuličkovým grafitem	43
Tab. 4 - Chemické složení litiny s lupínkovým grafitem.....	43
Tab. 5 - naměřené hodnoty pro LKG (0018)	49
Tab. 6 - naměřené hodnoty pro LLG (690).....	52
Tab. 7 - Naměřené hodnoty pro LLG (690) 4-6.....	56
Tab. 8 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 4-6.....	56
Tab. 9 - Rozdíl luminiscence (čistič ve spreji).....	58
Tab. 10 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 7 - 9.....	59
Tab. 11 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 7 - 9.....	59
Tab. 12 – Rozdíl luminiscence (technický benzin)	61
Tab. 13 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 10 - 12.....	62
Tab. 14 - Naměřené hodnoty pro LLG (690) 10 - 12	62
Tab. 15 - Rozdíl luminiscence (látka)	64
Tab. 16 - Naměřené hodnoty pro LLG (690) 4.1 - 6.1	65
Tab. 17 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 4.1 - 6.1.....	65
Tab. 18 - Rozdíl luminiscence (sonotroda).....	67
Tab. 19 - Naměřené hodnoty LLG (690) pro 7.1 - 9.1	68
Tab. 20 - Naměřené hodnoty LKG (0018) pro 7.1 - 9.1.....	68
Tab. 21 - Rozdíl luminiscence (ultrazvuk)	70
Tab. 22 - Naměřené hodnoty LLG (690) 10.1 - 12.1	71
Tab. 23 - Naměřené hodnota LKG (0018) 10.1 - 12.1	71
Tab. 24 - Rozdíl luminiscence (ponor).....	73
Tab. 25 - Naměřené hodnoty LKG (0018) 10.2 – 12.2	74
Tab. 26 - Naměřené hodnoty LLG (690) 10.2 - 12.2	74
Tab. 27 - Rozdíly luminiscence (plamen)	76
Tab. 28 - Metody odmaštění pro LLG (690).....	77
Tab. 29 - Metody odmaštění pro LKG (0018).....	77



3 Úvod

Aby bylo možné vytvoření kvalitního nerozebíratelného spoje, je třeba existujícími technologiemi zajistit odpovídající úpravu povrchu základního materiálu. Hlavní komplikací degradující kvalitu nerozebíratelných spojů je přítomnost mastnoty a nečistot na povrchu základního materiálu.

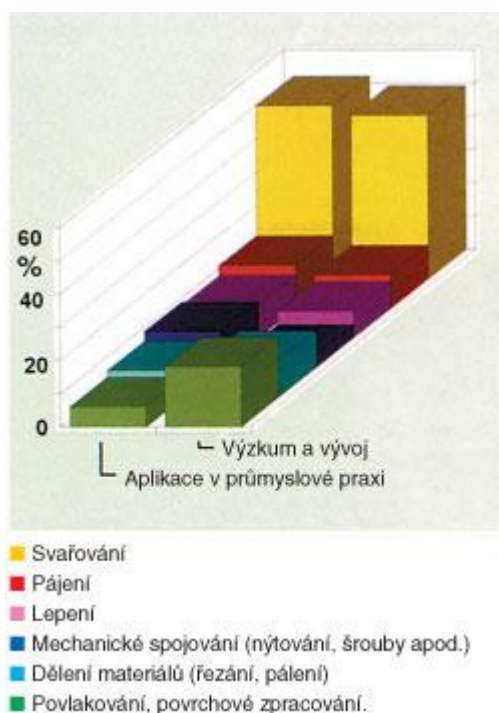
V teoretické části jsou stručně zmíněny metody spojování materiálu, pájení lepení a svařování. Současně je v této části zmíněn vliv čistoty povrchu, vliv nečistot na kvalitu spojování materiálu a povrchové úpravy nutné k zajištění čistého povrchu, který je hlavním předpokladem pro spojování materiálů. Praktická část je věnována experimentu detekce mastnot a nečistot na litině.

Tato diplomová práce si klade několik cílů, jichž je třeba dosáhnout pro stanovení plnohodnotných závěrů dané problematiky. Cíle práce lze popsat následujícími body:

- ověřit, zda je litina se strukturou lupínkového i kuličkového grafitu nasákavá za přítomnosti mastnot
- stanovit závislost změny hmotnosti litinového materiálu v závislosti na čase
- určit metodu zajišťující nejlepšího odmaštění
- doporučení pro zajištění kvalitního svarového spoje

4 Spojování kovových materiálů

Polotovary a rovněž hotové součásti z různých materiálů je možné vícero způsoby spojit dohromady. Záleží však na tom, zda chceme, aby byly spojené polotovary či hotové součásti ještě někde rozebíratelné. Podle toho dělíme spoje do dvou skupin: spoje rozebíratelné a spoje nerozebíratelné. Do skupiny rozebíratelných spojů patří spoje realizované pomocí šroubových spojů, pomocí per, klínů, čepů nebo kolíků. Do skupiny nerozebíratelných spojů pak patří spoje s materiálovým stykem, tedy spoje svařované, pájené nebo lepené. Nejdominantnější se stala jednoznačně technologie spojování materiálů svařováním. Avšak v posledních dvou desetiletích došlo k významnému rozvoji další metody a tou je metoda lepení viz Obr. 1.[1] [2] [3]



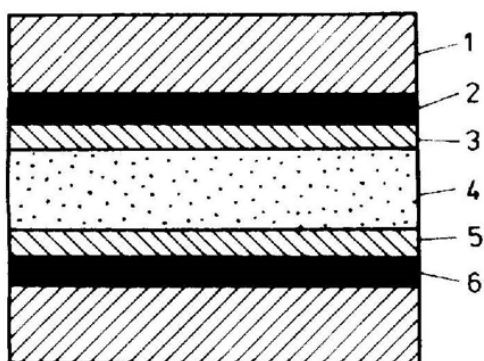
obr. 1 - Metody spojování materiálů [3]

5 Lepené spoje

Pro vytvoření trvalého nerozebíratelného spoje je potřeba kromě spojovaných celků taktéž přídavný prvek, který zajistí funkci spoje. V případě lepených spojů je přídavným prvkem lepidlo. Na přídavný prvek jsou kladeny požadavky jako:

- snadná zpracovatelnost
- dobrá přilnavost (adheze) k lepeným materiálům
- dobrá vnitřní soudržnost (koheze) při vytvrzení

Samotná kvalita spoje déle závisí na funkci smáčivosti lepeného povrchu, lepidla a na soudržnosti lepeného materiálu. Největší využití mají ta lepidla, která jsou na bázi vinylických polymerů, polyuretanů a epoxidových pryskyřic. Při každém použití, lepidel je však třeba dodržet pokyny dané výrobcem. Lepidla, která jsou jednosložková, nepotřebují před lepením upravovat, zatímco u dvousložkových lepidel je třeba obě jednotlivé složky smísit. Před samotným procesem lepení je nutné stykové plochy chemicky i mechanicky upravit (očistit), aby byla pomocí lepidla zaručena soudržnost lepeného spoje. Při návrhu lepeného spoje je důležité mít na mysli, že spoj musí být konstruován a proveden tak, aby přídavný materiál, v tomto případě lepidlo, bylo namáháno smykem a nikoliv tahem. Struktury lepeného spoje si lze povšimnout na obr. 2. Obecně se metodickým pracovním postupem a principem lepení rozumí příprava spojovaných materiálů, příprava lepidla a jeho následné nanášení, montáž a například vytvoření pevnosti spoje vytvřením. [1] [4] [5] [6]

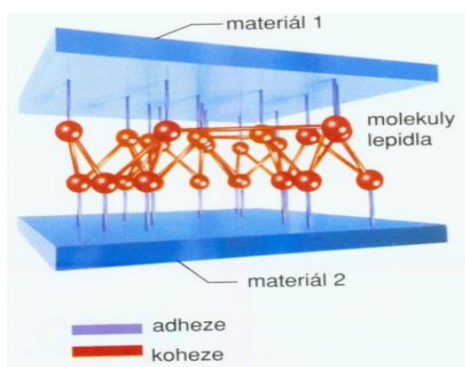


- 1, adherend (základní materiál)
- 2, adhezní zóna
- 3, přechodová kohezní zóna
- 4, kohezní zóna
- 5, přechodová kohezní zóna
- 6, adhezní zóna

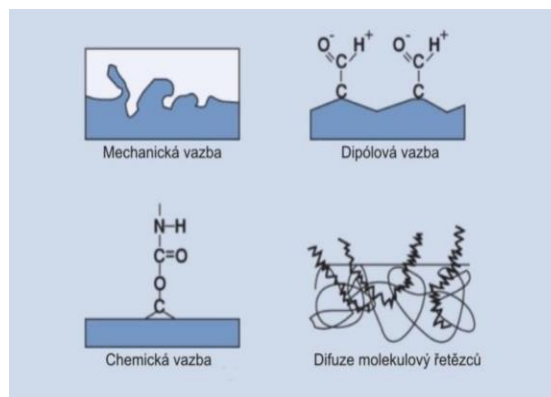
obr. 2 - Složení lepeného spoje [6]

5.1 Adheze

Adhezí rozumíme přilnavost chemických a fyzikálních sil na stykových plochách, kde dojde ke vzniku vazeb. Vazby, které existují mezi materiálem a lepidlem jsou dvojího typu, mechanické a chemické.



obr. 3 - Princip lepení [6]



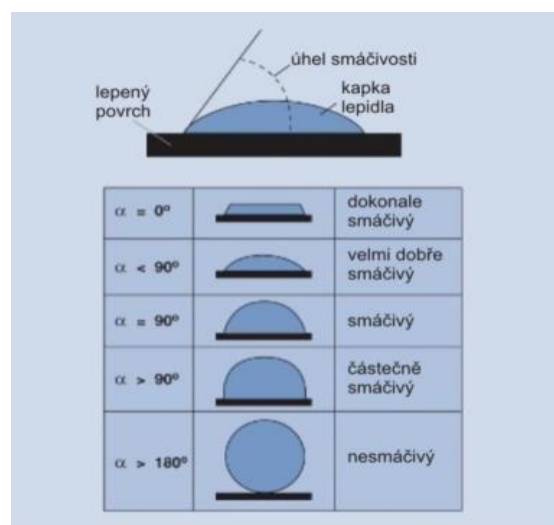
obr. 4 - Adhezí vazby při lepení [6]

Adhezí vazby jsou znázorněny na obr. 4. Vazby prvního typu se uplatňuje zásadně u materiálů s pórovitým nebo členitým povrchem. U vazeb chemických se uplatňuje kovalentních vazeb a Van Der Waalsovy síly. V tomto případě je na místě aktivovat povrch. [6]

5.2 Koheze a smáčivost

Kohezí se rozumí soudržnost molekul nebo částic stejného materiálu. Je nutné dodržet podmínku, že pevnost lepicí hmoty by měla být vyšší, než je pevnost lepeného materiálu a adheze zároveň.

Smáčivost je fyzikální veličinou, jde o povrchové napětí látek. Rozhodující pro smáčivost je, zda je povrchové napětí dané kapaliny nižší, než je povrchové napětí pevného povrchu, pokud ano, pak dojde k rozlití kapaliny po povrchu. Rozlití kapaliny po povrchu může ovlivnit zásadním způsobem množství nečistot a mastnot na povrchu.



obr. 5 – Smáčivost lepidel [6]



5.3 Technologie lepení

Správný postup technologie lepení spočívá v následujících bodech:

- a) vhodně zvolit druh spojovacího materiálu, tedy lepidla a lepený materiál
- b) správně zvolit návrh konstrukce spoje
- c) striktně dodržet výrobcem a technologií předepsaný postup při lepení samotném

Kvalitu spoje lze ovlivnit jak způsobem nanášení lepidla, tak úpravou podmínek pro vytvoření pevného spoje (vytvrzováním), tloušťkou nanesené vrstvy, ovlivněním lepidla tepelnými zdroji. Příklady konstrukčního provedení lepených spojů jsou na obr. 6. [6] [7] [9]

5.4 Příprava materiálu

Podstatou přípravy materiálu je dosáhnout maximální možné adheze. Do oblasti příprav materiálu můžeme zahrnout mechanickou či chemickou úpravu a odmašťování, které se zásadním způsobem podílí na kvalitě spoje. Na proces odmaštění mohou být použita alkalická rozpouštědla nebo odmašťování v párách rozpouštědel. Vhodnými prostředky pro odmaštění jsou například technický aceton a trichlór. Naopak nevhodnými jsou rozpouštědla laková a benzin. V průmyslu se velmi často používá moření v kyselinách. Při samotném lepení musíme zajistit, že lepené plochy budou vhodně upraveny tak, že nebudou obsahovat žádná složitá zakřivení. [8]

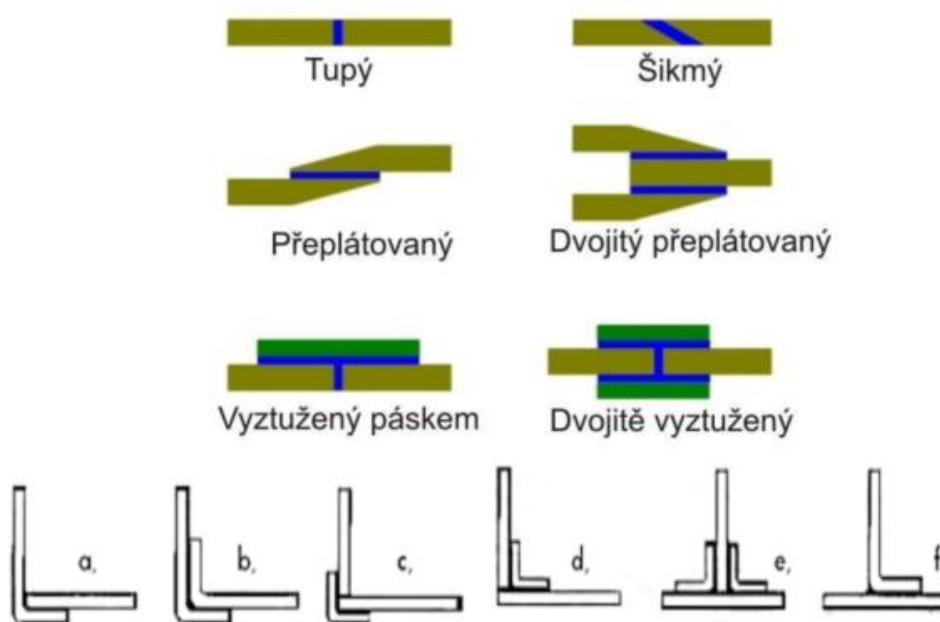
5.5 Lepidla pro lepení kovů

V současné době jsou nejvíce rozšířenými lepidly lepidla epoxidová, ta se vyrábějí jako jednosložková, dvousložková nebo vícesložková. Tato lepidla poslouží velmi dobře pro jakékoliv opravy. Pro konstrukční spoje se nejvíce v průmyslu využívají dvousložková lepidla neplněná. Pro různé renovace a havarijní opravy se používá taktéž dvousložkových lepidel s kovovými, případně minerálními plnivy o odlišných viskozitách. Teplotní odolnost je u plněných epoxidových lepidel od -50 do 100°C, u neplněných lepidel od -50 do 150°C. [5]

5.6 Výhody a nevýhody lepených spojů [11]

Mezi výhody lepených spojů lze zařadit fakt, že nedochází ke změnám struktury se změnou teploty. U spojovaných celků nedochází k poškození v okolí spoje, nevyskytují se koncentrace napětí podél švů. Vzniklé spoje plní těsnící funkci vůči kapalinám a plynům, jsou chemicky odolné. U některých lepených spojů ocelových materiálů je vyšší pevnost v porovnání se svarovými spoji. V neposlední řadě je výhodou, že spojované konstrukce nebo součásti a celky nejsou zeslabovány dírami. Lepené spoje mají malé, případně žádné tepelné namáhání materiálu a je možné spojení odlišných druhů materiálů a tenkých součástí.

Jako nevýhody lepených spojů lze pak označit skutečnost, že jich nelze využít v prostředí s vyšší provozní teplotou. Další nevýhodou také je, že u spojů, kde bylo použito některých epoxidových lepidel, je zjištěna nízká odolnost stárnutí, to je zapříčiněno působením vlhkosti a vody.



obr. 6 - Příklad konstrukčního provedení [6]

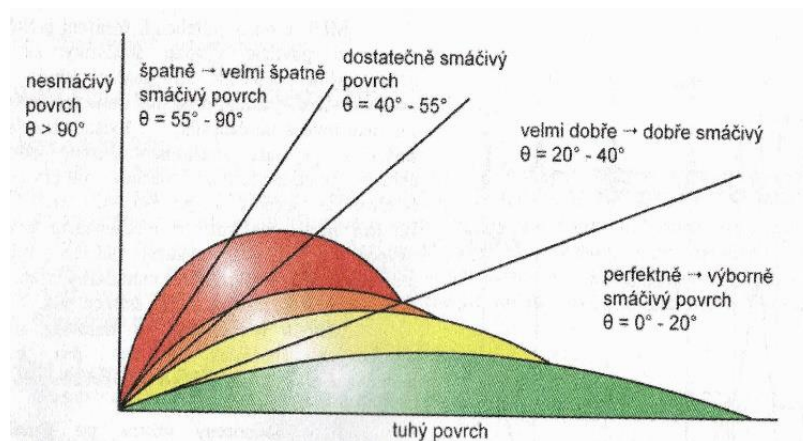
6 Pájené spoje

Jedná se o nerozebíratelný spoj kovů a nekovů, homogenních a heterogenních spojů. Pro vytvoření spoje je potřeba přídavného materiálu. U pájených kovů se jako přídavný materiál používá tavidla a pájky. Pájka má nižší mechanické vlastnosti oproti mechanickým vlastnostem základního materiálu. Při realizaci tohoto typu spoje nedochází k roztavení základního materiálu, jelikož má pájka nižší tavící teplotu. Ke spojení dochází difuzí pájky do materiálů a následným vytvořením slitiny na stykových plochách. Procesem pájení můžeme vytvářet buď elektricky vodivé a nosné spoje nebo utěšňovat mezery případně trhliny. [12] [13]

6.1 Fyzikální podmínky a vlastnosti

a) Smáčivost

- schopnost roztavené pájky přilnout k čistému povrchu spojovaných materiálů



obr. 7 - Smáčivost pájek [14]

b) Roztékavost

- schopnost pájky roztéci se při pracovní teplotě po povrchu základního materiálu a zaujmout co největší plochu

c) Vztlínavost

- schopnost pájky vyplnit při pracovní teplotě mezeru spoje vlivem působení kapilárních sil



Pájky jsou dodávány ve tvarově a profilově odlišných variantách obr. 8, jako jsou například dráty, tyče, fólie nebo trubičky. Pájky můžeme rozdělit podle použitého zdroje, podle způsobu spojení a tvaru pájeného spoje, podle prostředí nebo teploty tavení na měkké, tvrdé pájky a vysokoteplotní pájky. Měkké pájky, teplota tavení do 500°C a tvrdé pájky, teplota tavení až 1000°C. [14]

Měkké pájky (do 450°C):

- cínové – slitina Sn a Pb
- zvláštní – pájky na hliník – Sn a Zn

Tvrdé pájky (od 450°C):

- mosazné – slitina Zn a Cu
- lehké na hliník – slitina Al a Si
- stříbrné – až 99% Ag

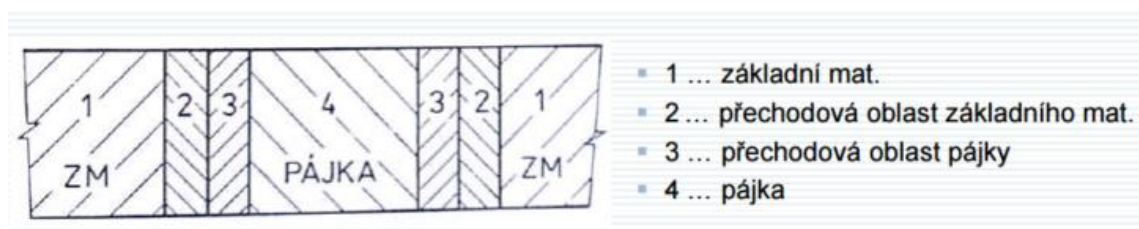


obr. 8 - Formy pájek [17]

Vysokoteplotní pájení (nad 900°C):

- ve vakuu nebo prostředí ochranného plynu
- slitina Ag, Cu, Ni

Pájky musí pro správné plnění své funkce mít vyhovující mechanické vlastnosti, dobrou vztlínavost a taktéž zabíhavost. Aby nedocházelo ke vzniku elektrochemické koroze, musí mít vhodný potenciál. Pájky mohou být rovněž vloženy nebo přidány z venku, roztavením pájky dojde k jejímu pronikání do mezery a zároveň vytlačení tavidla z mezery. [15] [16]



obr. 9 - Složení pájeného spoje [17]



6.2 Tavidla

Abychom zajistili zlepšení procesu pájení, používáme tavidel. Jedná se o nekovové chemické látky, jejichž úkolem je zajištění chemického očištění povrchu materiálů v rámci přípravy povrchu. Zabraňují vzniku oxidů při pájení a zmenšují povrchové napětí základního materiálu. Tavidla volíme podle druhu základního materiálu, druhu a teploty tavení pájky, podle druhu a tloušťky povrchových oxidů. Na tavidla jsou kladeny požadavky, jako je dobrá smáčivost základního materiálu i pájky. Tavidla musí být chemicky stálá a zdravotně nezávadná, musí mít minimální interval tavení. Tavidla musí mít stálé povrchové napětí a zbytky tavidla po pájení musí být snadno odstranitelné. Tavidla mohou být ve formě prášků, kapalin, past nebo ochranné atmosféry. [15] [16]

Jako tavidla se používají amoniaková sůl, kalafuna, Borax, kyselina boritá nebo chlorid zinečnatý. Aby bylo možné provést pájení samotné, je nutné roztavit pájku. K tomuto účelu slouží různé nástroje, různé technologie ohřevu nebo zdroje tepla.

Pájedla mohou být:

- pro měkké pájení – elektrická odporová
- pro tvrdé pájení – kyslíko acetylenový plamen
- pájedla nahřívána plamenem



6.3 Ohřev při pájení

6.3.1 Ohřev plamenem

Jedná se o jeden z nejběžnějších druhů ohřevu pro ruční pájení. Volba typu plynu při pájení plamenem a následné nastavení plamene se odvíjí dle typu pájky, typu pájeného materiálu, tloušťky materiálu a potřebné pájecí teploty. Pokud je zdroj tepla málo výkonný, pak dochází k prodlužování ohřevu a vzniku oxidů. Proces oxidace způsobí také plamen s přebytkem kyslíku. [16]

6.3.2 Ohřev na vzduchu

Pro variantu ohřevu při pájení na vzduchu se používají stejné druhy pájek jako u ohřevu plamenem, je rovněž potřeba použití tavidla. Při pájení pájecí pastou musí směs pájky obsahovat příslušné tavidlo a ne jen pojivo.[16]

6.3.3 Ohřev bez přístupu okolní atmosféry

Jde o ohřev ve vysokoteplotní peci a ochrannou atmosférou ve vakuu. Typ vakua a ochranné atmosféry závisí na pájeném materiálu, zároveň ovlivňuje i volbu příslušné pájky. Pájkou jsou slitiny s vysokým obsahem mědi nebo niklu.[16]



6.4 Výhody a nevýhody pájených spojů [18]

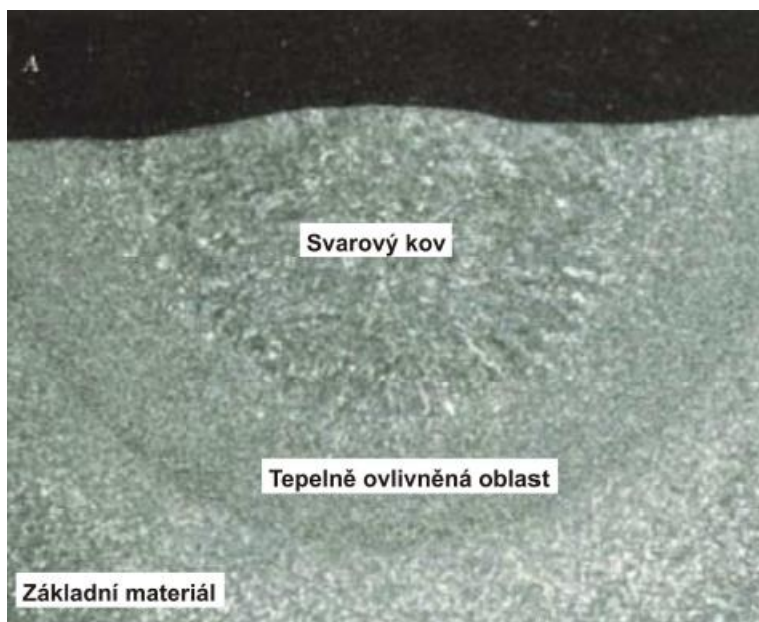
Výhodou pájených spojů je bezesporu vysoká rozměrová přesnost, menší množství energie a zároveň vyšší pracovní rychlost, úplné vyplnění průřezu pájkou a vysoká produktivita. Vlastnosti spojovaných materiálů se působením tepla neporuší – nedochází k natavení a ovlivnění struktury, mechanických vlastností, elektrických ani magnetických vlastností. Výhodou je také, možnost spojení materiálů, které jsou nesvařitelné nebo obtížně svařitelné tavným způsobem.

Nevýhodami je pak nízká pevnost v oblasti spojů, zejména u pájení naměkko, náročnost na čistotu povrchu před samotným procesem pájení. Přítomností dalšího materiálu ve spoji může dojít ke zhoršení odolnosti proti korozi. Nevýhoda pájených spojů je také v rozdílnosti potenciálů materiálu pájky a základního materiálu tzn. riziko vzniku elektrochemické koroze. Tato metoda spojování není rovněž vhodná pro dlouhé spoje (karoserie automobilů).

7 Svařované spoje

Jedná se o jednu z nejrozšířenějších technologií spojování materiálů v nerozebíratelný spoj. Vzniklý spoj se skládá z materiálů se stejným nebo podobným složením. Při svařování však dochází oproti předchozím technologiím ke změnám ať už fyzikálních nebo mechanických vlastností základního materiálu v okolí spoje. Svarový spoj se skládá ze svarového kovu a tepelně ovlivněné oblasti. Strukturu svarového spoje lze shlédnout na obr. 10. Metody svařování lze rozdělit prakticky do dvou velkých skupin a to do skupiny tavného a tlakového svařování. Podrobné rozdělení EN ISO 4063. Vzniku nerozebíratelného spoje je u tavného svařování dosaženo přívodem tepelné energie do oblasti svaru a roztavením svarového kovu. U tlakového svařování je spoje docíleno působením mechanické energie, díky níž se při plastické deformaci přiblíží povrchy, na atomární vzdálenost a dojde ke vzniku spoje.

Svařovat je možné s nebo bez přídavného materiálu. Při použití přídavného materiálu je podmínkou použití podobnost chemického složení, jako je u spojovaných materiálů. Konstrukce svarového spoje lze dosáhnout u materiálů s podobnými nebo odlišnými vlastnostmi. [19] [20]



obr. 10 - Struktura svarového spoje [20]



7.1 Metalurgie svarového spoje

Metalurgie procesu svařování elektrickým obloukem obsahuje několik zvláštností, jakými jsou vysoká intenzita reakcí, krátká doba jejich trvání a kontinuálnost svářecího procesu. Svarový spoj je taktéž zásadně ovlivňován. Mezi tyto vlastnosti, výrazně ovlivňující svarový spoj můžeme zařadit vliv okolní atmosféry, tím v zásadě myslíme plyny, z kterých se skládá. Dále mezi tyto vlastnosti lze zařadit zplodiny vznikající při metalurgických reakcích a přídavné prvky. Pokaždé, při tvorbě svarového spoje probíhají současně metalurgické děje. V tomto případě hovoříme o reakci v soustavě:

tekutý kov – plynná fáze – tekutá struska

Vysoké intenzity těchto metalurgických reakcí je docíleno vlivem vysoké teploty a reakčním povrchem mezi kovem a struskou. Tyto reakce probíhají ve velmi krátkém časovém intervalu. Samotný svářecí pochod lze rozčlenit do tří bodů. V prvním bodě dochází k lokálnímu ohřevu základního materiálu v nejbližším okolí svarových ploch. V zásadě to, jaká bude rychlost ohřevu i šířka ohřívané oblasti lze ovlivnit způsobem svařování, mohutností tepelného zdroje, rozměry, tvarem, či členitostí svařence nebo druhem materiálu.

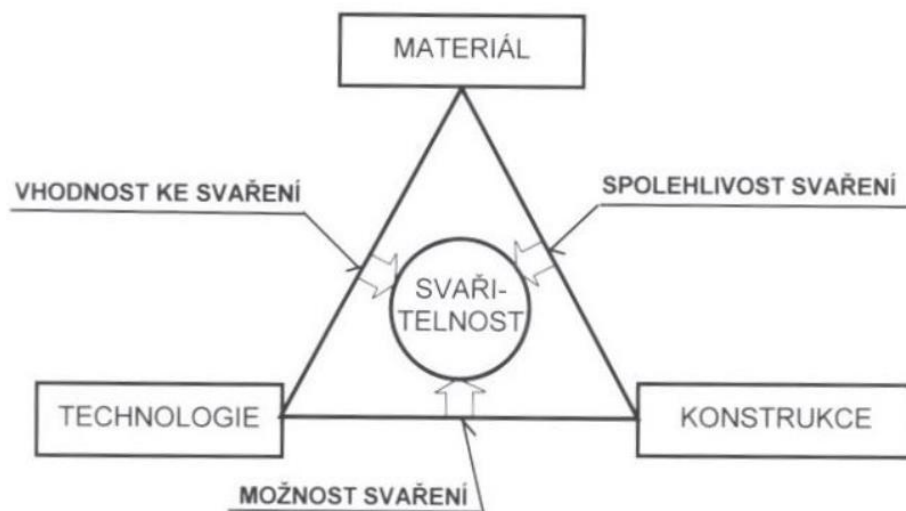
Dalším a tedy v pořadí druhým bodem je proces svařování. Tento proces probíhá za ustálené teploty svarové lázně. Tekutý kov přichází do kontaktu se zplodinami uvolňujícími se při svařování. Dochází k mísení základního materiálu s přídavným v oblasti roztavených svarových ploch.

Posledním bodem svařovacího pochodu je proces chladnutí, při němž probíhají strukturální změny, tuhne roztavený materiál a probíhá krystalizace. [21]

7.2 Svařitelnost

Jedná se o charakteristiku, která vyjadřuje vhodnost kovu pro realizaci svarových spojů o stejných nebo podobných vlastnostech jako má základní svařovaný materiál s požadavkem na konstrukční spolehlivost svarového spoje. Svařitelnost je dle normy ČSN 05 1309 klasifikována jako:

- zaručená – zaručená výrobcem do teplota (0°C) bez zvláštních opatření při svařování
- zaručená podmíněná – svařitelnost zaručená výrobcem při dodržení určitých podmínek (příkladem může být předehřev před samotným procesem svařování)
- dobrá – svařitelnost není výrobcem zaručena, ale ve většině případů jsou svarová spoje v této skupině vyhovující
- obtížná svařitelnost – obvykle nelze dosáhnout kvalitního svarového spoje



obr. 11 - Vliv svařitelnosti [21]



Existuje několik hledisek svažitelnosti, jako je materiálové, technologické a konstrukční. Materiálovou svažitelnost charakterizujeme jako změnu materiálových vlastností v tepelné ovlivněné oblasti za působení teplotního cyklu svařování. Vhodnost kovu ke svařování je dána chemickým složením (schopnost ovlivnit chování svarové lázně, sklon ke stárnutí a náchylnost ke vzniku trhlin), metalurgickým způsobem výroby materiálu (čistota materiálu, velikost zrna, mikrostruktura) a tepelným zpracováním.

Technologickou svažitelností lze vyjádřit vliv použitého druhu nebo metody a technologie tvorby svaru na vlastnosti spoje. Technologická svažitelnost se zabezpečuje pomocí přídavného materiálu, parametrů svařování, teplotního režimu svařování, tepelného zpracování svarového spoje a metod svařování.

Konstrukční svažitelnost můžeme vyjádřit jako vliv konstrukčního řešení spoje pro určité provozní podmínky. Schopnost zajistit konstrukční svažitelnost ovlivňují faktory jako je tuhost spoje ve svařenci, tvar a příprava svarových ploch, tloušťka materiálu a tvar, velikost a uspořádání svarových spojů.

Kromě zmíněných hledisek svažitelnosti se na kvalitě svarového spoje také podepisuje vliv plynů při procesu svařování. Mezi plyny jež jsou při svařování nejčastější lze zařadit kyslík, dusík, vodík. Jedná se o plyny, zastoupené ve vzdušné atmosféře. Jako příklad působení plynů lze uvést:

a) Kyslík

Ve vzdušné atmosféře je jeho zastoupení 21 % ve formě dvouatomového plynu. V případě že má vzduch přístup do elektrického oblouku, může se kyslík vyskytovat ve třech formách. Ve formě atomární, molekulární a ionizované. Kyslík molekulární a atomární přímo reaguje s kovovými prvky na oxidy, často s vysokou teplotou tavení. Kyslík tvoří s železem při svařování tři druhy oxidů. Jedná se o oxid železnatý (FeO), oxid železitý (Fe_2O_3) a oxid železnato - železitý (Fe_3O_4).

Nejvíce kyslíku obsahuje oxid železnatý, jediný se rozpouští v tavné lázni a jeho rozpustnost se stoupající teplotou roste. Kyslík má nepříznivý vliv na mechanické vlastnosti oceli. Svou přítomností snižuje tvrdost, kontrakci, mez kluzu i pevnosti.



b) Dusík

Ve vzdušné atmosféře je jeho zastoupení 78 % ve formě dvouatomového plynu. Z tohoto důvodu ovlivňuje z atmosférických plynů jakost svarového kovu nejvíce. Aktivita dvouatomového dusíku je malá, při vysokých teplotách elektrického oblouku dochází k reakci s kyslíkem. V důsledku toho vzniká oxid dusnatý, ten se později znovu při teplotě 1000° C rozkládá na kyslík a dusík. Takovýto atomární dusík má vyšší difuzní schopnosti tzn. přechod do svarového kovu na rozmezí teplot 800 - 500°C. Začne se slučovat s Fe na nežádoucí nitridy železa, který poté spolu s feritickou strukturou vytvoří tuhý roztok a vměstky, rovněž může být dusík příčinou pórovitosti.

Vlivem dusíku dochází ke zvyšování meze kluzu a pevnosti v tahu. Oproti tomu přítomnost dusíku neúměrně snižuje tažnost i kontrakci.

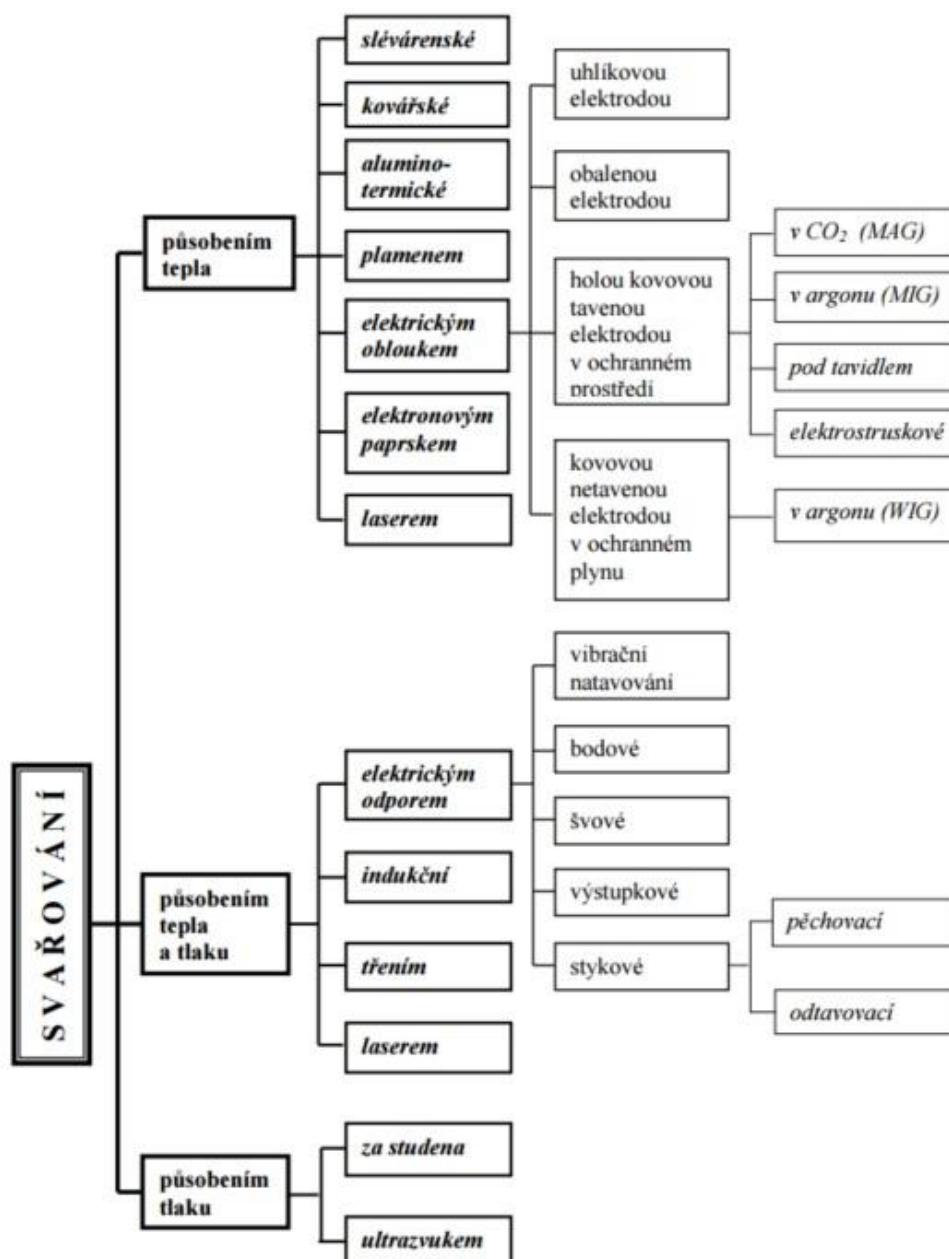
c) Vodík

Zdrojem vodíku ve svaru může být atmosférický vzduch, nedostatečně vysušené obaly elektrod a tavidel nebo znečištěný povrch základního materiálu. Každopádně přítomnost vodíku je vždy nežádoucí. Zhoršuje svou přítomností kvalitu svarových spojů a podmiňuje vznik trhlin za studena i pórovitost. [23]



7.3 Metody svařování

Díky zásadnímu rozvoji svařování, který proběhl v minulém století, bylo možné realizovat řadu projektů. Jako příklad můžeme jmenovat stavby kosmických lodí nebo jaderných reaktorů. Postupem času bylo ve svařování vyvinuto značné množství metod svařování a jejich menších či větších modifikací. Mnohé z metod svařování mohou být použity v širokém rozsahu, jiné metody jsou omezeny použitím. [24]



obr. 12 - Přehled metod svařování [24]



7.4 Výhody a nevýhody svařovacích metod

Svařování je nejpoužívanější a nejrozšířenější metodou spojování materiálů. Svě využití nachází takřka ve všech oblastech výroby nebo opravy strojních zařízení. Tak jako je tomu u předešlých metod spojování materiálů, tak i metody svařování mají své výhody a rovněž i nevýhody. [25] [26]

7.4.1 Výhody ve svařování

Jednou z mnoha předností metody spojování materiálů je velká pevnost svarových spojů, dále trvanlivost a těsnost. Proces svařování rovněž kladně působí na zvýšení produktivity práce a zásadně se podílí na zkracování výrobních časů. Oproti technologii lití je zde zmenšení spotřeby materiálu až o 50%. [25] [26]

7.4.2 Nevýhody ve svařování

Mezi nevýhody se řadí skutečnost, že při samotném procesu dochází ke změně sktruktury a mechanických vlastností. Taktéž mezi nevýhody je nutné zařadit skutečnost, že dochází ke vzniku vnitřních pnutí a deformací a je zde také možnost výskytu vnitřních vad materiálu. Pro realizaci svaru je nutné zajistit kvalifikovaný personál. Neméně důležité je i zdravotní riziko ve svařovnách způsobené neadekvátním zajištěním odsávání zplodin vzniklých při svařování.[25] [26]

7.4.3 Vady spojů (pájených, lepených, svařovaných)

V oblasti spojování materiálů mohou vzniknout vady spojů, ať už z důvodů nedodržení pracovního postupu nebo neadekvátní volbou pracovních podmínek.

Tab. 1 - Vady související s čistotou

Vady související s čistotou povrchu	
spoje	Vady
lepené	pórovitost
	neslepení
	špatná adheze
pájené	studený spoj
	pórovitost
	pevné vměstky
svařované	trhliny za studena
	velký rozstřík
	pórovitost



8 Čistota povrchu

Vedle technického řešení zajišťuje celkovou kvalitu výrobků jejich samotné technologické zpracování. Aby bylo dosaženo kvalitního výrobku, je nezbytné zaměřit pozornost na povrchové zpracování výrobků. Pro zajištění kontinuálního zlepšování kvality co se týče povrchových úprav, je klíčové zkušebnictví, měření, optimalizace výrobních a technologických procesů. Jelikož kvalitu nelze vykontrolovat, nýbrž vyrobít pak je třeba říci, že kvalitu lze zajistit pouze a jedině řízením kvality a tedy zvládnutím jednotlivých dílčích procesů výrobního systému. Abychom získali dobrou kvalitu povrchové úpravy, musíme zajistit kvalitní předúpravu povrchu například mechanickým (tryskáním) a chemickým (mořením) očištěním materiálů. [27]

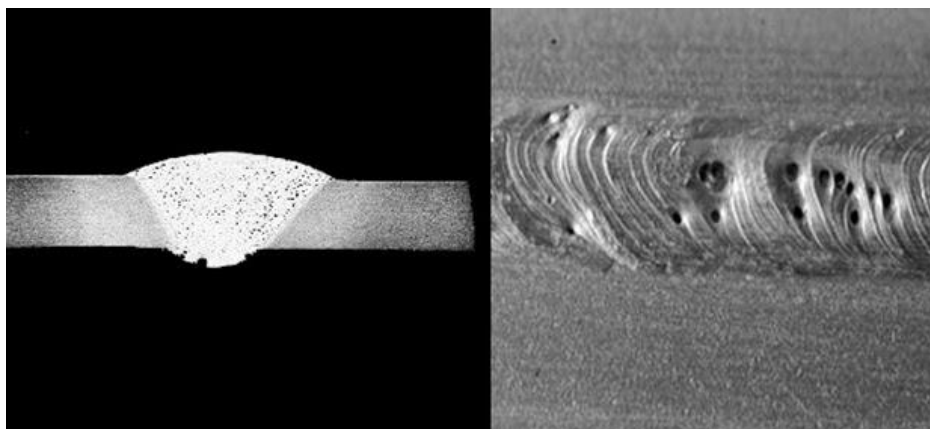
8.1 Vliv nečistot na proces spojování materiálu

Jako nečistoty v procesu svařování můžeme označit takové látky, které ohrožují kvalitu svarového spoje. Tímto se rozumí například korozní prvky, které nebyly adekvátním způsobem z oblasti svarových okrajů a přilehlé oblasti odstraněny a mohou tak například v agresivních prostředích podnítit vznik štěrbinové koroze. Totéž platí i pro další z látek, které můžeme označit za nečistoty, ať už se jedná o zbytky povlaků, nátěrů nebo různých mazadel nebo procesních kapalin. Procesní kapaliny mají své zastoupení opodstatněné ve strojírenských odvětvích jako například tváření a obrábění. V různých strojírenských odvětvích se využívá různých účinků mazadel. Využívá se například jejich mazacího účinku pro schopnost vytvořit na stykových plochách dvou materiálu vrstvu bránící přímému styku a snižuje tak tření součástí.

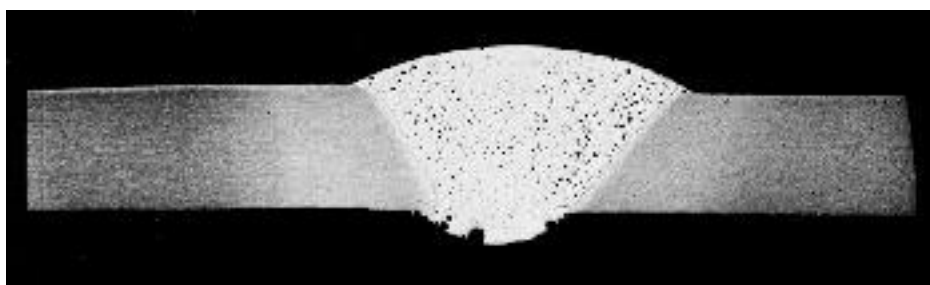
Pro metody spojování materiálu se však přítomnost procesních kapalin a olejů stává komplikací, kterou je třeba řešit dřív, než dojde k samotnému spojení materiálů. U spojování materiálů například lepením, dojde ke snížení schopnosti adheze. Nebude tak zajištěna dostatečná přilnavost a pevnost lepeného spoje bude značně omezena.

Pokud je u svařovaných spojů základní materiál kontaminován procesní kapalinou, existuje potenciální riziko, že tato kapalina bude zdrojem a příčinou vzniku bublin a pórů ve svaru viz obr. 13 a obr. 14.

Otázkou však zůstává, jaké množství procesní kapaliny je přípustné, aby nedocházelo právě vlivem přítomnosti kapaliny na materiálu při svařování k iniciaci vad, které ve výsledku znehodnotí součást a způsobí tak finanční ztráty.



obr. 13 - Pórovitost oceli [28]



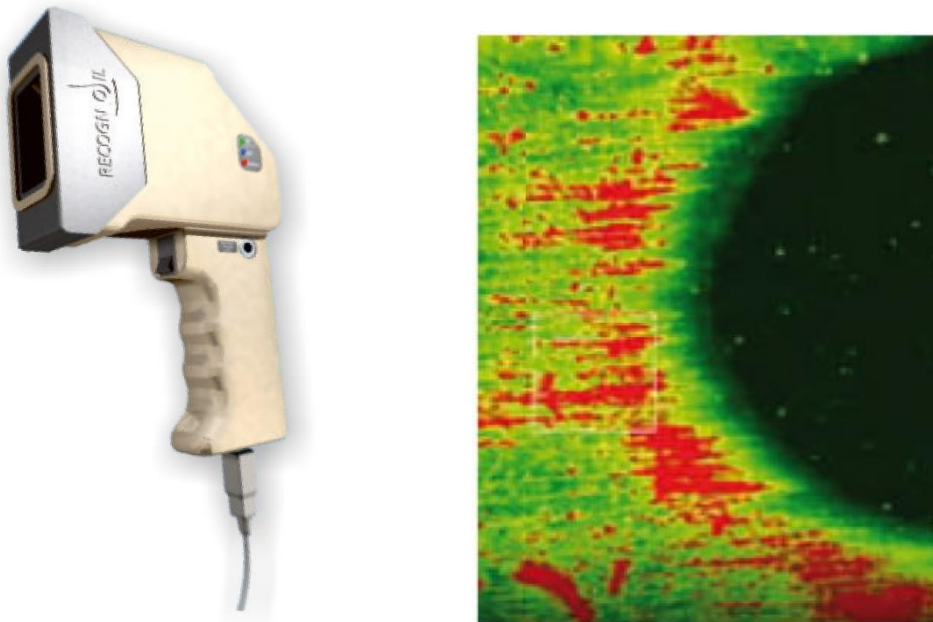
obr. 14 - Pórovitost u hliníkových slitin [28]

8.2 Metody pro zjištění množství mastného znečištění

Existuje mnoho metod, jimiž lze určit, jakého stupně čistoty dosahují upravované součásti. Tyto metody lze rozčlenit do dvou skupin. Mluvíme o metodách přímých a nepřímých. Přímými metodami jsou takové metody, jimiž jsme schopni detekovat množství zamaštění přímo na konkrétních analyzovaných součástech. Nepřímé metody jsou takové metody, kdy se pro detekci mastnoty používá kontrolních rozpouštědel. Díky těmto rozpouštědlům dojde na povrchu zkoumaného materiálu k extrakci podílu látek znečišťujících povrch a k následnému vyhodnocení množství tohoto znečištění. Většího využití a obliby se v průmyslu dostává využití přímé metody hodnocení nečistot. Důvod je prostý, jedná se totiž o rychlou analýzu problematiky bez potřeb dalších kontrastních luminiscenčních látek s možností takřka okamžitého vyhodnocení. [27]

8.3 Detekce mastnot pomocí přístrojů

Tato metoda spočívá ve vyvolání množství znečištění pomocí fluorescence těchto látek a jejich následné zachycení speciálním softwarem, kde je možné následně provést analýzu problematiky, která dříve nebyla možná. K samotnému provedení slouží zařízení, kterým lze detekovat různé typy nečistot (obr. 16), od průmyslových maziv a olejů až medicínské a silikonové oleje. Pro detekci zmíněných dvou posledních typů olejů je nutné použít kvůli nedostatku luminiscence navíc čidla. Průmyslová maziva a oleje obecně vykazují větší luminiscenci, než oleje medicínské a silikonové viz obr. 15. Je to dáno množstvím konjugovaných dvojných vazeb a rozvětvení uhlíkatého řetězce. [27]



obr. 16 - Přístroj pro detekci mastných nečistot [27] obr. 15 - Kontaminace po broušení [27]

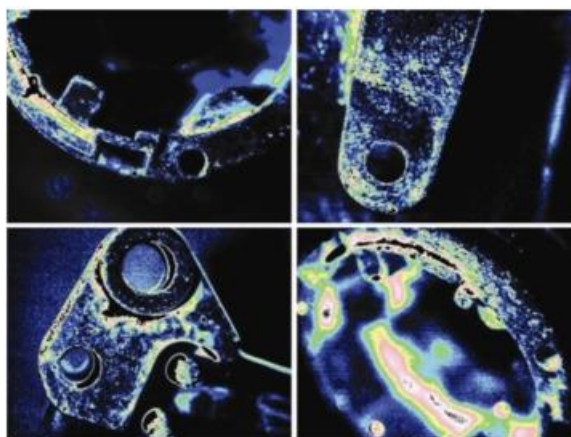
Přístroj určený pro detekci může pracovat ve dvou režimech. V prvním režimu získáme obraz o znečištění, který následně vyhodnocuje obsluha měřicího přístroje. V druhém režimu pomocí porovnávací kalibrace získáme při znalosti konkrétního druhu znečištění jak obraz znečišťujících látek na povrchu, tak „mapu“ intenzit fluorescence na tloušťku vrstvy vypočítanou na základě matematického modelu. Toto zařízení je schopné zajistit jak statickou, tak kontinuální detekci látek kontaminujících povrch součástí.

8.3.1 Statická metoda

Jedná se o velmi citlivou metodu zjišťování znečišťujících látek určenou převážně pro skenování plochých polotovarů. Metodický postup je takový, že po přiložení detektoru na součást, kterou hodláme skenovat, provedeme stiskem tlačítka expozici. Poté v závislosti na určení stupně citlivosti bude probíhat expozice snímku pomocí speciálního softwaru, který je součástí Know – How a jeho následné uložení. Výsledkem poté bude obraz udávající mapu znečištění, a pokud je znám i druh znečištění, pak bude výsledkem také konkrétní hodnota tloušťky nečistot. [27]

8.3.2 Kontinuální metoda

Své využití nachází jak u plochých polotovarů, tak u tvarově složitějších součástí. Jedná se o metodu skenování povrchu v reálném čase. Nejprve měřicí přístroj naskenuje součást bez ozáření a pak v průběhu měření rychlostí cca 10 snímku za vteřinu přístroj porovnává ozářené snímky s neozářeným. Na základě toho se souběžně se skenováním povrchu naměřená data vyhodnocují a přenášejí mapu a množství znečištění na displej. [27]



obr. 17 - Kontinuální metoda zjišťování přítomnosti mastnoty [27]

8.4 Kontrola odmaštění

Uplatnění kontroly odmaštění je všude tam, kde jsou vyžadovány vysoké nároky na povrchovou čistotu materiálů nejen v průmyslovém odvětví. Zařízení je možno využít jak pro detekci vad při svařování, tak při zajišťování daktyloskopických stop, ve zdravotnictví a v podstatě všude tam, kde lze detekovat kontaminující látky na základě jejich schopnosti fluorescence. [27] [29]



9 Povrchové úpravy materiálu

Důsledkem vzájemné interakce výrobků nebo výrobků a okolního prostředí je povrchová degradace materiálu. Na výsledné kvalitě se tedy jednoznačně podílí povrchové úpravy výroby. Vhodnou povrchovou úpravou můžeme zajistit a zlepšit spolehlivost zařízení či výrobků, můžeme do značné míry ovlivnit nároky na údržbu a rovněž stupeň využitelnosti. Naopak nevhodnou úpravou povrchu můžeme zásadně znehodnotit celé technické dílo a dobrovolně jej tak vystavit přírodním vlivům, které nebudou mít za důsledek nic menšího než trvalou degradaci celého technického řešení. Nejen v dnešní době platí, že pokud nakupujete výrobek, tak zde neméně důležitou roli při výběru hraje vzhled součásti. Ten lze rovněž ovlivnit kvalitní povrchovou úpravou. Při řešení a výběru vhodné úpravy povrchu součásti je nutné mít na zřeteli kritéria výběru, jimiž jsou technická kritéria, ekologická kritéria a technicko - ekonomická kritéria. [30]

9.1 Standardní předúpravy povrchu

Vhodnou úpravou povrchu tedy zajistíme celistvý, stejnorodý vzhled a dobrou korozní odolnost proti korozi a opotřebení. Úprava povrchu je obvykle dvoustupňová, zahrnuje jak chemické, tak mechanické úpravy povrchu. Těmito stupni ochrany se docílí požadavků na čistotu povrchu a přípravy požadované mikrostruktury.[30]



9.1.1 Mechanické úpravy povrchu

Ačkoliv mechanickou úpravou nedodáváme výrobkům rozměry přesně stanované výkresovou dokumentací, vytváříme však na daných výrobcích určitou jakost a kvalitu povrchu. Tedy úkolem mechanických úprav je očištění povrchu od nečistot, vytvořit příslušný vzhled, zdokonalit mechanické vlastnosti povrchu a zabezpečit vhodné podmínky pro kvalitní přilnavost následujících vrstev.

Mezi nejčastější způsoby mechanických úprav povrchu patří broušení, leštění a kartáčování tryskání. Broušení a leštění nachází své uplatnění především v oblasti odstranění nerovností a sjednocení kvality povrchu. Tyto technologie jsou jedny z nejnákladnějších operací, co se týká mechanických úprav, proto se volí jen a pouze v těch případech, kde jsou požadavkem maximální nároky na jakost povrchu.[30]

9.1.2 Chemické úpravy povrchu

Význam těchto úprav povrchu spočívá v odstranění nečistot z povrchu materiálu před následujícími úpravami. Mezi tyto technologie řadíme technologie odmaštění, moření, odrezování a leštění. Nečistoty, jež se zachytily na povrchu součástí lze v zásadě rozdělit do dvou skupiny:

- Nečistoty ulpělé
 - proces, kterým se odstraňují, nazýváme odmašťováním
 - tyto nečistoty jsou k povrchu vázány pouze pomocí adhezních sil
 - jedná se o zbytky mastných látek (zbytky past, emulzí, olejů)
 - kovové nečistoty (prach, třísky)
 - anorganické nerozpustné nečistoty (brusivo, prach z ovzduší)

- Vlastní nečistoty
 - proces, kterým se odstraňují, nazýváme mořením
 - jedná se o nečistoty spojené s kovem chemickou vazbou (okuje, rez)



Procesem odmaštění tedy nazýváme takový proces, kde odstraňujeme ulpělé nečistoty, jež jsou s povrchem součásti vázány adhezními silami. Úkolem této technologie je zajistit uvolnění nečistot, jejich rozpustnost, zároveň převedení v emulzi a zajištění jejich zpětného vyloučení na povrchu součásti. Odmaštění lze rozdělit na odmašťování emulzní, odmašťování ve vodných alkalických roztocích a odmašťování v organických rozpouštědlech.

Podle způsobu aplikace s rozpouštědlem dále dělíme na odmašťování ponorem, postřikem, v parách, elektrolytické, ultrazvukem, mechanické a tepelné

Technologie **emulzního odmašťování** spočívá v použití kombinace organického rozpouštědla obsahující množství organických emulgátorů a alkálií. Proces se provádí ponorem nebo postřikem. Rozpouštědlo nejprve rozpustí mastnotu, čímž sníží její viskozitu, průnik rozpouštědla do vrstvy nečistot podporuje emulgátor. Dalším krokem je oplach, díky němuž se odstraní nečistoty zároveň s rozpouštědlem ve formě emulze. Tato technologie je velmi účinná a její aplikace je velmi jednoduchá, důvodem proč emulzní odmaštění není ve velké míře rozšířeno, je z důvodů ekologického hlediska. Při této technologii mohou vzniknout velmi stabilní emulze způsobující znečištění odpadních vod.



Odmaštění ve vodných alkalických rozpouštědlech spočívá v rozptýlení a emulgaci nečistot. Zároveň s tím se rozpouštějí i ty sloučeniny, které jsou ve vodě nerozpustné. Alkalické roztoky pro odmaštění působí na ulpělé nečistoty různými způsoby. Tuky nebo oleje rostlinného a živočišného původu se při procesu odmaštění zmýdelní. Mastné látky původu minerálního jsou odolnějšími a tedy je nelze tímto způsobem odstranit. Lze však tyto látky z povrchu, na nichž ulpěli odstranit pomocí působení přísad v odmašťovacích lázních, kde se emulgují tyto látky do roztoku a tím dochází k jejich odstranění. Pomocí jiných přísad pak lze docílit zabránění jejich zpětnému usazování na čištěný předmět. Samotný proces je oproti odmašťování v organických rozpouštědlech výhodný hned v několika ohledech. Oproti organickým rozpouštědlům jsou alkalická rozpouštědla nehořlavá, levnější, jsou dokonalejší a méně hygienicky závadné. Tato technologie je ale limitována členitostí předmětů.

Odmašťování v organických rozpouštědlech je nejjednodušším způsobem odmašťování, zároveň s vysokou čistící mohutností. Limitní však pro tuto technologii je, že nelze aplikovat na vlhké povrchy, nelze jí odstraňovat pot a anorganické soli a likvidace použitých rozpouštědel je obtížná.

Kvalitní úpravy povrchu technologií odmaštění je však beze sporu nutné použít nejen při technologii svařování. U technologie spojování materiálu svařováním hrozí vlivem přítomnosti mastnoty riziko ovlivnění kvality svaru vznikem vad svarových spojů, zejména nežádoucí pórovitosti. Ta může být však způsobena i špatným vysušením elektrod, vlhkostí v plynu, příliš dlouhým obloukem, vysokou rychlostí svařování nebo rychlým tuhnutím lázně, které je zapříčiněno nízkým svařovacím proudem.[30]

Tab. 2 - Předúpravy povrchu

Předúpravy povrchu pro svařování		
Základní materiál	mechanická předúprava povrchu	chemická předúprava povrchu
konstrukční ocel	tryskání, broušení	odmaštění, moření
korozivzdorná ocel	tryskání (balotinou), broušení	moření
hliníkové slitiny	jemné broušení	odmaštění, moření
litina	tryskání (ocelová drť)	odmaštění



10 Experimentální část

10.1 Předpoklad

Litina je oproti ocelovým materiálům velmi pórovitá. Kvůli své pórovitosti je také náročná na čištění a pravděpodobně je schopná v provozu nasáknout různými procesními kapalinami, určenými pro zlepšení například obráběcích nebo tvářecích procesů. V případě poruchy litinového dílu je potřeba díl opravit zavařením. Pokud je litina nasákvavým materiálem a lze si ji představit jako objekt schopný do sebe absorbovat mastnotu tak je otázkou, jak docílíme odstranění mastnoty ze svařovaných ploch, aby bylo dosaženo kvalitního svaru a eliminace vzniku pórovitosti a náchylnosti praskání za studena způsobenou právě přítomností mastnoty ve svaru?

Toto je aktuálním problémem ve firmě Škoda Auto. Jejich tvářecí nástroje jsou pro zlepšení tvářitelnosti v neustálém kontaktu s tvářecími oleji. Z jistých důvodů však dochází na pracovní straně těchto nástrojů ke vzniku prasklin. Ve firmě Škoda Auto tyto praskliny odmastí a opraví pomocí svařování obalenou elektrodou. Po jistém čase však opět dochází ke vzniku trhlin. Předpoklad je tedy takový, že pokud je litina nasákvavým materiálem a na pracovních stranách tvářecích nástrojů dochází neustále k praskání, pak za vznik trhlin může právě přítomnost mastnoty, která nebyla dostatečným způsobem odstraněna před opravným svařováním a došlo ke vzniku pórovitosti v oblasti svarového kovu a ke vzniku trhlin.

Pro provedení experimentu byly vybrány následující metody odstranění mastnoty. Jednalo se o odmaštění pomocí tkaniny, odmaštění pomocí tkaniny a technického benzínu, odmaštění plamenem, ponorem, technickým čističem ve spreji, sonotrodou a ultrazvukem. Předpokládá se, že metoda odmaštění procesních kapalin ultrazvukem bude nejlepší, neboť na zkušební vzorky bude působit nejen chemický, ale také mechanický účinek ultrazvuku.



10.1.1 Příprava vzorku

Aby bylo možné určit, zda je litina nasákavým materiálem a jaká metoda je neúčinnější pro odstranění mastnoty, bylo třeba vhodně zvolit metodu ke zjištění nasákavosti. Pro tyto potřeby byla vybrána zkouška rozdílu hmotnosti zamaštěného a nezamaštěného materiálu a detekce mastnot zařízením Recognoil. Rozměry vzorků byly stanoveny s ohledem na maximální nosnost přesných vah tedy 160g.

Ze zkušební litinového materiálu bylo vytvořeno 12 vzorků o rozměrech $\varnothing 20 \times 10$ mm pro litinu, jejíž strukturou je lupínkový grafit (číslo tavby 690) a 12 vzorků pro litinu se strukturou kuličkového grafitu (číslo tavby 0018). Vzorky byly dle potřeby experimentu rozděleny do dvou skupin. Jednu skupinu tvořily vzorky o počtu tří kusů pro potřeby zjištění závislosti změny hmotnosti na čase. Druhá skupina byla tvořena devíti vzorky pro účely zjištění nevhodnější metody pro odmaštění. Podrobné chemické složení litin je vyobrazeno v následujících tabulkách.

Tab. 3 - Chemické složení litiny s kuličkovým grafitem

Materiál	0018 (LKG)						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Cu	%Mg
3,95	2,66	0,22	0,03	0,011	0	0,01	0,063

Tab. 4 - Chemické složení litiny s lupínkovým grafitem

Materiál	690 (LLG)						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Cu	%Sn
3,65	1,84	0,58	0,07	0,041	0	0,06	0,1



10.1.2 Odmaštění vzorků

Po vytvoření vzorků z litinového materiálu na rozměr $\varnothing 20 \times 10$ mm bylo třeba vytvořit homogenní vzhled. Toho bylo docíleno pomocí broušení brusnými papíry se zrnitostí P400 (pro hrubé broušení) a P800 (na dokončovací broušení) na laboratorní brusce viz obr. 18.



obr. 18 - Laboratorní bruska

Aby bylo zajištěno, že v pozdější fázi experimentu bude vzorek snímán z téže strany, byly na jednotlivé vzorky umístěny orientační značky zajišťující, že snímaná plocha bude vždy stejná a nedojde tak ke znehodnocení naměřených údajů. Následným bodem po označení vzorků bylo jejich očištění. Jako výchozí metoda pro očištění vzorků bylo použito odmaštění technickým benzinem a poté odmaštění v lázni ultrazvukové vany viz obr. 20. Odmašťující lázeň se skládala z 12 % koncentrátu demineralizované vody a přípravku určeného pro odmaštění s názvem „Star 75 PN“. Tento odmašťující prostředek je určen k očištění středně znečištěných povrchů oceli a litiny.[24]



V ultrazvukové vaně o dané odmašťující lázni byly vzorky odmašťovány po dobu 8 minut při teplotě 40 – 60°C (Hodnoty byly stanoveny dle požadavku výrobce odmašťujícího prostředku).

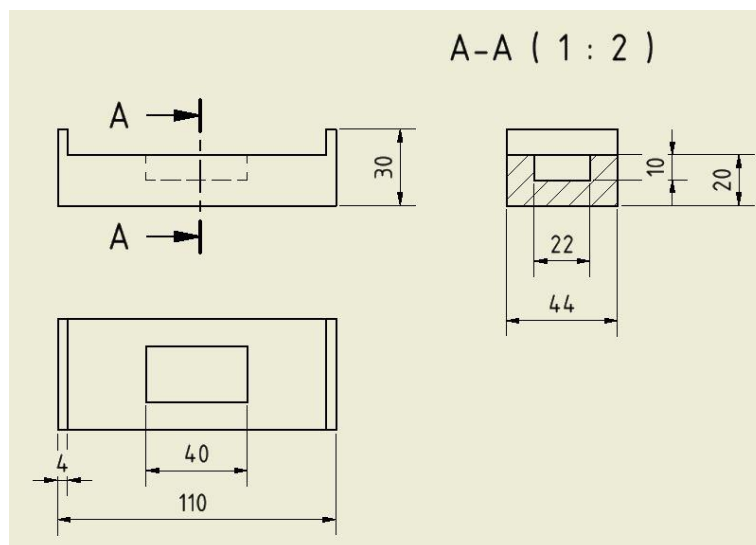


obr. 20 - Ultrazvuková vana



obr. 19 - Digitální váhy pro předvážení vzorků

Takto odmaštěné vzorky byly umístěny do přípravku vyrobeného pro potřeby experimentu. Tento přípravek byl vyhotoven z důvodů malého rozměru vzorku a zároveň odstínění okolí, aby výsledný snímek nebyl znehodnocen přítomností okolního světla (viz obr. 21).



obr. 21 - Přípravek pro DP



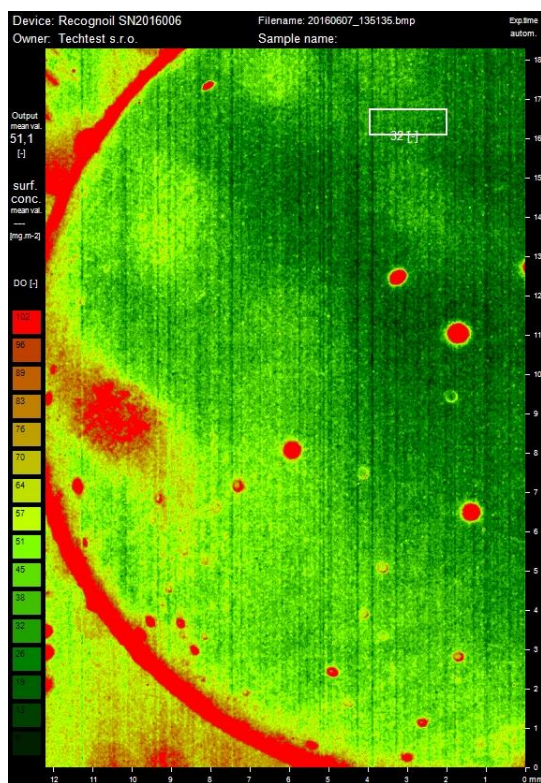
V momentě, kdy snímek ze skenovacího zařízení detekce mastnoty zobrazil hodnoty 40 – 50 jednotek, byl brán za vzorek čistý, pokud tyto hodnoty nevykazoval, pak bylo třeba provést opět odmaštění v ultrazvukové vaně. Čisté vzorky byly poté zváženy na dvou laboratorních vahách. Na prvních vahách byla určena hmotnost vzorku



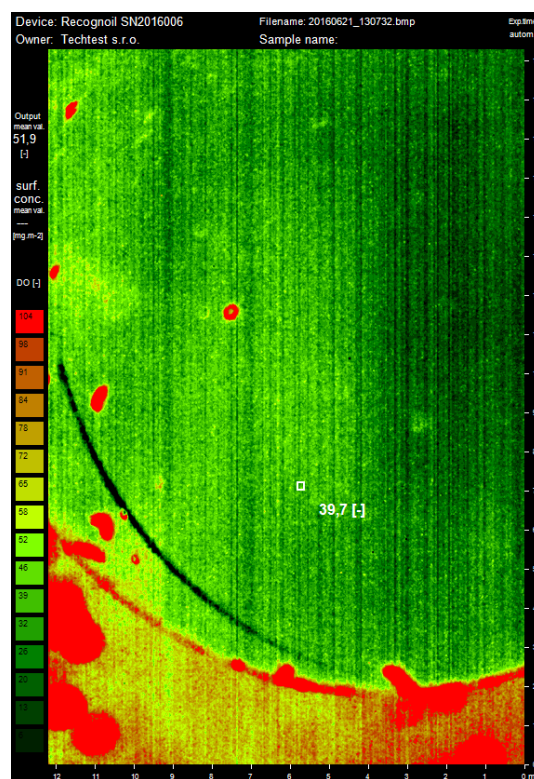
s přesností na 3 desetinná čísla obr. 19. Hodnoty z těchto vah byly výchozí pro váhy přesnější, kde byla zaznamenána hmotnost s přesností na 4 desetinná místa (obr. 22).

Hodnoty hmotností vzorků a snímky z odmaštěných vzorků byly archivovány pro porovnání v pozdější fázi experimentu. Cílem této části experimentu bylo dosáhnout co možná nejvyššího stupně čistoty jako referenční hodnoty pro další měření a následné porovnávání.

obr. 22 - Přesné váhy



obr. 24 - Odmaštěný vzorek č. 4 LKG



obr. 23 - Odmaštěný vzorek č. 4 LLG

10.1.3 Zamaštění vzorků

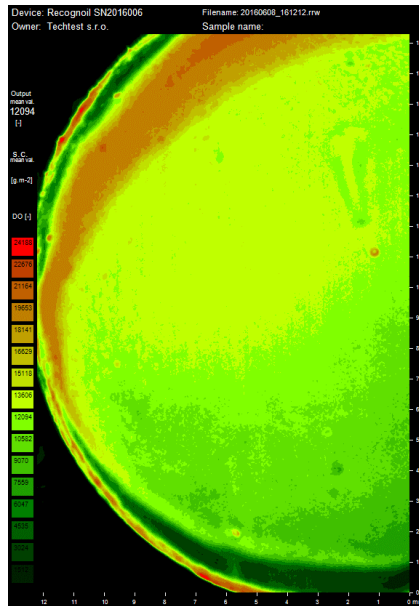
Na očištěné a zvážené vzorky byl nanesen olejový film a aplikována „vypouštěcí metoda“. Pro účel nanášení olejového filmu na vzorky byla vytvořena směs technického benzínu a oleje o koncentraci 20 %. Do připravené nádrže (obr. 25) s vypouštěcím ventilem byla tato směs nalita a poté byl do ní zavěšen vzorek pomocí elektrikářské pásky takovým způsobem, aby se v žádném místě nedotýkal nádrže.

Vzorky byly vystaveny působení této směsi po dobu jedné minuty. Po uplynutí této doby byl otevřen výpustný ventil a nádrž byla vyprázdněna. Vzorek byl ponechán působení

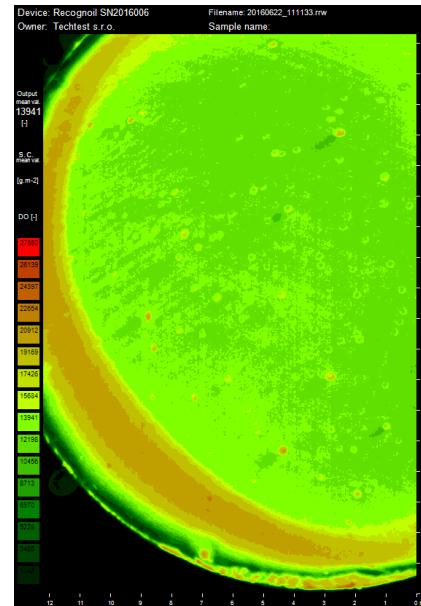


vzdušné atmosféry, poté byla ze vzorku odstraněna páska, aby nedošlo ke zkreslení výsledné hmotnosti po nanesení olejového filmu. V poslední fázi došlo k samotnému zvážení a zjištění přítomnosti mastnot pomocí skenovacího zařízení. Cílem této části bylo vytvoření homogenního olejového filmu na povrchu litinových vzorků.

obr. 25 - Nádrž s vypouštěcím ventilem pro vypouštěcí zkoušku



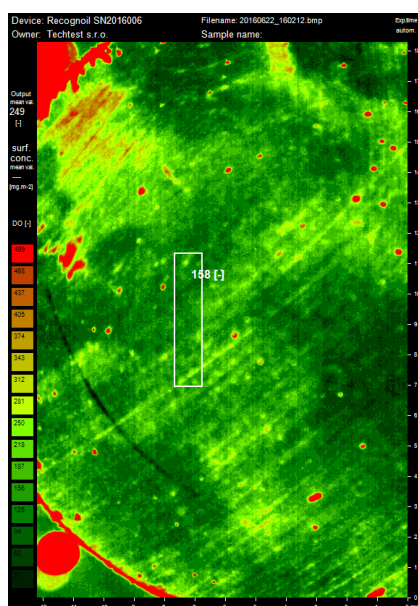
obr. 26 - Po zamaštění vzorek č. 4 LKG



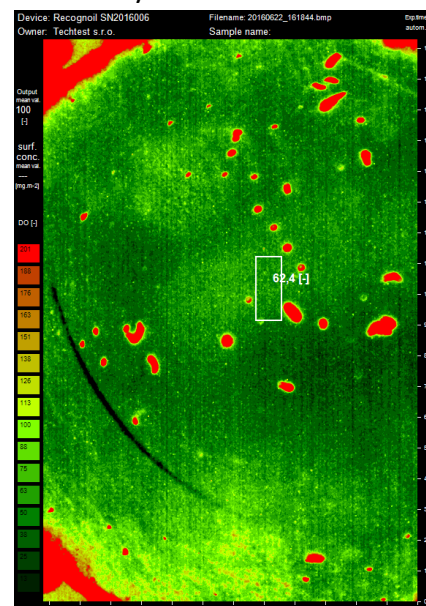
obr. 27 - Po zamaštění vzorek č. 4 LLG

10.1.4 Odmaštění vzorků

Na vzorky obsahující olejový film byly aplikovány různé metody odmaštění. Metody odmaštění byly voleny tak, aby bylo možné tyto zkoušky prováděné v laboratorních podmínkách realizovat v běžném pracovním procesu. Pro každé tři konkrétní vzorky byla přiřazena konkrétní metoda odmaštění. Po odmaštění příslušnými metodami proběhlo zvažení vzorků a vyhotovení snímků přítomnosti mastnoty. Cílem v této fázi experimentu bylo stanovit při jaké z odmašťujících metod je dosaženo nejlepších hodnot odmaštění vzhledem k výchozím naměřeným hodnotám.



obr. 29 - Po odmaštění čističem ve spreji vzorek č. 4 LLG



obr. 28 - Po odmaštění čističem ve spreji vzorek č. 4 LKG

10.2 Vyhodnocení dílčích vzorků

10.2.1 Ověření nasákavosti

Pro ověření zda jsou litiny s lupínkovým a kuličkovým grafitem nasákavé byly vybrány od každého materiálu vzorky s označením 1 – 3. Tyto vzorky byly umístěny do nádob s tvářecím olejem Total Martol EP 180. Z těchto nádob byly vzorky postupně s různým časovým odstupem vyndávány a následně očištěny tkaninou. Poté byl změřen nárůst hmotnosti jednotlivých vzorků a četnost mastnoty na povrchu. U litiny s kuličkovým grafitem byly naměřeny následující hodnoty.

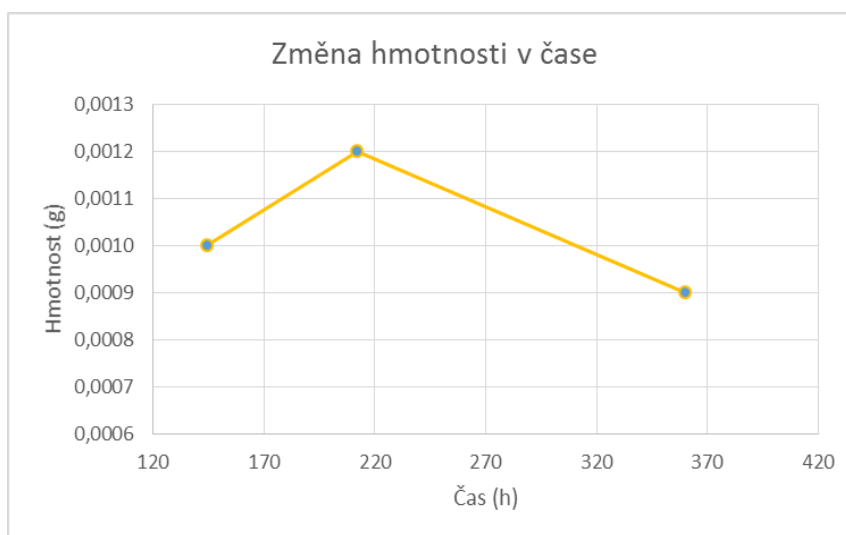
Tab. 5 - naměřené hodnoty pro LKG (0018)

závislost nasákavosti T/ Δm				
vzorek	m_1	m_2	Δm	t (h)
1	21,7392	21,7402	0,0010	144
2	21,7236	21,7248	0,0012	212
3	21,7108	21,7117	0,0009	360

m_1 – hmotnost vzorku na začátku

m_2 – hmotnost po odmaštění

Δm – rozdíl hmotností m_1 a m_2

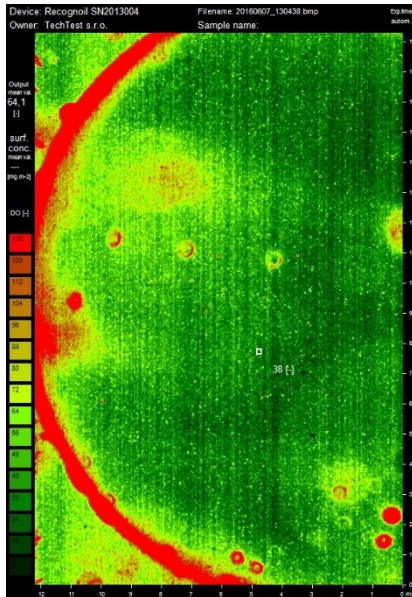


obr. 30 - změna hmotnosti v čase LKG (0018)

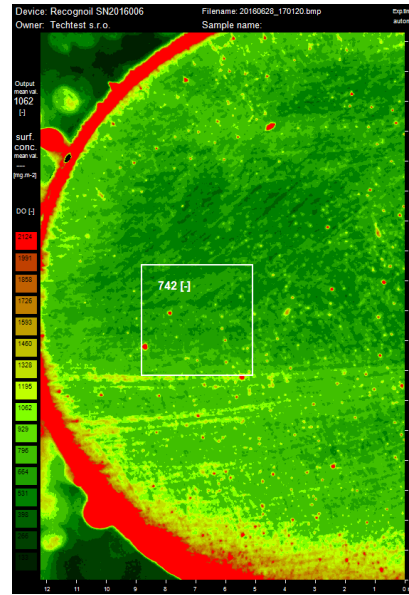
Z těchto naměřených hodnot lze říci, že na zkušebním vzorku i po otření tkaninou setrvává mastnota. Naměřená hodnoty odpovídá přibližně jedné tisícině hmotnosti. K žádnému zásadnímu rozdílu nárůstu či poklesu hmotnosti při delší expozici vzorků v nádobě s olejem nedocházelo.

Záznam ze skenovacího zařízení pro detekci mastnot je následující:

- Vzorek 1



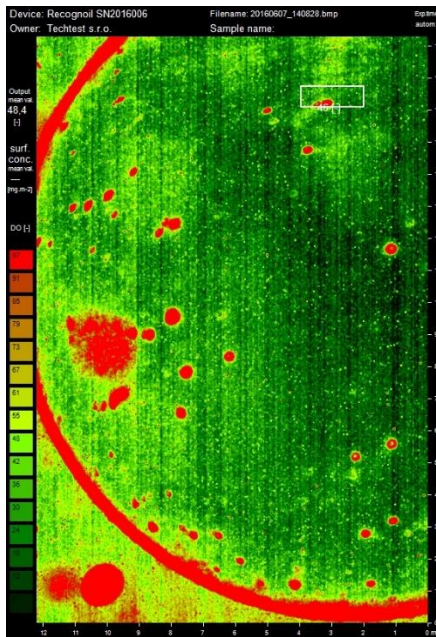
obr. 32 - Vzorek 1 LKG (0018) před zamaštěním



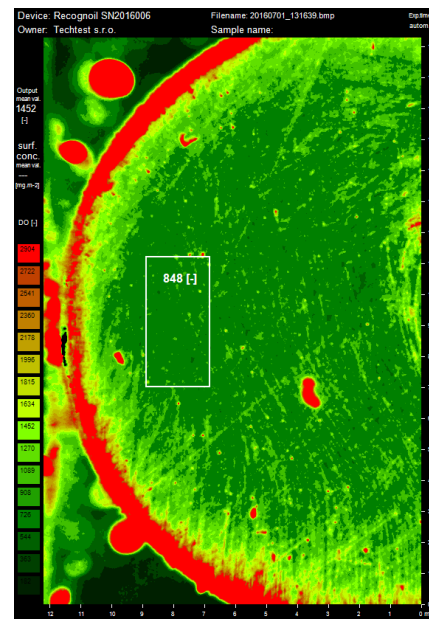
obr. 31 - Vzorek 1 LKG (0018) po odmaštění tkaninou

Stupeň zamaštění je dán stupnicí na levé straně jednotlivých obrázků, přičemž samotná stupnice není vždy stejná, mění se adekvátně podle aktuálního stupně znečištění na jednotlivých obrázcích. Z obr. 31 a obr. 32 by se dalo podle barevného vyobrazení vzorků na první podle říci, že obr. 31 je čistší než obr. 32, není však tomu tak. Je nutné pro vyhodnocení vzít v úvahu již zmíněné stupnice zamaštění a oblast ohraničenou „bílým rámečkem“, která udává množství zamaštění pro danou oblast. Po odmaštění v ultrazvukové vaně byla tedy průměrná hodnota 38 jednotek, jednalo se tedy o „čistý povrch“. Po vyndání vzorku z nádoby s olejem a odmaštění tkaninou byla pak hodnota 742 jednotek, vzorek byl tedy stále zamaštěn.

- Vzorek 2



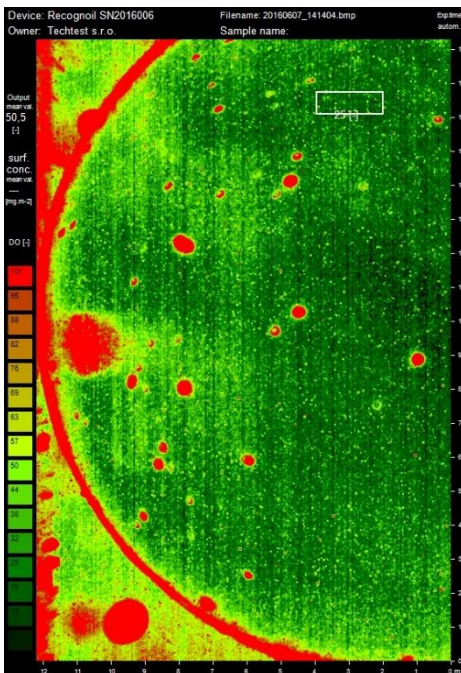
obr. 33 - Vzorek 2 LKG (0018) před zamaštěním



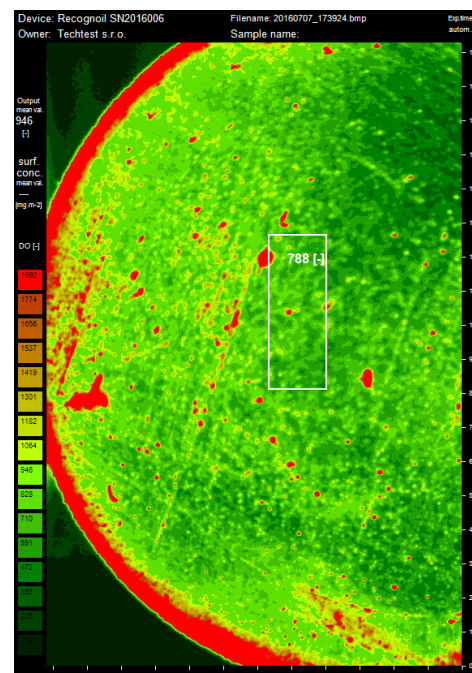
obr. 34 - Vzorek 2 LKG (0018) po odmaštění tkaninou

Čistý vzorek vykazoval hodnoty 46 jednotek a zamaštěný vzorek hodnotu 848 jednotek. Vzorky byly opět očištěny tkaninou, od zahájení experimentu uběhlo 212 h, než byly vzorky vyjmuty.

- Vzorek 3



obr. 36 - Vzorek 1 LKG (0018) před zamaštěním



obr. 35 - Vzorek 3 LKG (0018) po odmaštění tkaninou



Vzorek po odmaštění v ultrazvukové vaně vykazoval hodnoty 25 jednotek. Po 360 - ti hodinách v nádobě s olejem byl vzorek vyjmut a pomocí tkaniny očištěn. Hodnota zamaštění byla naměřena 788 jednotek. Na snímcích byly v oblasti vzorku přítomny nahodilá místa s vysokou kvalitou znečištění oproti zbytku skenované oblasti (rudé tečky, oblasti). Ty mohou být důsledkem přítomnosti prachových částic nebo vláknů z látky, s níž byl vzorek odmašťován.

Stejný postup byl proveden u litiny s lupínkovým grafitem. Tři vzorky byly ponořeny do nádoby obsahující tvářecí oleje Total Martol EP 180 a zavěšeny. Tyto vzorky byly stejně jako vzorky z litiny se strukturou kuličkového grafitu po stejném časovém intervalu z nádoby vyndány odmaštěny tkaninou a změřeny.

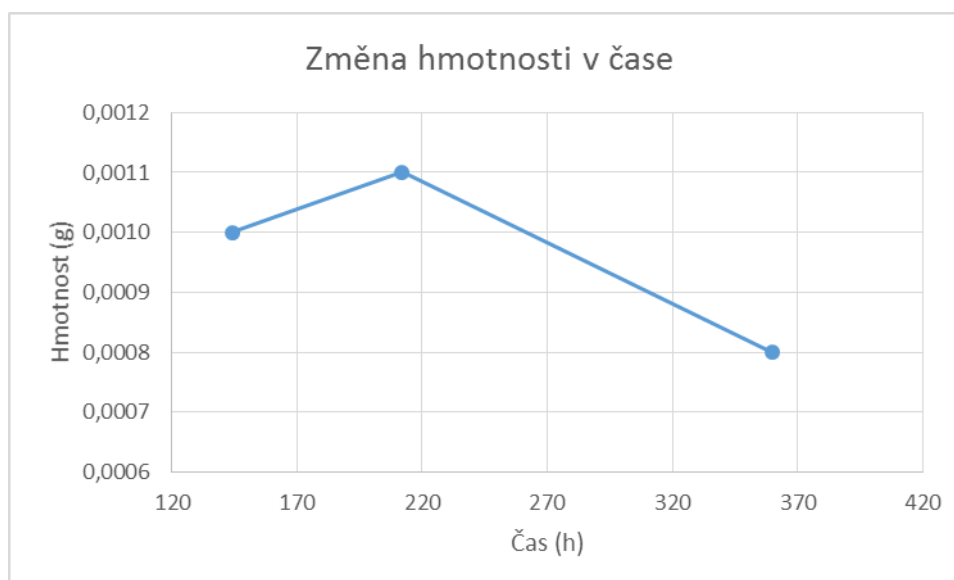
Tab. 6 - naměřené hodnoty pro LLG (690)

závislost nasákavosti T/ Δm				
vzorek	m_1	m_2	Δm	t (h)
1	21,8997	21,9007	0,0010	144
2	22,3255	22,3266	0,0011	212
3	22,206	22,2068	0,0008	360

m_1 – hmotnost vzorku na začátku

m_2 – hmotnost po odmaštění

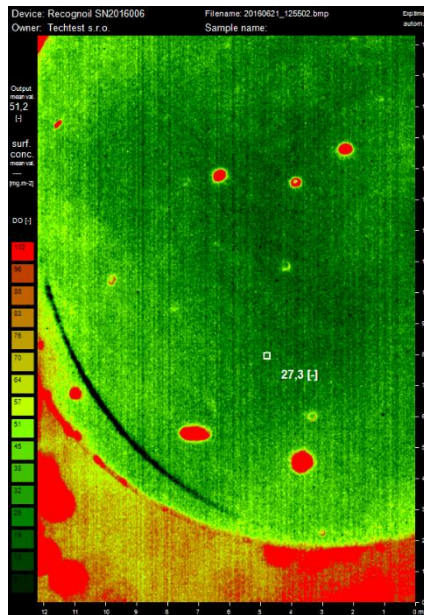
Δm – rozdíl hmotností m_1 a m_2



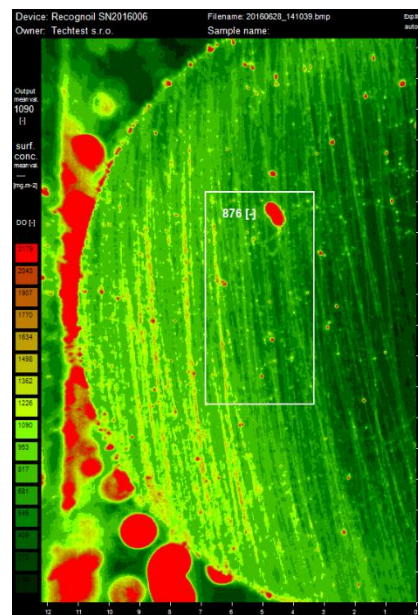
obr. 37 - Změna hmotnosti v čase LLG (690)

Křivka změny hmotnosti v čase je v podstatě totožná u litiny s lupínkovým i kuličkovým grafitem. Na litině jejíž strukturou je lupínkový grafit i po ořtení tkaninou setrvává mastnota přibližně jedné tisícíny hmotnosti. K žádnému zásadnímu rozdílu nárůstu či poklesu hmotnosti při delší expozici vzorků v nádobě s olejem nedocházelo. Záznam ze skenovacího zařízení pro detekci mastnot je následující:

- Vzorek 1



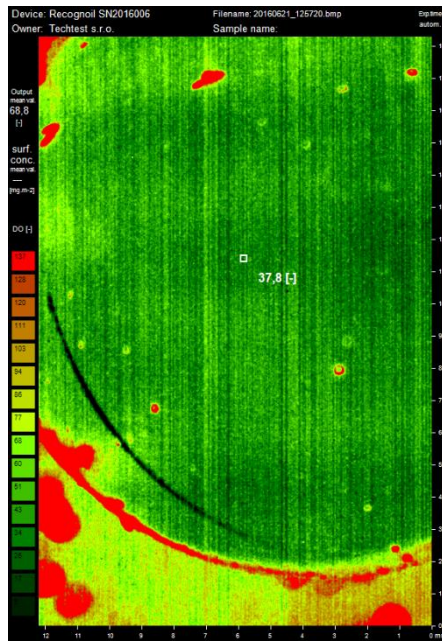
obr. 39 - Vzorek 1 LLG (690) před zamaštěním



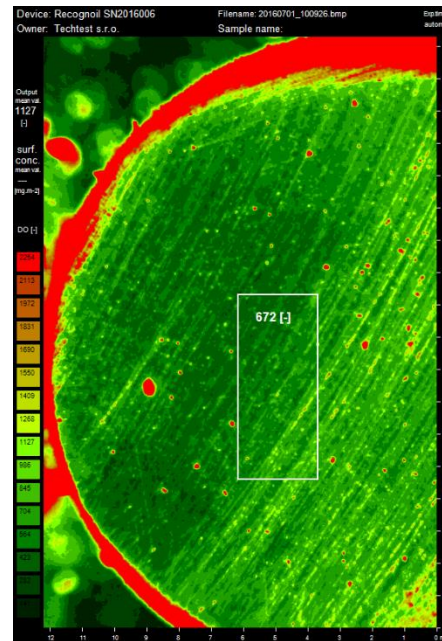
obr. 38 - Vzorek 1 LLG (690) po odmaštění tkaninou

Po odmaštění v ultrazvukové vaně byla tedy průměrná hodnota 27,3 jednotek (viz obr. 39). Po uplynutí 144h došlo k vyndání vzorku z nádoby a odmaštění oleje tkaninou byla pak hodnota 876 jednotek (viz obr. 38), vzorek byl tedy stále zamaštěn.

- Vzorek 2



obr. 41 - Vzorek 2 LLG (690) před zamaštěním

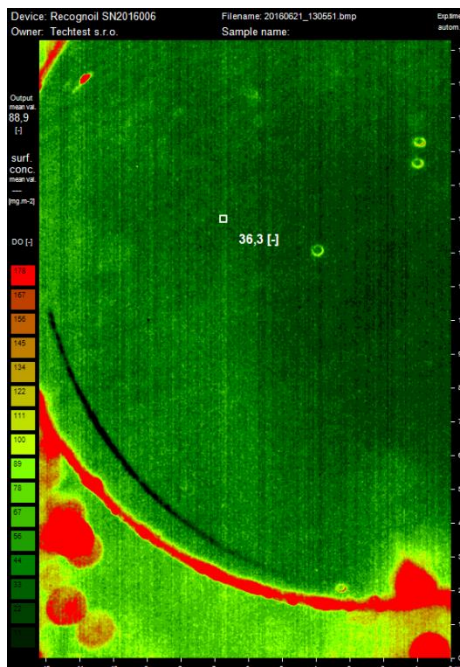


obr. 40 - Vzorek 2 LLG (690) po odmaštění

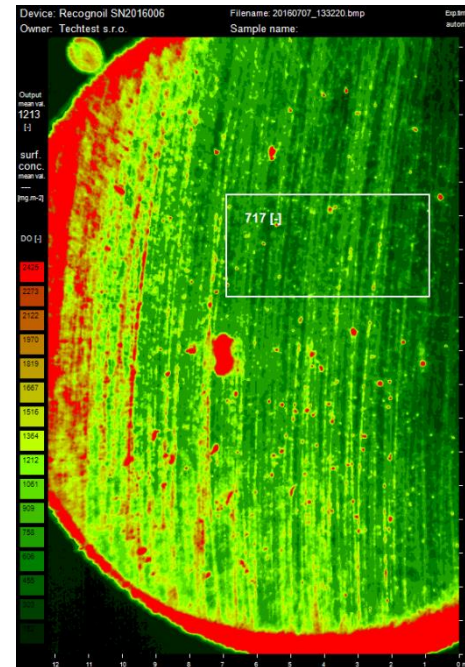
Čistý vzorek č. 2 vykazoval hodnoty znečištění 37,8 jednotek (viz obr. 41).

Po 212h byl vzorek vyndán a očištěn, vykazoval hodnoty 676 jednotek (viz obr. 40), na vzorku byly evidentně stále přítomná mastnota.

- Vzorek 3



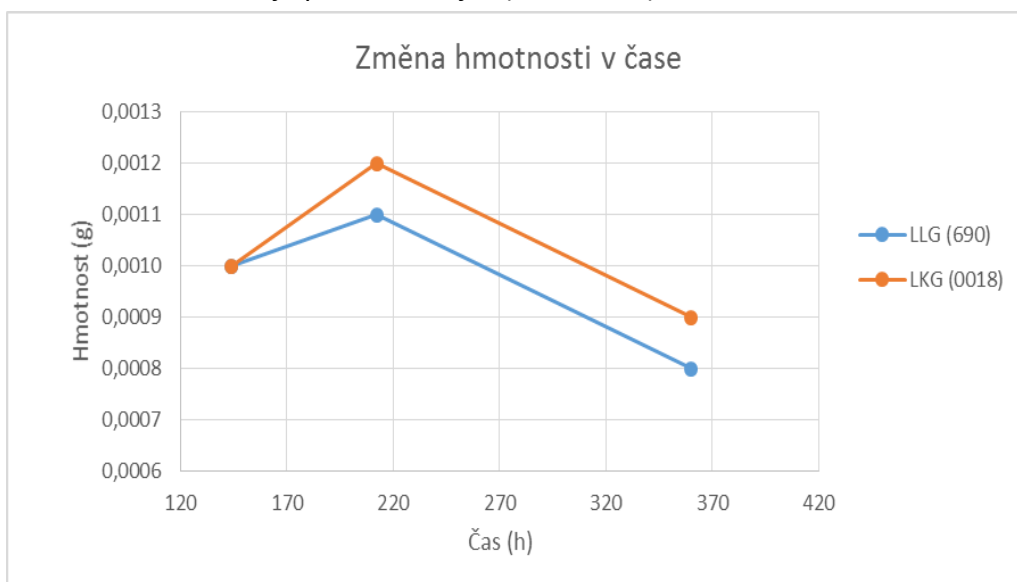
obr. 43 - Vzorek 3 LLG (690) před zamaštěním



obr. 42 - Vzorek 3 LLG (690) po odmaštění tkaninou



Po uplynutí 360h byl i třetí vzorek vyndán, odmaštěn a změřen. Hodnoty čistoty vzorku odmaštěného na počátku měření v ultrazvukové vaně byly 36,3 jednotek (obr. 41) a hodnoty vzorku po odmaštění tkaninou byly 717 jednotek (viz obr. 40). Pokud porovnáme naměřené hodnoty pro litinu s lupínkovým a litinu s kuličkovým grafitem pak zjistíme, že rozdíly jsou zde v řádu deseti tisícín. Grafické znázornění je pak následující (viz obr. 44).



obr. 44 - Porovnání litin změnou hmotnosti

Z této části měření vyplývá, že litina je nasákavým materiálem ovšem struktura na kvalitu odmašťování ani na změnu hmotnosti alespoň při tomto měření prakticky žádný zásadní vliv neměla.

10.2.2 Odmaštění čističem ve spreji

Po odmaštění v ultrazvukové vaně byly změřeny a zaznamenány hodnoty hmotnosti i zamaštění skenovacím řízením pro litinu s lupínkovým i kuličkovým grafitem.

Pro tuto zkoušku byly vybrány pro každý materiál tři vzorky, aby bylo možné naměřené hodnoty považovat za průkazné. Na vzorky byla nanesena směs olejového filmu a technického benzínu prostřednictvím zařízení na obr. 25. Vzorky byly odmaštěny pomocí čističe ve spreji. Poté došlo opět k měření a to jak změny hmotnosti, tak znečištění. Z výsledných hodnot byly vybrány dva vzorky. Jeden vzorek pro každý materiál jako ilustrační výstup z měření. Vzorky nebyly vybrány



obr. 45 - Čistič ve spreji

nahodile, ale byly vybrány střední hodnoty z naměřených hodnot.

Tab. 8 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 4-6

vzorek č.	4	5	6
m_1 (g)	21,5834	21,5750	21,3210
m_2 (g)	21,5872	21,5805	21,3255
Δm_1 (g)	0,0038	0,0055	0,0045
Δm_1 (%)	0,0176	0,0255	0,0211
m_3 (g)	21,5839	21,5755	21,3216
Δm_2 (g)	0,0033	0,0050	0,0039

Tab. 7 - Naměřené hodnoty pro LLG (690) 4-6

vzorek č.	4	5	6
m_1 (g)	21,8276	21,9473	21,8880
m_2 (g)	21,8315	21,9506	21,8903
Δm (g)	0,0039	0,0033	0,0023
Δm (%)	0,0179	0,0150	0,0105
m_3 (g)	21,8280	21,9479	21,8883
Δm_2 (g)	0,0035	0,0027	0,0020

m_1 – hmotnost vzorků po odmaštění

m_2 – hmotnost vzorků po zamaštění

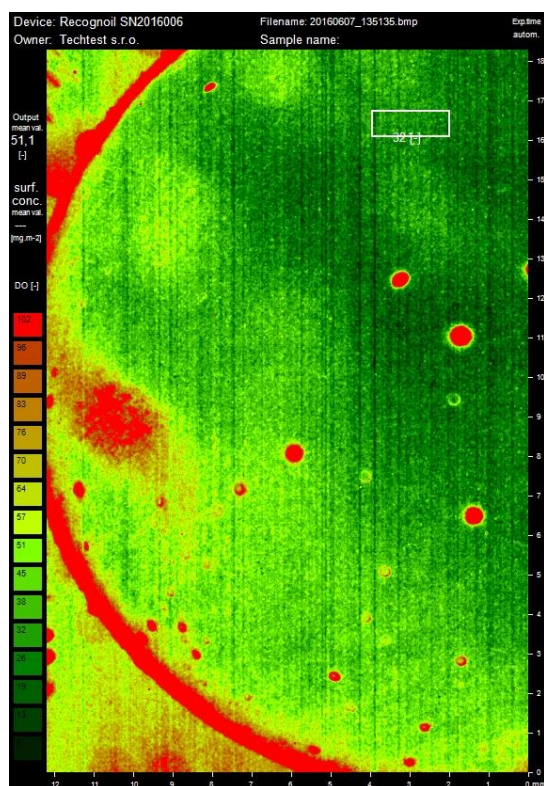
m_3 – hmotnost vzorků o odmaštění čističem

$\Delta m_1 = (m_2 - m_1)$ – množství olejového filmu na vzorku

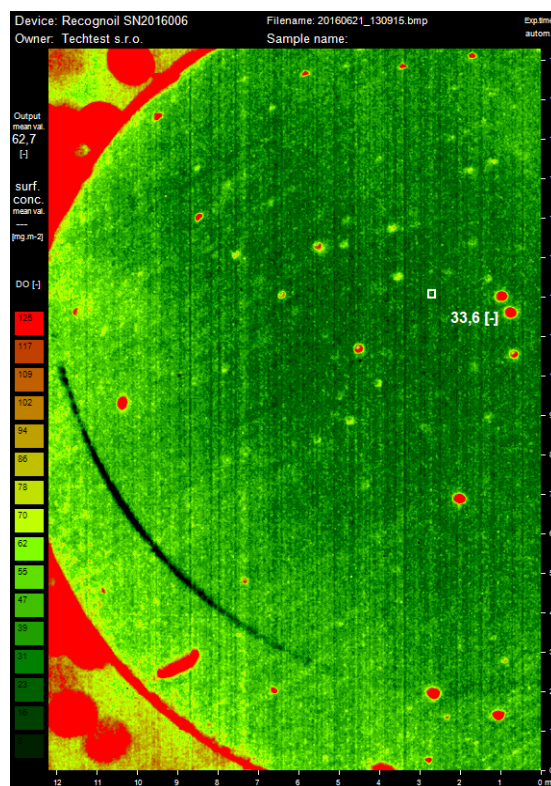
$\Delta m_2 = (m_2 - m_3)$ – množství olejového filmu, které se povedlo danou metodou odstranit



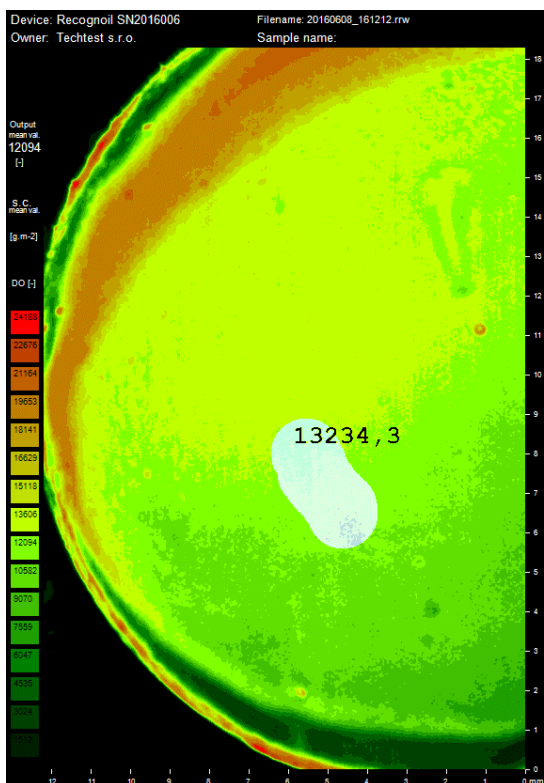
Pro hodnocení výsledků byl vybrán vzorek č. 4 u LKG a vzorek č. 5 u LLG. Na všech vzorcích uvedených v tabulce byla provedena detekce mastnot, ale jen detekce mastnot pro zmíněné vzorky poslouží k vyhodnocení výsledků.



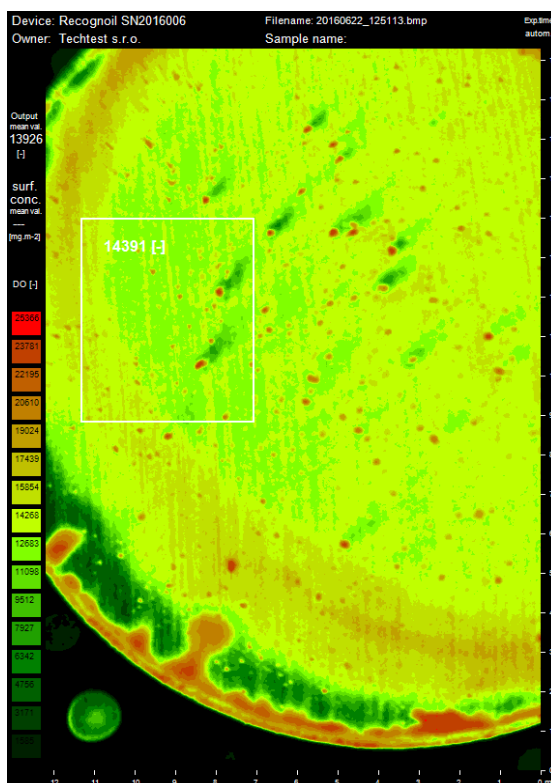
obr. 47 - LKG (0018) vzorek 4 před zamaštěním



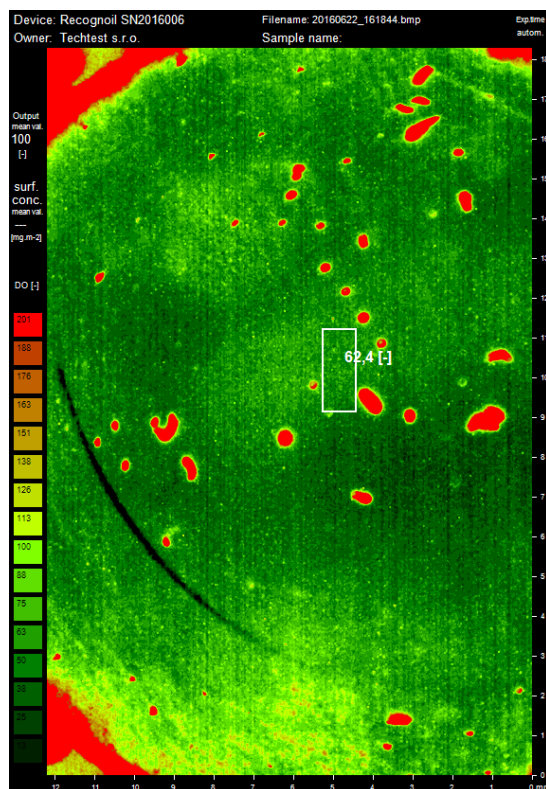
obr. 46 - LLG (690) vzorek 5 před zamaštěním



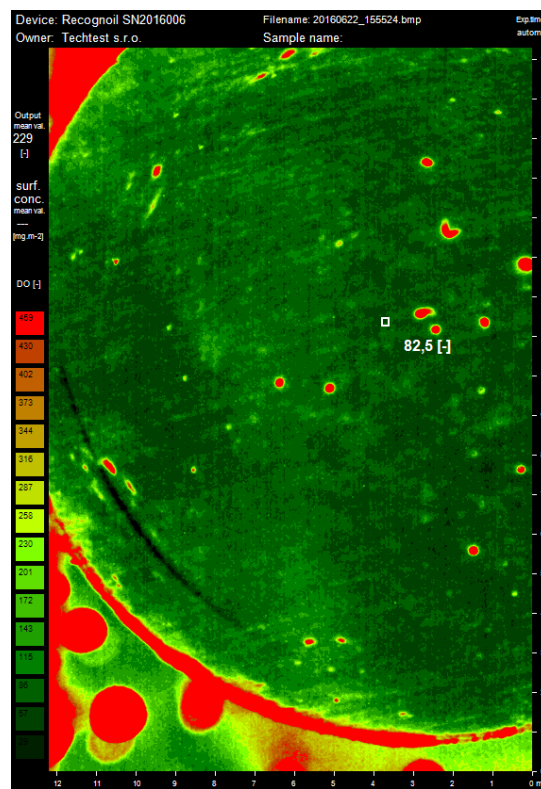
obr. 49 - LKG (0018) vzorek 4 po zamaštění



obr. 48 - LLG (690) vzorek 5 po zamaštění



obr. 51 - LKG (0018) vzorek 4 po odmaštění



obr. 50 - LLG (690) vzorek 5 po odmaštění

Proces odmaštění u LKG probíhal z 13234 jednotek na hodnotu 63. U LLG probíhalo odmaštění z hodnot 14391 na 83 jednotek. Touto metodou bylo možné očistit vzorky takřka na výchozí hodnoty čistých vzorků. Pro určení nevhodnější metody je nutné kromě změny hmotnosti zjistit i rozdíl luminiscence nečistot, který byl následující:

Tab. 9 - Rozdíl luminiscence (čistič ve spreji)

Vzorek č.	4	5
materiál	LKG	LLG
Lum 1	13234	14 391
Lum 2	62,4	83
Δ Lum	13171,6	14 309

Lum 1 – množství nečistot po nanesení mastnot

Lum 2 – množství nečistot po odmaštění

 Δ Lum – množství očištěných mastnot



10.2.3 Odmaštění technickým benzinem a tkaninou

Po odmaštění o jehož postupu bylo psáno na str. 44 byly vybrány pro každý materiál tři vzorky, aby bylo možné naměřené hodnoty považovat za průkazné. Na vzorky byla nanesena směs olejového filmu a technického benzínu prostřednictvím zařízení na obr. 25. Odmaštění proběhlo nalitím technického benzínu na tkaninu a otěrem vzorků. Poté byla změřena hmotnost a nečistota vzorků. Pro tuto metodu odmaštění byly rovněž vybrány 3 vzorky pro LLG a 3 vzorky pro LKG. Naměřené hodnoty byly následující.

Tab. 11 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 7 - 9

vzorek č.	7	8	9
m_1 (g)	21,5013	21,7123	21,5409
m_2 (g)	21,5048	21,7160	21,5450
Δm_1 (g)	0,0035	0,0037	0,0041
Δm_1 (%)	0,0163	0,0170	0,0190
m_3 (g)	21,5035	21,7146	21,5431
Δm_2 (g)	0,0013	0,0014	0,0019

Tab. 10 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 7 - 9

vzorek č.	7	8	9
m_1 (g)	21,5834	22,1350	21,7970
m_2 (g)	21,5864	22,1394	21,8001
Δm (g)	0,0030	0,0044	0,0031
Δm (%)	0,0139	0,0199	0,0142
m_3 (g)	21,5840	22,1354	21,7975
Δm_2 (g)	0,0024	0,0040	0,0026

m_1 – hmotnost vzorků po odmaštění

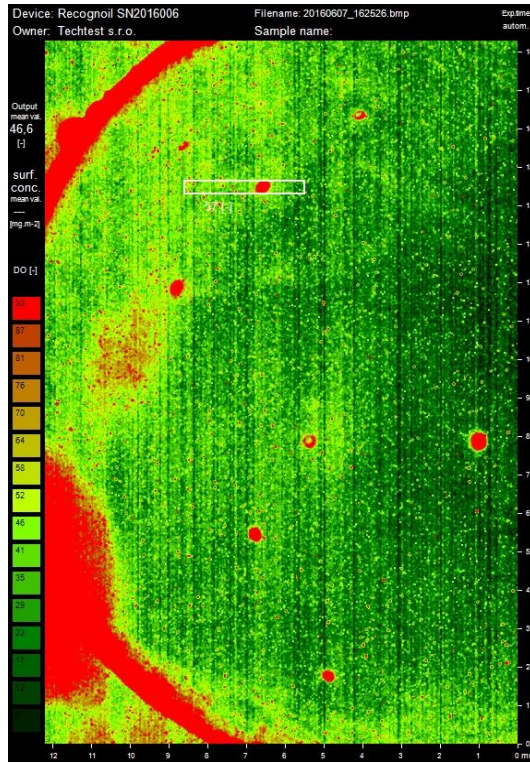
m_2 – hmotnost vzorků po zamaštění

m_3 – hmotnost vzorků o odmaštění čističem

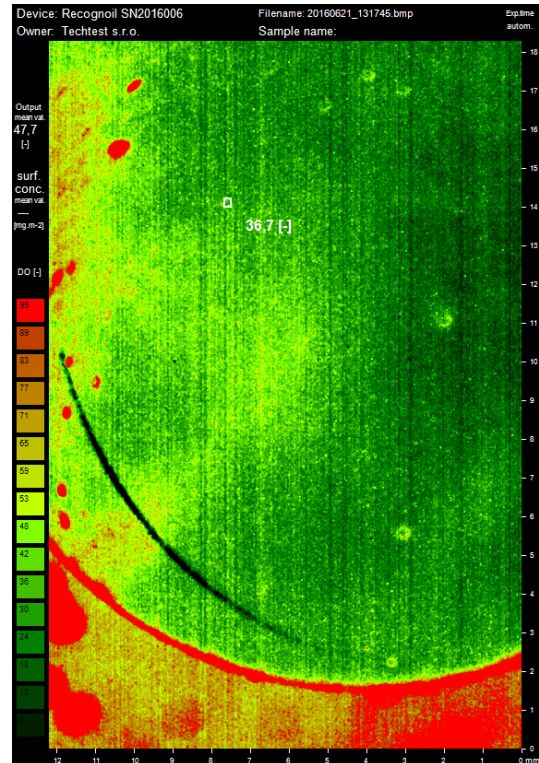
$\Delta m_1 = (m_2 - m_1)$ – množství olejového filmu na vzorku

$\Delta m_2 = (m_2 - m_3)$ – množství olejového filmu, které se povedlo danou metodou odstranit

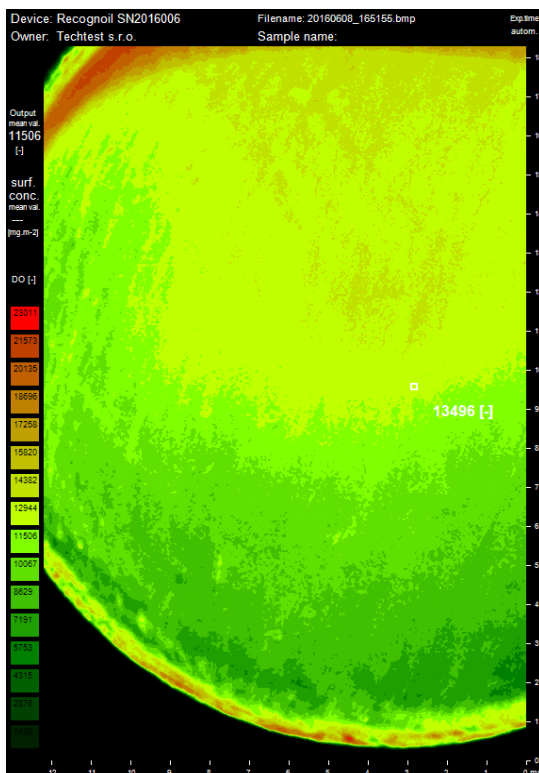
Pro hodnocení výsledků byl vybrán vzorek č. 8 u LKG a vzorek č. 9 u LLG.



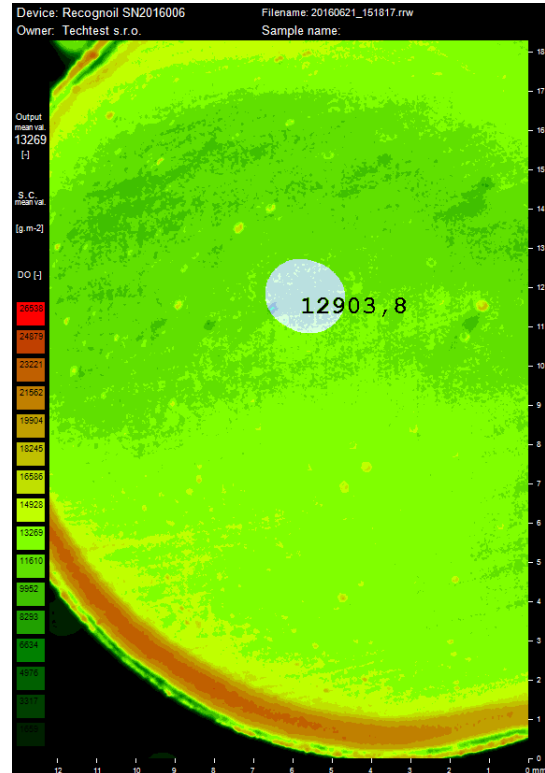
obr. 53 - LKG (0018) vzorek 8 před zamaštěním



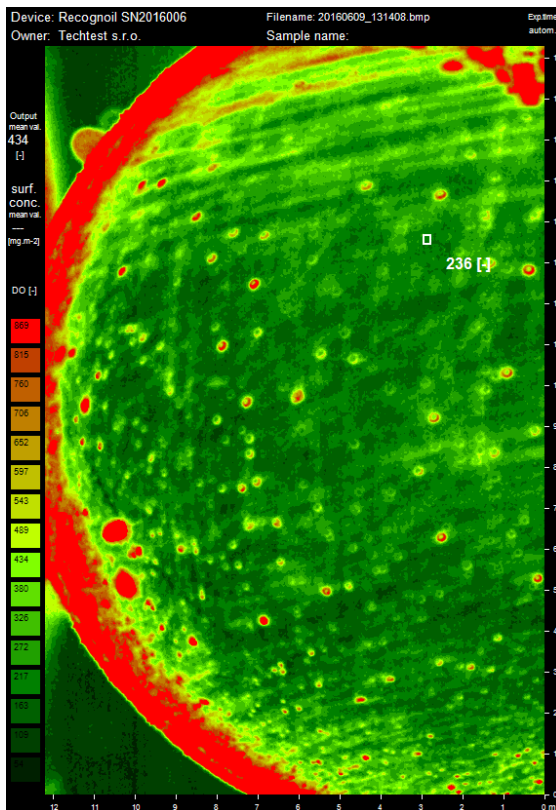
obr. 55 - LLG (690) vzorek 9 před zamaštěním



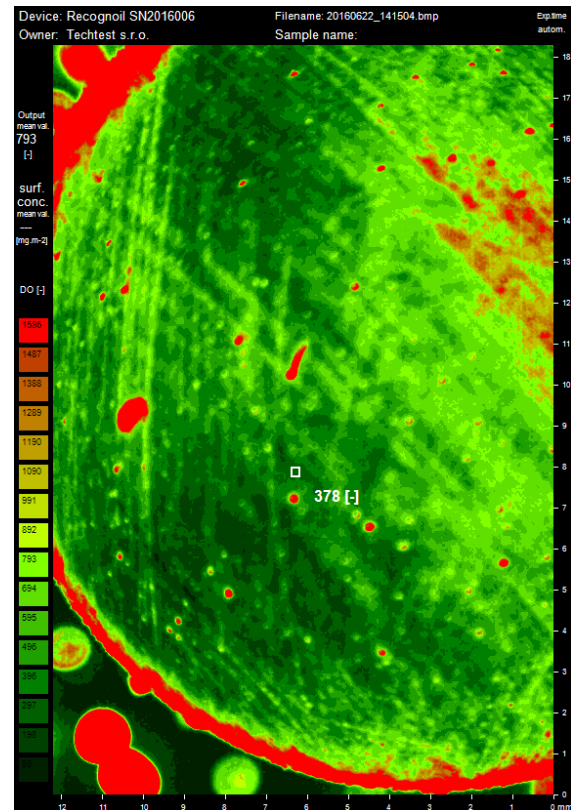
obr. 54 - LKG (0018) vzorek 8 po zamaštění



obr. 52 - LLG (690) vzorek 9 po zamaštění



obr. 57 - LKG (0018) vzorek 8 po odmaštění



obr. 56 - LLG (690) vzorek 9 po odmaštění

Proces odmaštění u LKG probíhal z 13496 jednotek na hodnotu 236. U LLG probíhalo odmaštění z hodnot 12904 na 378 jednotek. Touto metodou nebylo možné očistit vzorky na výchozí hodnoty, rozdíl luminiscence nečistot byl následující.

Tab. 12 – Rozdíl luminiscence (technický benzin)

Vzorek č.	8	9
materiál	LKG	LLG
Lum 1	13496	12 904
Lum 2	236	378
Δ Lum	13260	12 526

Lum 1 – množství nečistot po nanesení mastnot

Lum 2 – množství nečistot po odmaštění

Δ Lum – množství očištěných mastnot



10.2.4 Odmaštění tkaninou

Na odmaštěné a očištěné vzorky byla nanесena směs olejového filmu a technického benzínu prostřednictvím zařízení na obr. 25. Jako odmašťovací prostředek byla zvolena pouze tkanina a níž došlo k odstranění mastnoty.

Tab. 13 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 10 - 12

vzorek č.	10	11	12
m_1 (g)	21,4354	21,7853	21,7515
m_2 (g)	21,4385	21,7887	21,7563
Δm_1 (g)	0,0031	0,0034	0,0048
Δm_1 (%)	0,0145	0,0156	0,0221
m_3 (g)	21,4376	21,7876	21,7546
Δm_2 (g)	0,0009	0,0011	0,0017

Tab. 14 - Naměřené hodnoty pro LLG (690) 10 - 12

vzorek č.	10	11	12
m_1 (g)	22,2150	22,5480	22,0371
m_2 (g)	22,2182	22,5513	22,0423
Δm (g)	0,0032	0,0033	0,0052
Δm (%)	0,0144	0,0146	0,0236
m_3 (g)	22,2153	22,5489	22,0392
Δm_2 (g)	0,0029	0,0024	0,0031

m_1 – hmotnost vzorků po odmaštění

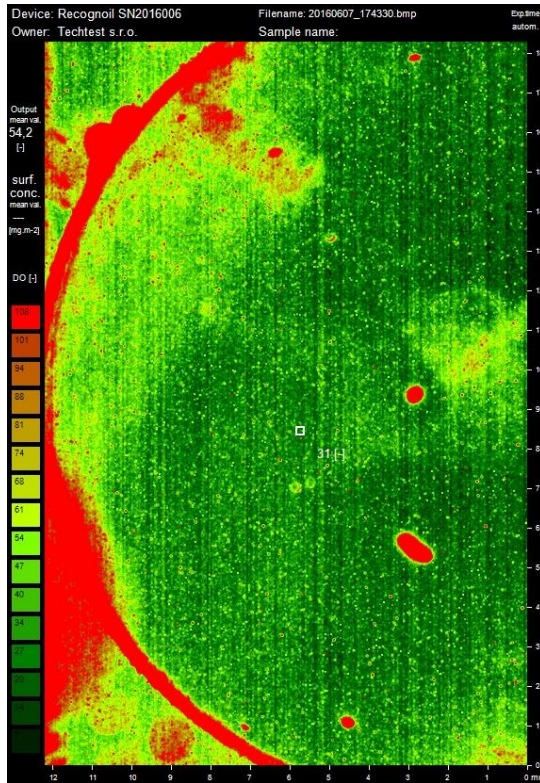
m_2 – hmotnost vzorků po zamaštění

m_3 – hmotnost vzorků o odmaštění čističem

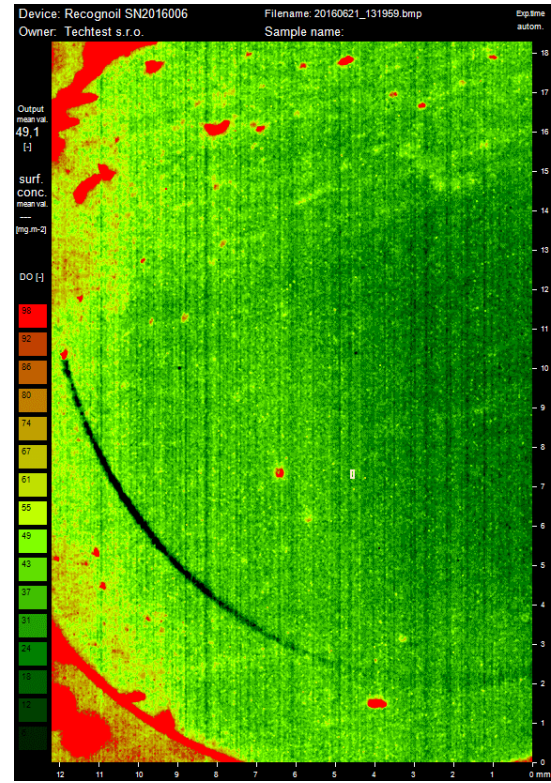
$\Delta m_1 = (m_2 - m_1)$ – množství olejového filmu na vzorku

$\Delta m_2 = (m_2 - m_3)$ – množství olejového filmu, které se povedlo danou metodou odstranit

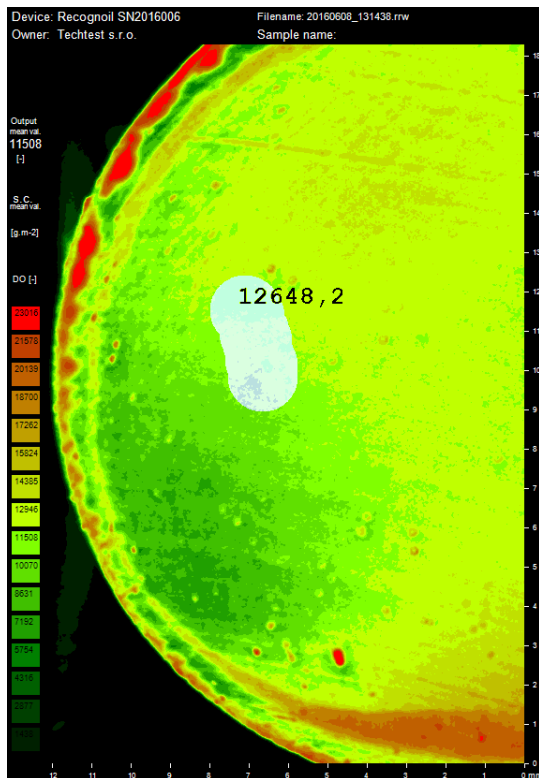
Pro hodnocení výsledků byl vybrán vzorek č. 11 u LKG a vzorek č. 10 u LLG.



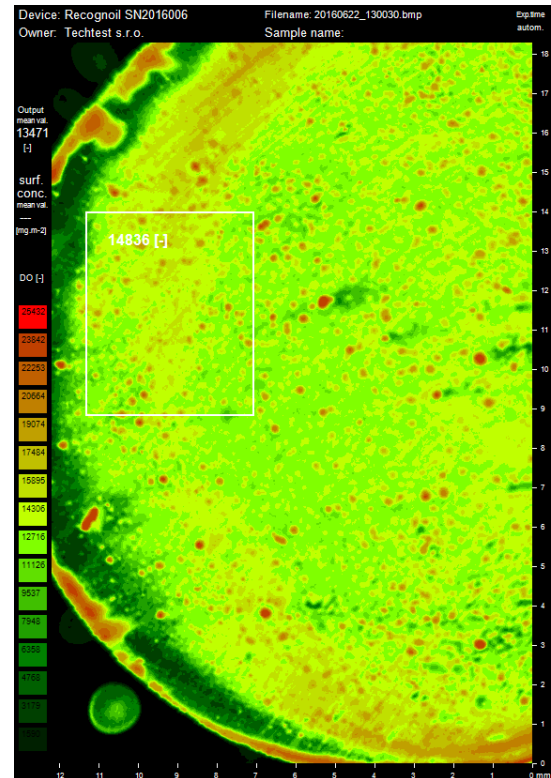
obr. 60 - LKG (0018) vzorek 11 před zamaštěním



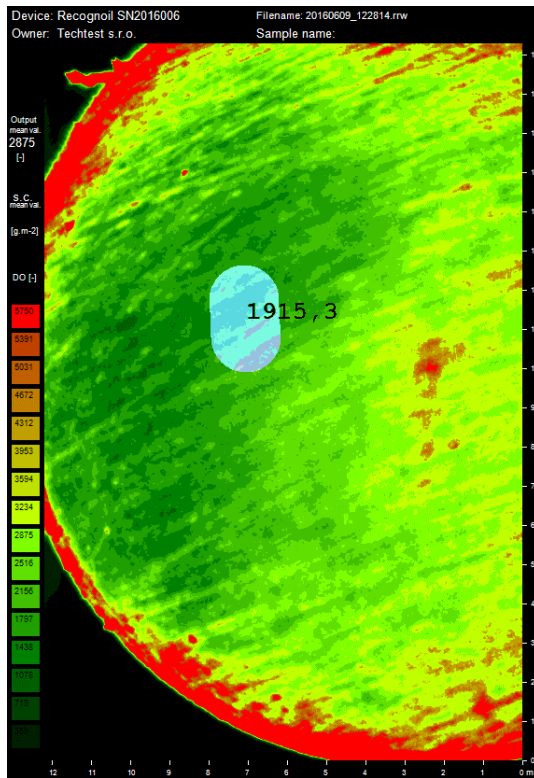
obr. 61 - LLG (690) vzorek 10 před zamaštěním



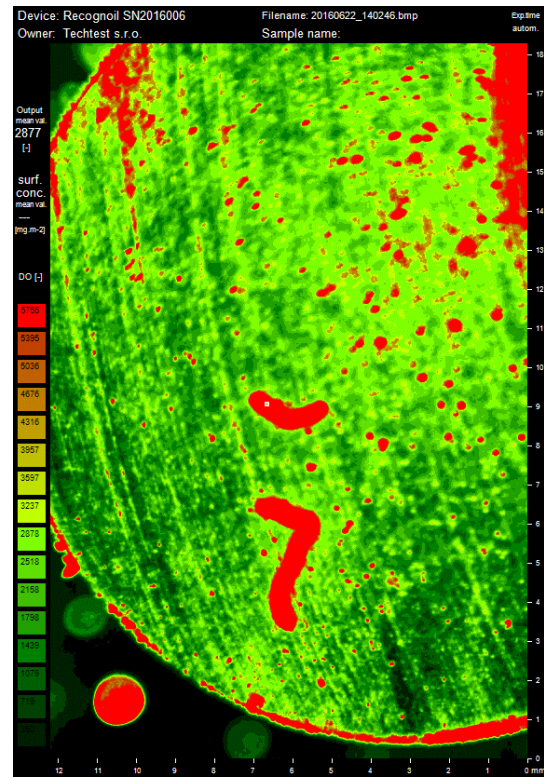
obr. 59 - LKG (0018) vzorek 11 po zamaštění



obr. 58 - LLG (690) vzorek 10 po zamaštění



obr. 63 - LKG (0018) vzorek 11 po odmaštění



obr. 62 - LLG (690) vzorek 10 po odmaštění

Proces odmaštění u LKG probíhal z 12648 jednotek na hodnotu 1915. U LLG probíhalo odmaštění z hodnot 14836 na 2500 jednotek. Touto metodou nebylo možné očistit vzorky na výchozí hodnoty, rozdíl luminiscence nečistot byl následující:

Tab. 15 - Rozdíl luminiscence (látka)

Vzorek č.	11	10
materiál	LKG	LLG
Lum 1	12648	14 836
Lum 2	1915,3	2 500
Δ Lum	10732,7	12 336

Lum 1 – množství nečistot po nanesení mastnot

Lum 2 – množství nečistot po odmaštění

Δ Lum – množství očištěných mastnot



10.2.5 Odmaštění sonotrodou

Vzorky na které byl nanesen olejový film byly vystaveny pulzům sonotrody v nádrži obsahující čisticí prostředek „Simple green“ a demineralizovanou vodu, koncentrace byla dle doporučení výrobce stanovena jako 5 %. Dalšími parametry této odmašťující metody byla doba, po kterou měření probíhalo a poměr pulzů. V tomto případě byla doba odmašťování stanovena na 2 minuty a poměr pulzů byl stanoven v poměru 1:1.

Tab. 17 - Naměřené hodnoty pro LKG (0018) 4.1 - 6.1

vzorek č.	4.1	5.1	6.1
m_1 (g)	21,5830	21,5752	21,3218
m_2 (g)	21,5862	21,5774	21,3250
Δm_1 (g)	0,0032	0,0022	0,0032
Δm_1 (%)	0,0148	0,0102	0,0150
m_3 (g)	21,5835	21,5756	21,3223
Δm_2 (g)	0,0027	0,0018	0,0027

Tab. 16 - Naměřené hodnoty pro LLG (690) 4.1 - 6.1

vzorek č.	4.1	5.1	6.1
m_1 (g)	21,8272	21,9467	21,8878
m_2 (g)	21,8338	21,9514	21,8921
Δm (g)	0,0066	0,0047	0,0043
Δm (%)	0,0302	0,0214	0,0196
m_3 (g)	21,8273	21,9469	21,8880
Δm_2 (g)	0,0065	0,0045	0,0041

m_1 – hmotnost vzorků po odmaštění

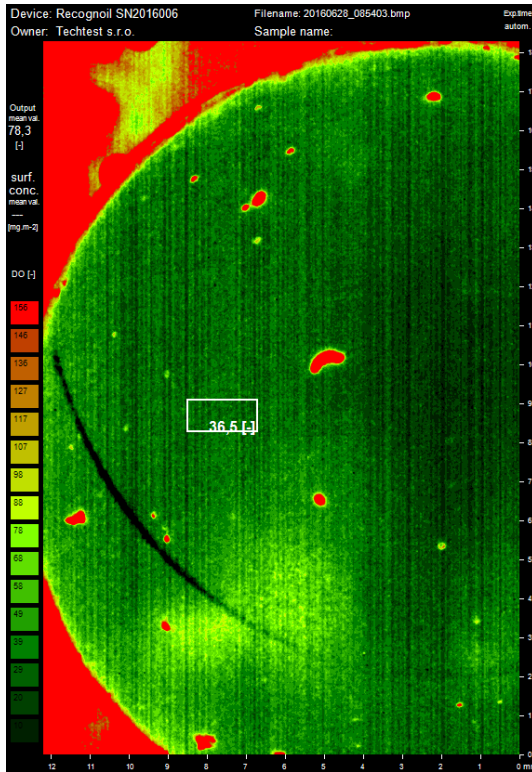
m_2 – hmotnost vzorků po zamaštění

m_3 – hmotnost vzorků o odmaštění čističem

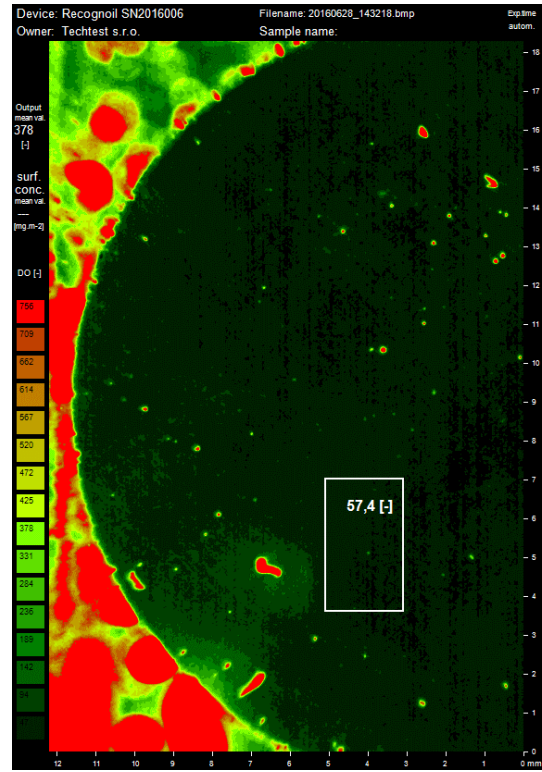
$\Delta m_1 = (m_2 - m_1)$ – množství olejového filmu na vzorku

$\Delta m_2 = (m_2 - m_3)$ – množství olejového filmu, které se povedlo danou metodou odstranit

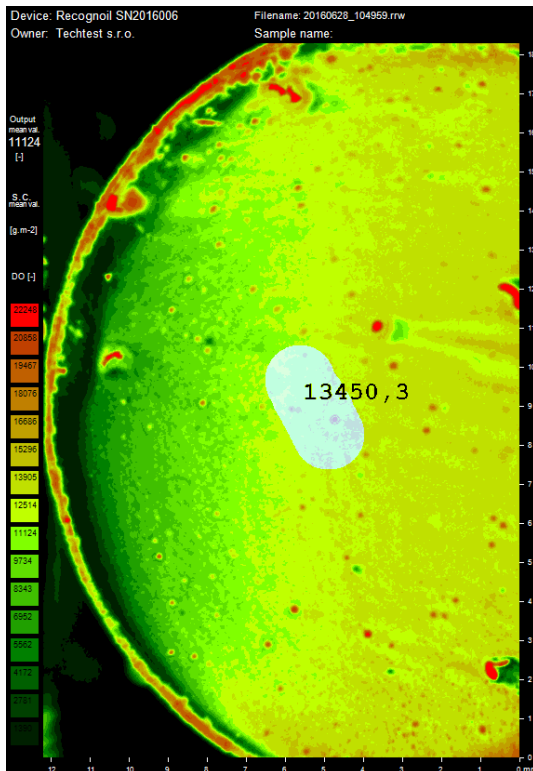
Pro hodnocení výsledků byl vybrán vzorek č. 4.1 u LKG a vzorek č. 5.1 u LLG.



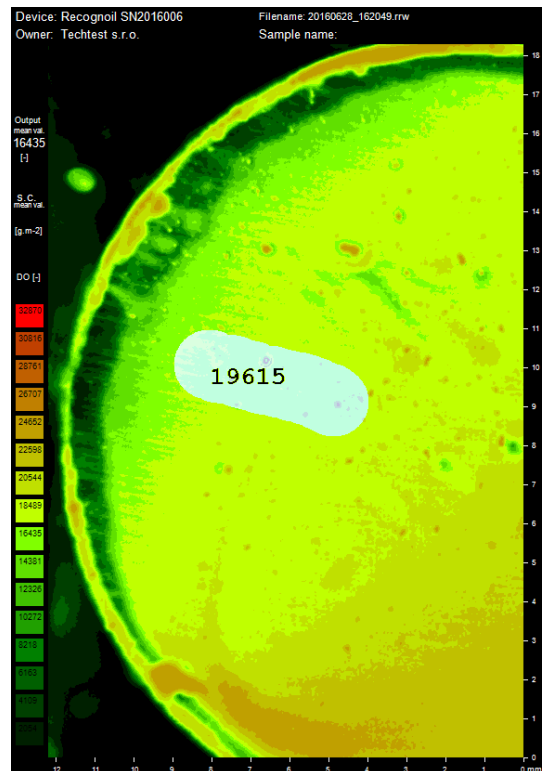
obr. 66 - LKG (0018) vzorek 4.1 před zamaštěním



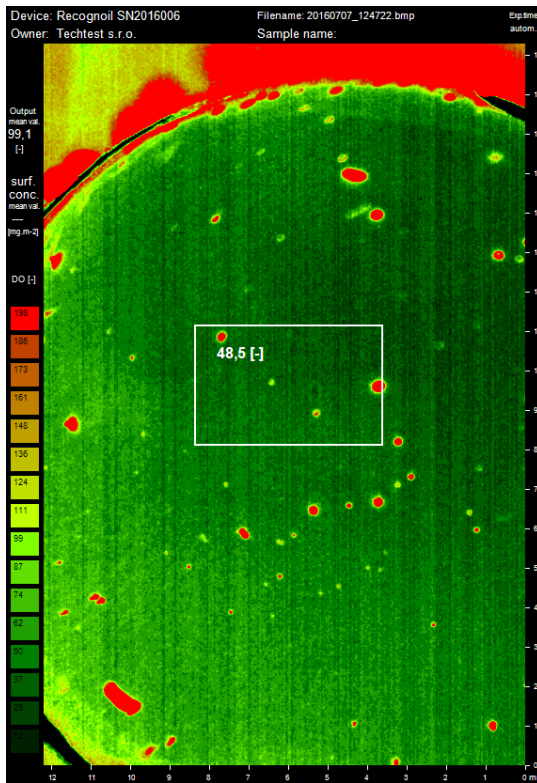
obr. 67 - LLG (690) vzorek 5.1 před zamaštěním



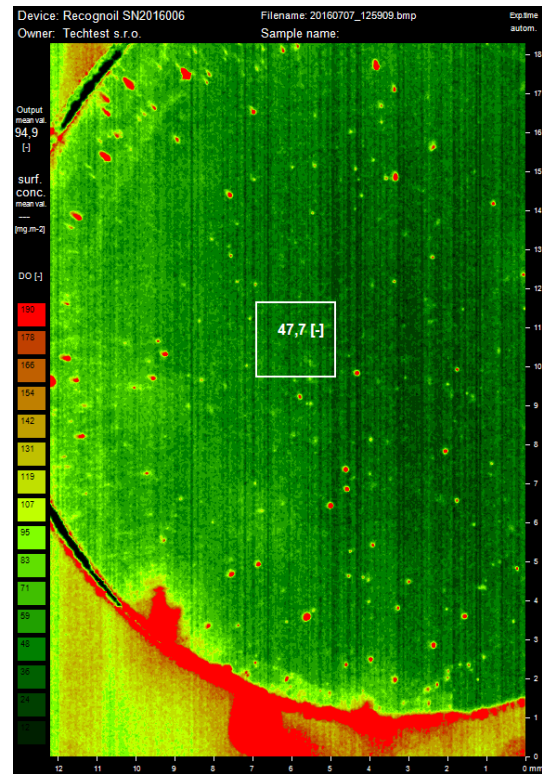
obr. 65 - LKG (0018) vzorek 4.1 po zamaštění



obr. 64 - LLG (690) vzorek 5.1 po zamaštění



obr. 68 - LKG (0018) vzorek 4.1 po odmaštění



obr. 69 - LLG (690) vzorek 5.1 po odmaštění

Proces odmaštění u LKG probíhal z 13450 jednotek na hodnotu 48,5. U LLG probíhalo odmaštění z hodnot 19615 na 48 jednotek. Touto metodou bylo možné očistit vzorky na výchozí hodnoty, rozdíl luminiscence nečistot byl následující:

Tab. 18 - Rozdíl luminiscence (sonotroda)

Vzorek č.	4.1	5.1
materiál	LKG	LLG
Lum 1	13450	19 615
Lum 2	48,5	48
Δ Lum	13401,5	19 567

Lum 1 – množství nečistot po nanesení mastnot

Lum 2 – množství nečistot po odmaštění

Δ Lum – množství očištěných mastnot



10.2.6 Odmaštění v ultrazvukové lázni

Tato metoda odmaštění probíhala ve stejném zařízení jako při prvotním odmaštění vzorků před nanesením olejového filmu. Jiný byl však obsah odmašťující lázně. Pro použití této metody byla použita kapalina, kterou tvořila demineralizovaná voda a čisticí prostředek „Simple green“ o koncentraci 5 %, která byla doporučena výrobcem tohoto prostředku. Odmaštění v ultrazvukové lázni probíhalo 3 minuty. Naměřené hodnoty byly následující.

Tab. 20 - Naměřené hodnoty LKG (0018) pro 7.1 - 9.1

Tab. 19 - Naměřené hodnoty LLG (690) pro 7.1 - 9.1

vzorek č.	7.1	8.1	9.1
m_1 (g)	21,5008	21,7115	21,5405
m_2 (g)	21,5028	21,7138	21,5428
Δm_1 (g)	0,0020	0,0023	0,0023
Δm_1 (%)	0,0093	0,0106	0,0107
m_3 (g)	21,5008	21,7117	21,5408
Δm_2 (g)	0,0020	0,0021	0,0020

vzorek č.	7.1	8.1	9.1
m_1 (g)	21,5820	22,1325	21,7943
m_2 (g)	21,5878	22,1386	21,8006
Δm (g)	0,0058	0,0061	0,0063
Δm (%)	0,0269	0,0276	0,0289
m_3 (g)	21,5823	22,1328	21,7946
Δm_2 (g)	0,0055	0,0058	0,0060

m_1 – hmotnost vzorků po odmaštění

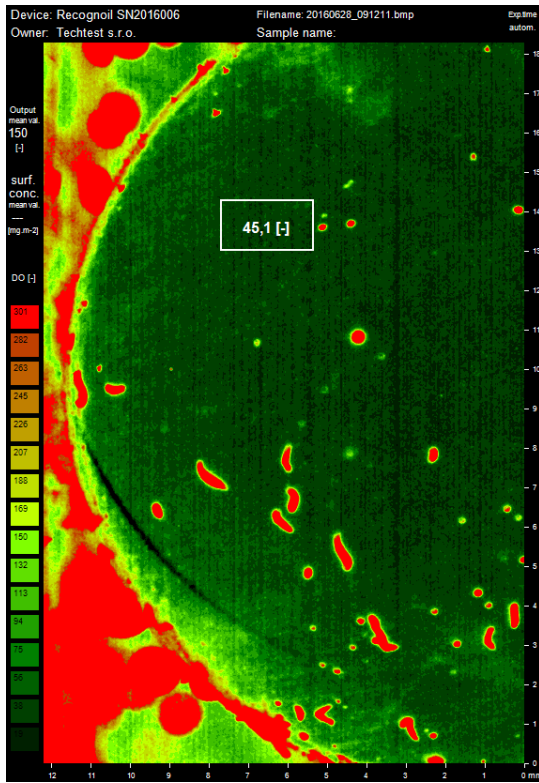
m_2 – hmotnost vzorků po zamaštění

m_3 – hmotnost vzorků o odmaštění čističem

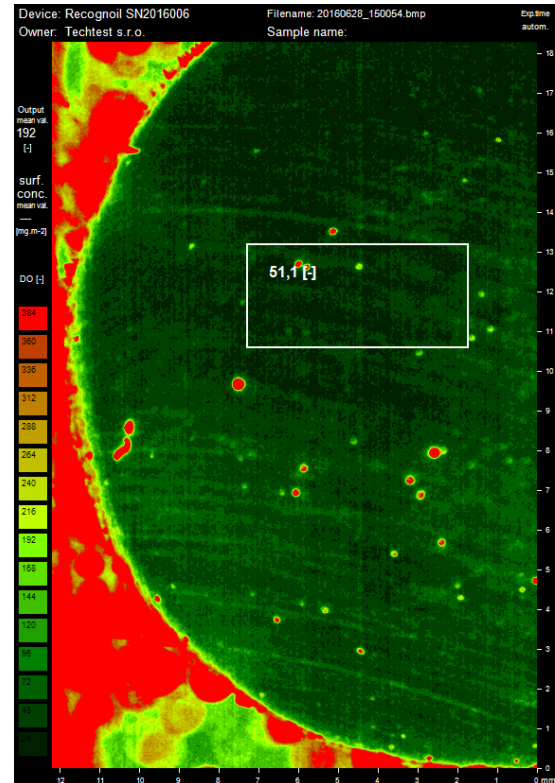
$\Delta m_1 = (m_2 - m_1)$ – množství olejového filmu na vzorku

$\Delta m_2 = (m_2 - m_3)$ – množství olejového filmu, které se povedlo danou metodou odstranit

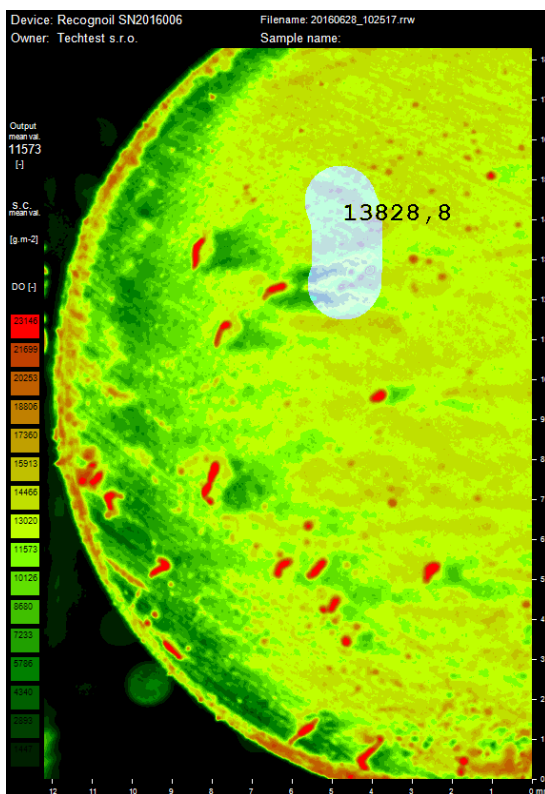
Pro hodnocení výsledků byl vybrán vzorek č. 7.1 u LKG a vzorek č. 8.1 u LLG.



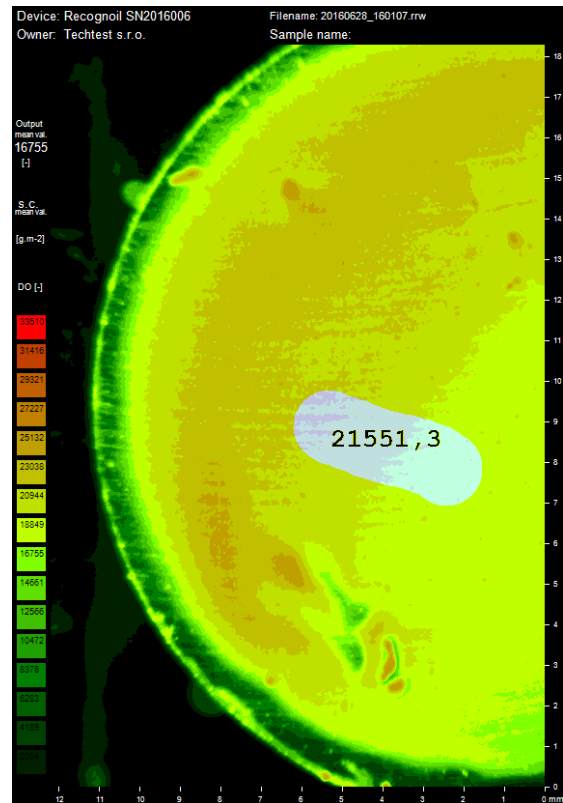
obr. 72 - LKG (0018) vzorek 7.1 před zamaštěním



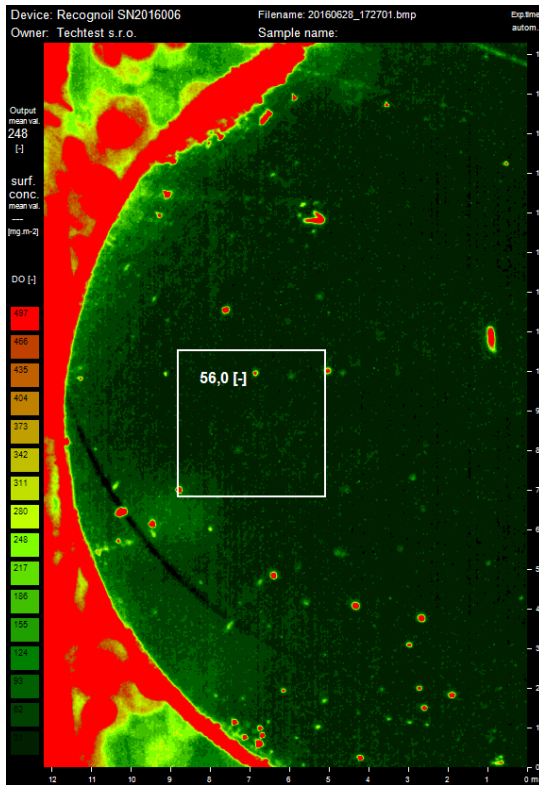
obr. 73 - LLG (690) vzorek 8.1 před zamaštěním



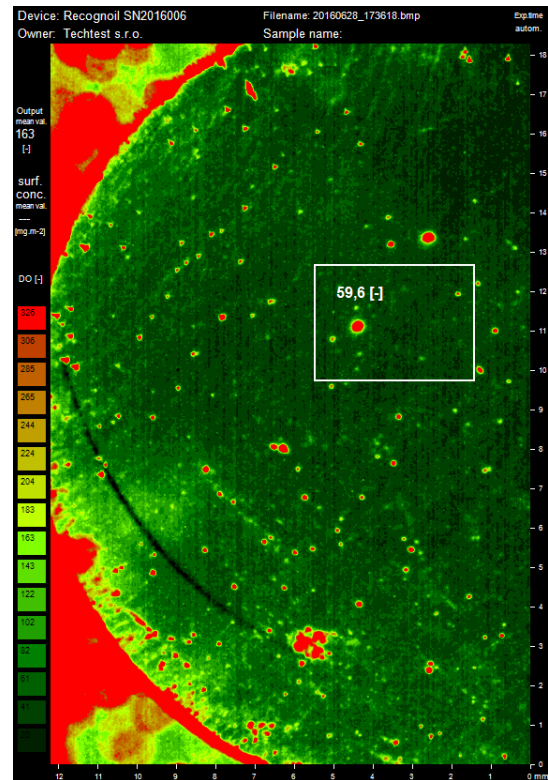
obr. 70 - LKG (0018) vzorek 7.1 po zamaštění



obr. 71 - LLG (690) vzorek 8.1 po zamaštění



obr. 75 - LKG (0018) vzorek 7.1 po odmaštění



obr. 74 - LLG (690) vzorek 8.1 po odmaštění

Proces odmaštění u LKG probíhal z 13829 jednotek na hodnotu 56. U LLG probíhalo odmaštění z hodnot 21551 na 60 jednotek. Touto metodou bylo možné očistit vzorky na výchozí hodnoty, rozdíl luminiscence nečistot byl následující:

Tab. 21 - Rozdíl luminiscence (ultrazvuk)

Vzorek č.	7.1	8.1
materiál	LKG	LLG
Lum 1	13829	21 551
Lum 2	56	60
Δ Lum	13773	21 492

Lum 1 – množství nečistot po nanesení mastnot

Lum 2 – množství nečistot po odmaštění

Δ Lum – množství očištěných mastnot



10.2.7 Odmaštění ponorem

Vzorky byly umístěny do nádrže s vodným roztokem, který tvořil čisticí prostředek „Simple green“ a demineralizovaná vody. V této lázni byly vzorky po dobu 7 minut při teplotě 40°C.

Tab. 23 - Naměřené hodnota LKG (0018) 10.1 - 12.1

vzorek č.	10.1	11.1	12.1
m_1 (g)	21,4355	21,7850	21,7513
m_2 (g)	21,4395	21,7890	21,7546
Δm_1 (g)	0,0040	0,0040	0,0033
Δm_1 (%)	0,0187	0,0184	0,0152
m_3 (g)	21,4363	21,7855	21,7523
Δm_2 (g)	0,0032	0,0035	0,0023

Tab. 22 - Naměřené hodnoty LLG (690) 10.1 - 12.1

vzorek č.	10.1	11.1	12.1
m_1 (g)	22,2153	22,5480	22,0380
m_2 (g)	22,2184	22,5511	22,0411
Δm (g)	0,0031	0,0031	0,0031
Δm (%)	0,0140	0,0137	0,0141
m_3 (g)	22,2156	22,5484	22,0385
Δm_2 (g)	0,0028	0,0027	0,0026

m_1 – hmotnost vzorků po odmaštění

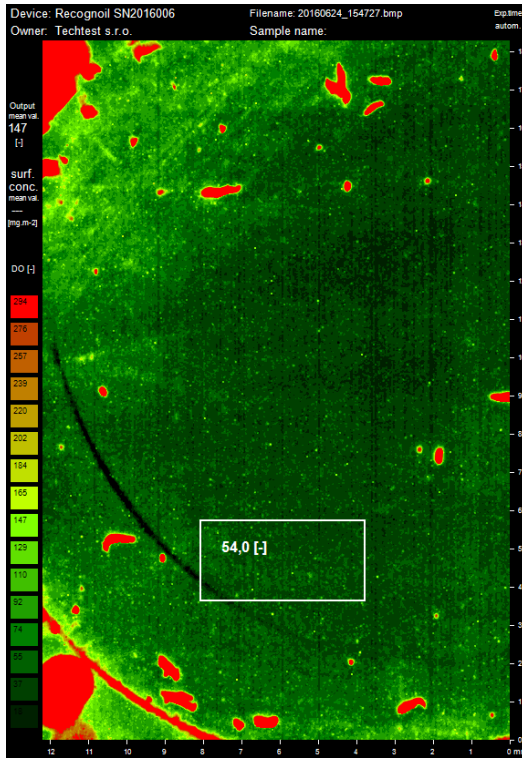
m_2 – hmotnost vzorků po zamaštění

m_3 – hmotnost vzorků o odmaštění čističem

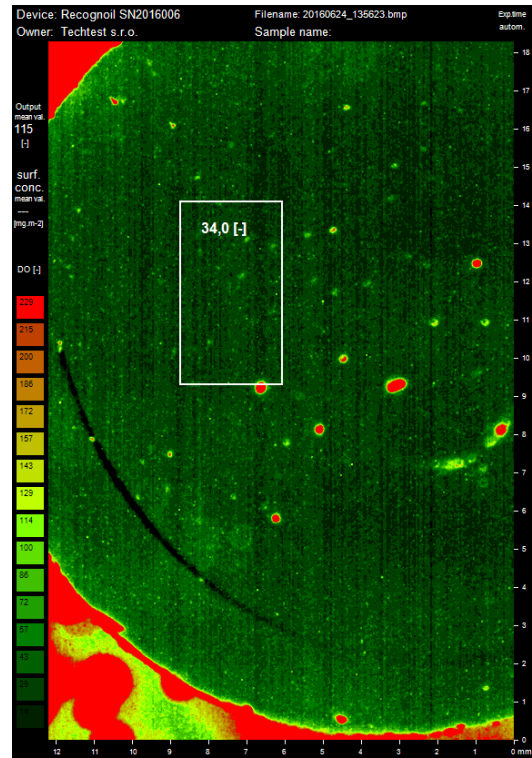
$\Delta m_1 = (m_2 - m_1)$ – množství olejového filmu na vzorku

$\Delta m_2 = (m_2 - m_3)$ – množství olejového filmu, které se povedlo danou metodou odstranit

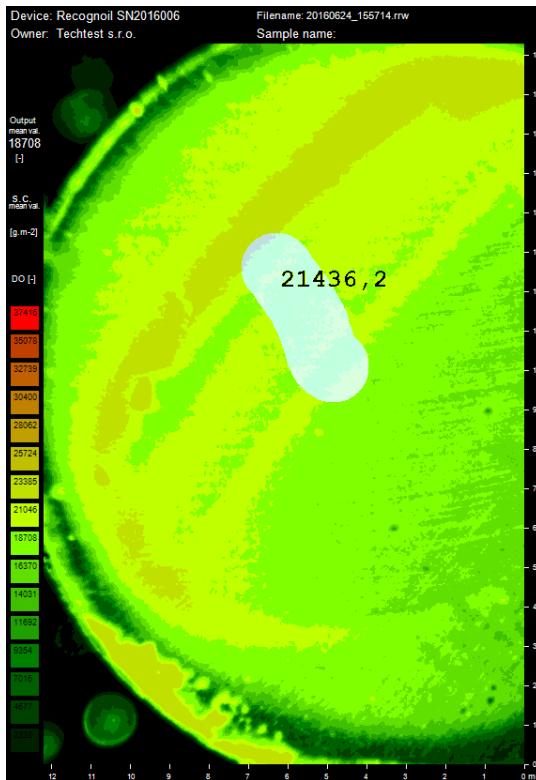
Pro hodnocení výsledků byl vybrán vzorek č. 10.1 u LKG a vzorek č. 12.1 u LLG.



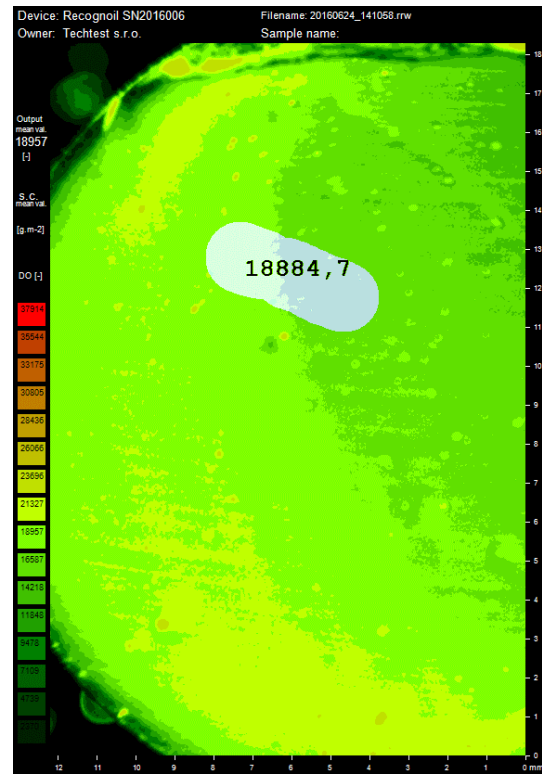
obr. 78 - LKG (0018) vzorek 10.1 před zamaštěním



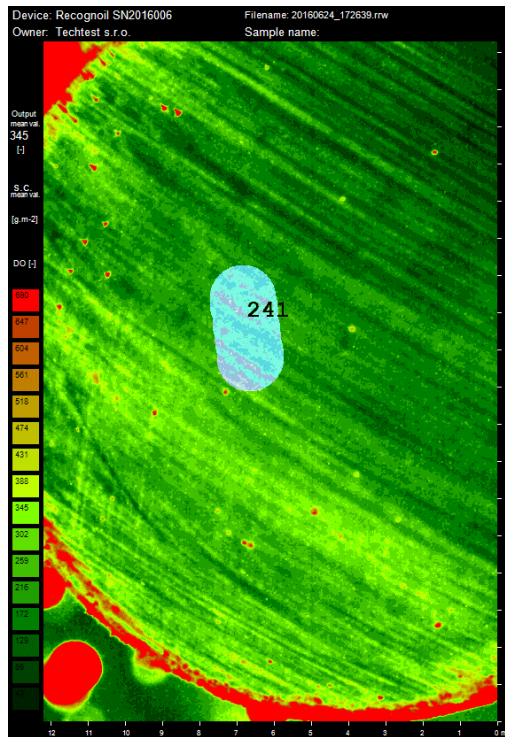
obr. 79 - LLG (690) vzorek 12.1 před zamaštěním



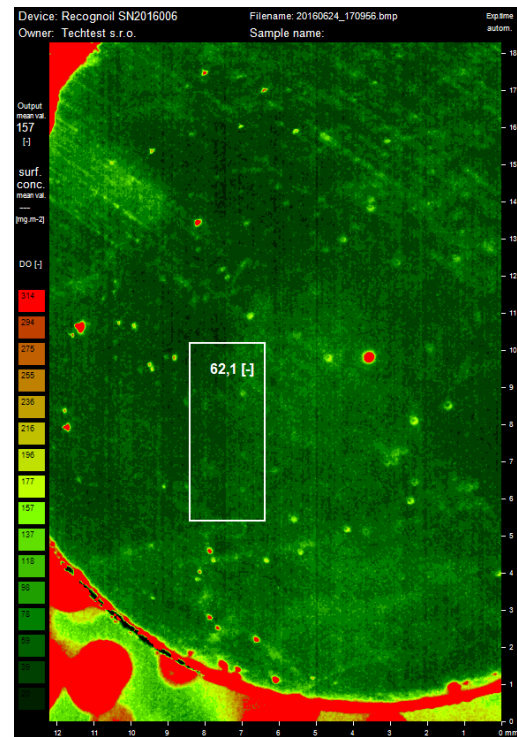
obr. 77 - LKG (0018) vzorek 10.1 po zamaštění



obr. 76 - LLG (690) vzorek 12.1 po zamaštění



obr. 81 - LKG (0018) vzorek 10.1 po odmaštění



obr. 80 - LLG (690) vzorek 12.1 po odmaštění

Proces odmaštění u LKG probíhal z 21436 jednotek na hodnotu 241. U LLG probíhalo odmaštění z hodnot 20676 na 62 jednotek. V tomto případě došlo při měření k anomálii. Oba materiály ač s odlišnou strukturou vykazovali po celou dobu měření podobné hodnoty odmaštění. Pouze v tomto případě se výsledky měření detekce nečistot rozcházejí. Rozdíly luminiscence vzorků byl následující:

Tab. 24 - Rozdíl luminiscence (ponor)

Vzorek č.	10.1	12.1
materiál	LKG	LLG
Lum 1	21436,2	20 676
Lum 2	241	62
Δ Lum	21195,2	20 614

Lum 1 – množství nečistot po nanesení mastnot

Lum 2 – množství nečistot po odmaštění

Δ Lum – množství očištěných mastnot



10.2.8 Odmaštění plamenem

Vzorky na něž byl nanesen olejový film byly vystaveny účinkům plamene o teplotách 200 – 350°C. Teplota byla pro každý ze tří vzorků odlišná. Volba teploty pro jednotlivé vzorky byla zvolena. Odmaštění plamenem je v praxi častým velmi rychlým způsobem odstranění průmyslových kapalin. Problém ve vyhodnocování této metody se však stává skutečnost, že při použití plamene dojde k zoxidování povrchu. Odstranění vrstvy oxidů je možné mořením. Při tom však může dojít k poklesu hmotnosti pod hmotnost původních vzorků. Detekce přístrojem Recognoil pak může vyobrazit část povrchu bez olejových částí, avšak nevykreslí odmaštěný, ale zoxidovaný povrch.

Tab. 25 - Naměřené hodnoty LKG (0018) 10.2 – 12.2

vzorek č.	10.2	11.2	12.2
m_1 (g)	21,4350	21,7848	21,7513
m_2 (g)	21,4371	21,7868	21,7526
Δm_1 (g)	0,0021	0,0020	0,0013
Δm_1 (%)	0,0098	0,0092	0,0060
m_3 (g)	21,4352	21,7855	21,7520
Δm_2 (g)	0,0019	0,0013	0,0006

Tab. 26 - Naměřené hodnoty LLG (690) 10.2 - 12.2

vzorek č.	10.2	11.2	12.2
m_1 (g)	22,2144	22,5478	22,0375
m_2 (g)	22,2192	22,5524	22,0405
Δm (g)	0,0048	0,0046	0,0030
Δm (%)	0,0216	0,0204	0,0136
m_3 (g)	22,2147	22,5480	22,0378
Δm_2 (g)	0,0045	0,0044	0,0027

m_1 – hmotnost vzorků po odmaštění

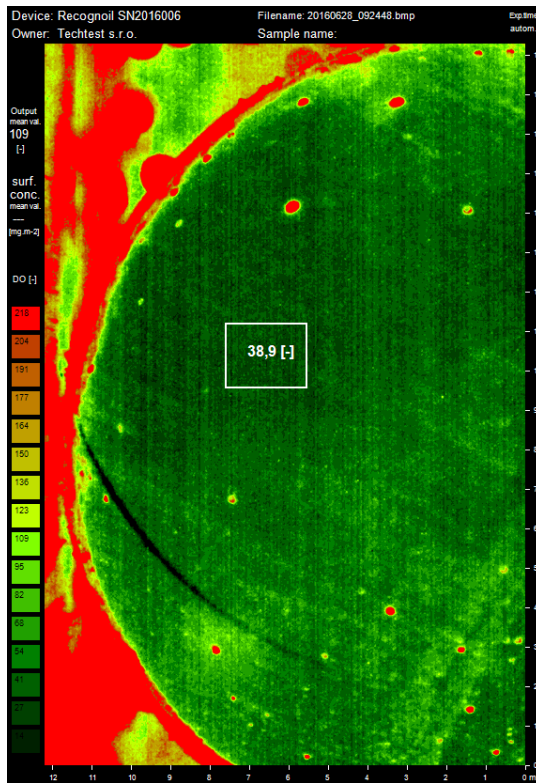
m_2 – hmotnost vzorků po zamaštění

m_3 – hmotnost vzorků o odmaštění čističem

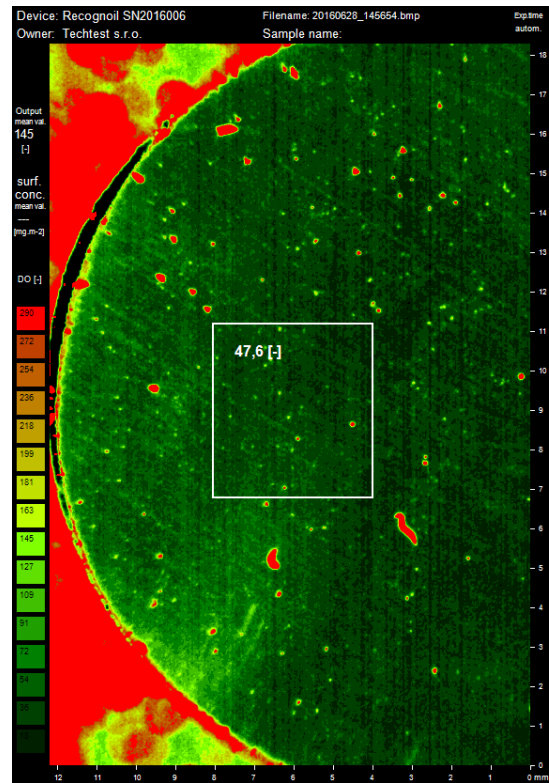
$\Delta m_1 = (m_2 - m_1)$ – množství olejového filmu na vzorku

$\Delta m_2 = (m_2 - m_3)$ – množství olejového filmu, které se povedlo danou metodou odstranit

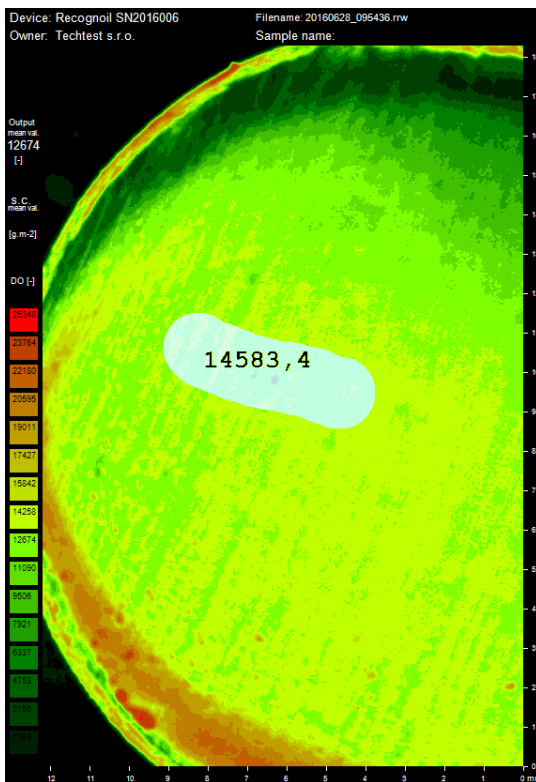
Pro hodnocení výsledků byl vybrán vzorek č. 11.2 u LKG a vzorek č. 11.2 u LLG.



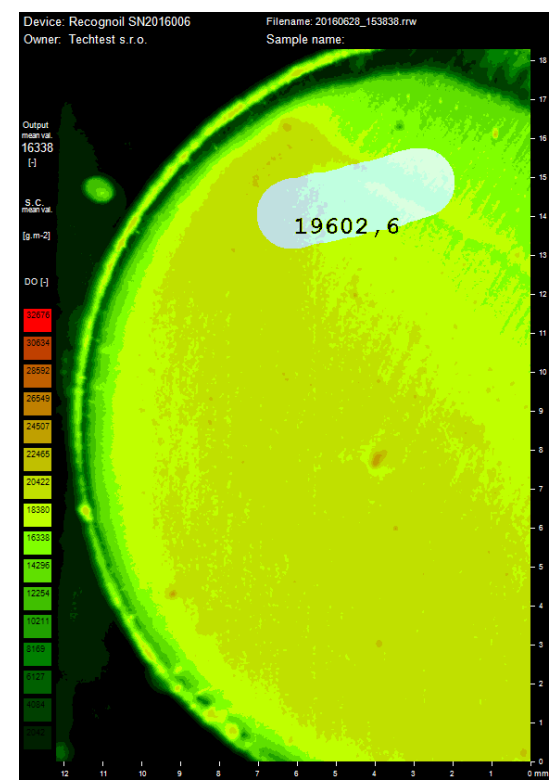
obr. 83 - LKG (0018) vzorek 11.2 před zamaštěním



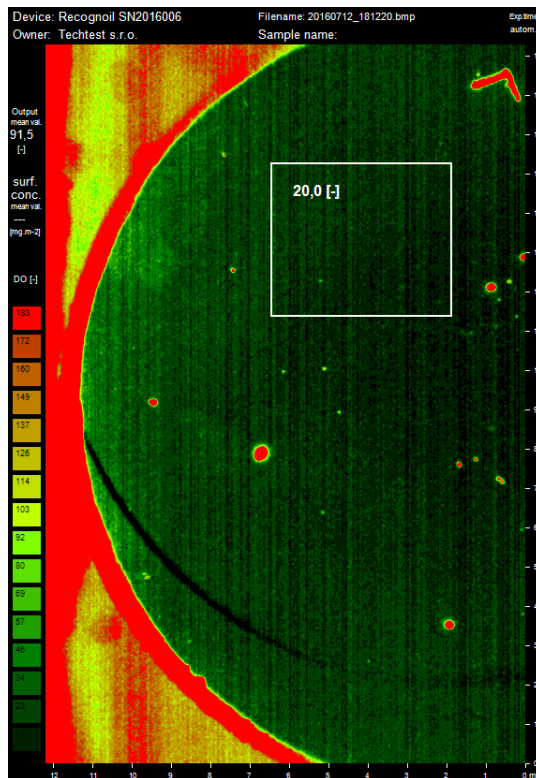
obr. 82 - LLG (690) vzorek 11.2 před zamaštěním



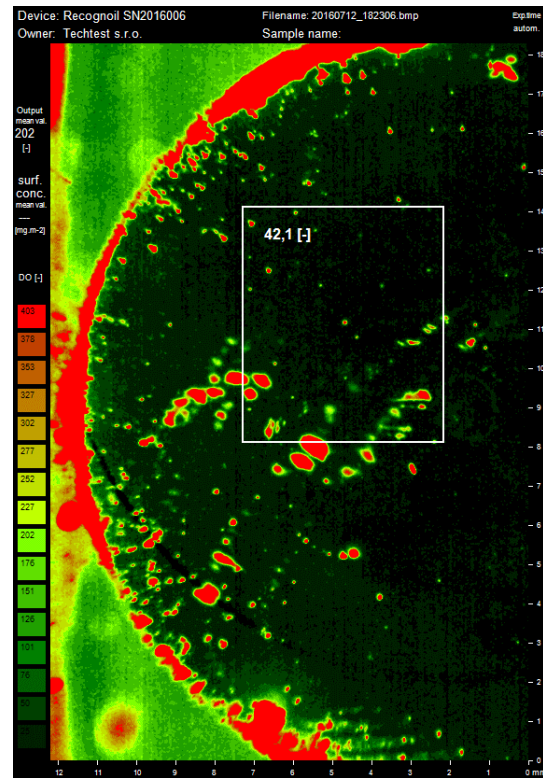
obr. 84 - LKG (0018) vzorek 11.2 po zamaštění



obr. 85 - LLG (690) vzorek 11.2 po zamaštění



obr. 86 - LKG (0018) vzorek 11.2 po odmaštění



obr. 87 - LLG (690) vzorek 11.2 po odmaštění

Proces odmaštění u LKG probíhal z 14583 jednotek na hodnotu 20. U LLG probíhalo odmaštění z hodnot 19602 na 42 jednotek. Touto technologií došlo k odstranění mastnot ze zkušebního vzorku prakticky do původního stavu. Naměřené rozdíly luminiscence byly následující:

Tab. 27 - Rozdíly luminiscence (plamen)

Vzorek č.	11.2	11.2
materiál	LKG	LLG
Lum 1	14583	19602
Lum 2	20	42
Δ Lum	14563	19560

Lum 1 – množství nečistot po nanesení mastnot

Lum 2 – množství nečistot po odmaštění

Δ Lum – množství očištěných mastnot



10.3 Nejvhodnější technologie odmaštění

Pro stanovení nejvhodnější technologie odmaštění bylo třeba zjistit a porovnat tři hlavní parametry, podle kterých bylo rozhodnuto o příslušné pozici. Jedním parametrem bylo množství procesních kapalin, které se povedlo ze zkušebních vzorků odstranit. Druhým parametrem byla výsledná čistota povrchu změřená po jednotlivých metodách odmaštění. Posledním parametrem pro vyhodnocení byl rozdíl luminiscence nečistot před odmaštěním vzorků a po odmaštění. Výsledky byly následující:

Tab. 28 - Metody odmaštění pro LLG (690)

Metody odmaštění	Δ lum	lum ₂	m ₂ (g)	Pozice
ultrazvuk	21 492	60	0,0058	1
sonotroda	19 567	48	0,0045	2
ponor	18 823	62	0,0026	3
čistič ve spreji	14 309	83	0,0027	4
plamen	19 560	42	0,0044	5
otěr tkaninou + tech. Benzin	12 526	378	0,0026	6
otěr tkaninou	12 336	2 500	0,0029	7

Tab. 29 - Metody odmaštění pro LKG (0018)

Metody odmaštění	Δ lum	lum ₂	m ₂ (g)	Pozice
sonotroda	13 402	49	0,0027	1
ultrazvuk	13 773	56	0,0020	2
čistič ve spreji	13 172	62	0,0033	3
plamen	14 563	20	0,0014	4
ponor	21 195	241	0,0032	5
otěr tkaninou + tech. Benzin	13 260	236	0,0014	6
otěr tkaninou	10 733	1 915	0,0011	7

Z uvedeného plyne, že nejvhodnějšími metodami pro odstranění procesních kapalin jsou ultrazvuk a sonotroda. Naopak nejméně vhodnými metodami je otěr tkaninou nebo tkaninou a technickým benzínem. Pro obě struktury litin jsou výsledky takřka totožné, jediným rozdílem je pozice odmaštění ponorem, domnívám se však, že se jedná pouze o anomálii vzniklou nepřesností měření. Pokud by hodnota odmaštění ponorem byla u litiny s kuličkovým grafitem menší než je zde a pohybovala by se na podobných hodnotách jako u litiny s lupínkovým grafitem, pak by byla stejně, jako je tomu u litiny s lupínkovým grafitem třetí nejlepší metodou pro odstranění procesních kapalin.



10.4 Doporučení pro svařování

Od počátků 19. století, kdy se slévárenství začalo využívat v průmyslovém odvětví a ne jen jako umělecké řemeslo, bylo na místě řešit otázky spojování a zároveň oprav různých typů odlitků. V dnešní době je zhruba 80 % odlitků tvořeno litinovými odlitky a nejčastěji se pak řeší problémy týkající se oprav, prasklin nebo renovace opotřebených součástí. Pro dosažení kvalitního svarového spoje je základním předpokladem očistit součásti od nečistot, či korozních produktů a odmastit základní materiál od provozních kapalin, olejů či tuků. Z experimentální části vyplynulo, že za nejlepší způsob odmaštění, s ohledem na dosavadní nedostatečné velikosti ultrazvukových van, lze považovat odmaštění sonotrodou nebo ponorem.

Pokud v daném průmyslovém prostředí není možné použít ani jednu z výše zmíněných metod ať už z důvodu investiční náročnosti, prostorů či času, tak se nabízí možnost odstranění mastnot jejich spálením. Toho lze docílit použitím drážkovacích elektrod s označením „OK 21.03“. [31] Použitím těchto elektrod dojde k vysušení a vypálení nečistot na povrchu a tím i ke snížení rizika vzniku pórů a praskání. Co se týká přípravy spoje pro opravu svaru, je třeba dodržet následující parametry:

- při opravách trhlin musí být na každém konci vyvrtaná dírka, aby se zabránilo dalšímu šíření trhliny
- trhliny se musí úplně otevřít, aby byly přístupné
- zaoblit ostré hrany
- rozevření úkosů větší než u nízkouhlíkové oceli
- přednost mají úkosy ve tvaru „U“
- provést penetrační zkoušku, aby bylo jisté, že se nikde nevyskytuje žádná další trhlina či mikrotrhlina



Důležité je také vhodně stanovit přídatný materiál pro svařování litiny, neboť vysoký obsah uhlíku zásadně ovlivňuje její svařitelnost. [32] Možnost volby přídatných materiálů je následující:

- čistý Ni – vyšší tažnost, svarový kov je dobře obrobitelný, nedoporučuje se pro opravu litin s vysokým obsahem P a S
- Ni – Fe – při požadavcích vyšší pevnosti, svarový kov je dobře obrobitelný
- Ni – Cu – použití všude tam, kde se vyžaduje stejné zabarvení jako u základního materiálu, svarový kov je dobře obrobitelný

Svařování litin se nejběžněji provádí ručním obloukovým svařováním obalenými elektrodami. Litiny je možné svařovat za tepla (s předehřevem), za polostudena (s předehřevem) a za studena (bez předehřevu). V dnešní době je nejvíce rozšířené svařování za studena prováděné následující technikou:

- použití elektrod malého průměru
- nízký svařovací proud
- svařovat krátkými tahovými housenkami (20 – 30 mm) podle tloušťky
- teplota interpass nesmí překročit 100° C
- po navaření se okamžitě odstraní struska a povrch housenky musí být prokovan kladivem s oblým nosem z důvodu snížení pnutí ve svarovém spoji



11 Závěr

Průmyslové kapaliny jsou nedílnou součástí obráběcích a tvářecích procesů. Během těchto procesů se využívá specifických účinků průmyslových kapalin. Mastnota je však problémem v oblasti technologie spojování materiálů, ať už se jedná o jakoukoliv technologii, s níž chceme docílit kvalitního nerozebíratelného spoje. Pro zajištění vyhovující kvality spojů je třeba zajistit kvalitní předúpravu povrchu, které docílíme tak, že stykové plochy jsou od mastnot a průmyslových olejů zbaveny.

V této práci bylo kladeno několik cílů, jichž bylo prostřednictvím experimentu dosaženo. Bylo zjištěno, že litina je nasákavým materiálem. Expozice vzorků v průmyslovém tvářecím oleji však ukázala, že rozdílnost ověřovaných struktur nemá vliv na nárůst hmotnosti vzorků. Dále bylo experimentem zjištěno, že nedochází k nárůstu hmotnosti při kontaminaci litinového materiálu po delší dobu. Posledním cílem bylo stanovit jednoznačně nejvhodnější metodu odmaštění, použitím metod v běžném průmyslovém prostředí.

Dle předpokladu vyšla jako nejlepší varianta odmaštění v ultrazvukové lázni, kde je kromě chemického účinku využíváno mechanického účinku této lázně. Tato varianta je, co se týče velikosti potřebného odmašťujícího zařízení pro odmaštění velkých součástí z existenčních důvodů nevyhovující.

Optimální metodou je odmaštění sonotrodou nebo odmaštění ponorem v lázni skládající se s odmašťujícího prostředku a demineralizované vody při teplotě dané výrobcem. Jako nedostačující metoda pro odmaštění litinového materiálu se ukázalo odmaštění látkou.



12 Použitá literatura

- [1] HAMERNIK, Jan. *Spojování kovových materiálů* [online].[cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <http://jhamernik.sweb.cz/Spojovani_kovu.htm>
- [2] KŘÍŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů I* ISBN 80-7183-023-2
- [3] HOSPODÁŘSKÉ NOVINY. *Význam jednotlivých metod spojování materiálů* [online].[cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <<http://ihned.cz/c1-17190420-vyznam-jednotlivych-metod-spojovani-materialu>>
- [4] KŘÍŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů II* ISBN 80-7183-038-0
- [5] GREGOR, Miroslav. *Lepení kovů* [online].[cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <<http://www.lepidla.cz/cs/a/lepeni-kovu.html>>
- [6] MRŇA, Libor. *Lepení materiálů* [online].[cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/hsv__specialni_metody_svarovani__lepeni_materialu__mrna.pdf>
- [7] Brockmann, Walter. *Adhesive Bonding as a Joining Technique adhesives* [online].[cit. 2015.05.25]. Dostupné z www: <http://www.wiley-vch.de/books/sample/3527318984_c01.pdf>
- [8] ŘEZÁČOVÁ, Petra. *Pájené a lepené spoje*. [online].[cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <<http://dumy.cz/stahnout/801>>
- [9] GREGOR, Miroslav. *Technologie a technika lepení* [online].[cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <<http://www.lepidla.cz/cs/a/technologie-a-technika-lepeni--zakladni-informace.html>>
- [10] Gareth, McGrath. *Adhesive joining of metallic materials* [online]. [cit. 2015.07.25]. Dostupné z www: <<http://www.twi-global.com/technical-knowledge/published-papers/adhesive-joining-of-metallic-materials-october-1999/>>
- [11] Adhesive and Glue. *Advantages and benefits of adhesives* [online]. [cit. 2015.05.25]. Dostupné z www: <<http://www.adhesiveandglue.com/adhesive-advantage.html>>



- [12] Kopeliovich, Dmitri. *Brazing* [online]. [cit. 2015.05.25]. Dostupné z www: <<http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=brazing> >
- [13] Fusion. *Brazing* [online]. [cit. 2015.05.25]. Dostupné z www: <<http://www.fusion-inc.com/brazing/> >
- [14] FRIEDRISCHKOVÁ, Kristýna. *Technologie propojení součástí v systému pájení a svařování*. [online]. [cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <http://mostech.vsb.cz/source/dokumenty/5_Pajeni%20a%20svarovani.pdf>
- [15] MATYÁŠ, Martin. *Technologie pájení*. [online]. [cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <<https://matyastech.wordpress.com/2010/12/08/prvn-prspevek/>>
<<http://www.konstrukce.cz/clanek/pajeni-kovu/>>
- [16] KUBÁLEK, Jaroslav. *Pájení kovů*. [online]. [cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <<http://www.konstrukce.cz/clanek/pajeni-kovu/>>
- [17] TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI. *Technologie I. pájení*. [online]. [cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/materialy/cvi%C4%8Den%C3%AD13_prezetace.pdf >
- [18] Mecholic. *Brazing - Applications, Precautions, Advantages and Disadvantages* [online]. [cit. 2015.05.25]. Dostupné z www: <<http://www.mecholic.com/2015/12/applications-precautions-advantages-and-disadvantages-of-brazing.html> >
- [19] Stonecypher, Lamar. *Classification Of Welding Processes*. [online]. [cit. 2015.05.25]. Dostupné z www: <<http://www.brighthubengineering.com/manufacturing-technology/73569-classification-of-welding-processes/> >
- [20] KUBÍČEK, Jan. *Technologie svařování*. [online]. [cit. 2015.03.29]. Dostupné z www: <http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/opory_soubory/technologie_svarovani__5te_etv_etv-k__kubicek.pdf >
- [21] Kolařík, Ladislav. *Metalurgie svařování struktura svarového spoje*. [online]. [cit. 2015.03.29]. Dostupné z www: <<http://u12133.fsid.cvut.cz/assets/subject/files/130/01-uvod-tdsm.pdf>>



- [22] TWI. *Weldability of materials* [online]. [cit. 2015.05.25]. Dostupné z www: <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/weldability-of-materials-carbon-manganese-and-low-alloy-steels-019/>
- [23] Kolařík, Ladislav. *Vliv vzdušných plynů*. [online]. [cit. 2015.03.29]. Dostupné z www: < <http://u12133.fsid.cvut.cz/assets/subject/files/130/04-vliv-vzdusnych-plynu.pdf> >
- [24] LAPŠANSKÁ, Hana. *Přehled metod svařování*. [online]. [cit. 2015.03.29]. Dostupné z www: http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/lapsanska_prehled_metod_svarovani.pdf
- [25] Thorat, Sachin. *Welding proces – Advantages and disadvantages of welding connections* [online]. [cit. 2015.05.25]. Dostupné z www: <http://www.mechengg.net/2015/03/welding-process-l-advantages-and.html>
- [26] BENEŠ, Libor. *Svařování*. [online]. [cit. 2015.03.29]. Dostupné z www: <http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf >
- [27] WBLACKE. *Detektor mastných nečistot* [online]. [cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: <<http://www.wblacke.cz/produkty/recognoil/detektor-mastnych-necistot/>>
- [28] Weldpedia. *10 causes of weld porosity and their practicable preventions*. [online]. [cit. 2015.03.29]. Dostupné z www: < <http://www.weldpedia.com/2014/08/10-causes-of-weld-porosity-and-their.html> >
- [29] KUDLÁČEK, Jan; CHÁBERA, Petr. *Vyhodnocování čistoty povrchu* [online]. [cit. 2015.01.27]. Dostupné z www: < <http://www.mmspektrum.com/clanek/vyhodnocovani-cistoty-povrchu.html> >
- [30] Kraus, Václav. *Povrchy a jejich úpravy* [online]. [cit. 2015.03.29]. Dostupné z www: < <http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf> >
- [31] Martinec, Jiří. *Svařování a opravy litinových výrobků* [online]. [cit. 2015.05.29]. Dostupné z www: < <http://www.mmspektrum.com/clanek/svarovani-a-opravy-litinovych-vyrobku.html> >



[32] ESAB. Opravy a údržba [online].[cit. 2015.05.29]. Dostupné z www:

<<http://products.esab.com/ESABImages/prirucka%206%20vydani%202011.pdf>