

**VŠB -Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra mechanické technologie**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra mechanické technologie**

**STUDIUM POVRCHU ANTIKOROZNÍ OCELI A SKLOVITÉHO  
SMALTOVÉHO POVLAKU PO KONTAKTU S KAPALINAMI**

**STUDY OF THE SURFACE STAIN STEEL AND VITREOUS  
ENAMEL COAT AFTER CONTACT WITH LIQUID**

Student:

Bc. Monika Grygová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

**Ostrava, 2010**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Monika Grygová**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Téma: Studium povrchu antikorozi oceli a sklovitého smaltového povlaku po kontaktu s kapalinami  
Study of the Surface Stain Steel and Vitreous Enamel Coat after Contact with Liquid

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti antikorozi oceli vhodné pro kontakt s pitnou vodou a potravinami.
2. Prostudujte vlastnosti a vhodnost sklovitého smaltového povlaku pro kontakt s pitnou vodou a potravinami.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Provedte experimentální zkoušky a jejich vyhodnocení.
5. Zpracujte technickou zprávu v rozsahu 30 - 35 stran.

Seznam doporučené odborné literatury:

Vyhláška 38/2001 Sb., 186/2003 Sb., Vyhláška Ministerstva zdravotnictví o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pokrm.

FREMUNT, P., PODRÁBSKÝ, T.: *Konstrukční oceli*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, 1996. 261 s. ISBN 80-85867-95-8


BOUŠE, V. a kol: *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*. SNTL, Praha, 1986. 216 s.

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


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010

  
prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## PROHLÁŠENÍ STUDENTA

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

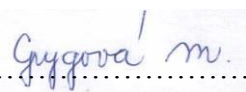
V Ostravě ..... 20.5.2010 .....

Podpis studenta..... Gyrgová! m.....

**Prohlašuji, že**

- jsem, byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 - odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jméno, příjmení autora práce:  
Adresa trvalého pobytu autora práce:

  
.....  
Monika Grygová  
Janáčkova 499  
739 61 Třinec

V Ostravě, 20. května 2010

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

GRYGOVÁ, M.: Studium povrchu antikorozi oceli a sklovitého smaltového povlaku po kontaktu s kapalinami. Ostrava, katedra mechanické technologie, Fakulta strojní, VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010, 107 stran. Diplomová práce, vedoucí: doc. Ing. Podjuklová J., CSc.

Diplomová práce se zabývá studiem povrchu u antikorozi oceli a sklovitého smaltového povlaku a jejich vhodnost po kontaktu s kapalinami. V teoretické části této práce jsou popsány jak fyzikální, tak chemické vlastnosti antikorozi oceli a sklovitého smaltového povlaku a jejich korozní odolnost. Podrobně jsou uvedeny také legující prvky v oceli a vliv chemických prvků na lidské zdraví. Na základě provedeného experimentu jsou v diplomové práci uvedeny chemické rozbor povrchů, výluhové zkoušky a drsnosti povrchů u vzorků z antikorozi oceli a sklovitých smaltových povlaků. Výsledky experimentu jsou podrobně vyhodnoceny, je proveden celkový rozbor vlivů, které působí na kvalitu daných povrchů a výluhování nebezpečných prvků do kapalin.

## **ANNOTATION**

GRYGOVÁ, M. Study of the Surface Stain Steel and Vitreous Enamel Coat after Contact with Liquid. Ostrava, Mechanical Technology Department, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2010, 107 pages. Thesis, advisor: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Thesis concerns with Study of the Surface Stain Steel and Vitreous Enamel Coat and its suitability after contact with liquids. In the theoretical part of work there are described either physical or chemical qualities of Stain Steel and Vitreous Enamel Coat and its corrosive resistance. Here are also launched in detail alloyed elements in Steel and influence chemical elements on human health. On the basis of conducted experiment, there are chemical analysis of the Surface, tincture (elute) tests and roughness at samples of Stain Steel and Vitreous Enamel Coats. Experiment results are evaluated in detail. Total analysis of influence was launched that impact of quality of given surfaces and lixiviation of dangerous elements into liquids.

## OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ, ZKRATEK A TERMÍNŮ .....</b>	<b>10</b>
<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>12</b>
<b>2. KOROZIVZDORNÉ OCELI .....</b>	<b>13</b>
2.1 Volba vhodného materiálu .....	14
2.2 Vliv kvality povrchu na korozní odolnost.....	15
2.2.1. Skladování, expedice a manipulace s ocelí .....	16
2.2.2 Dílenské a tepelné zpracování .....	16
2.2.3 Svařování.....	17
2.2.4 Kontaminace povrchu .....	18
2.3 Dělení korozivzdorných ocelí .....	19
2.3.1 Dělení ocelí podle chemického složení .....	19
2.3.2 Dělení oceli podle struktury (schopnosti fázové přeměny) .....	19
2.4 Legující prvky korozivzdorné oceli.....	22
2.5 Koroze kovů .....	29
2.5.1 Koroze antikorozní oceli .....	31
2.5.2 Nová pasivační antikorozní vrstva .....	31
2.6 Povrchová úprava výrobků z nerezavějící oceli .....	33
<b>3. SKLOVITÝ SMALTOVÝ POVLAK .....</b>	<b>34</b>
3.1 Definice smaltu.....	34
3.2 Druhy sklovitých smaltových povlaků .....	34
3.2.1 Příprava smaltéřské suspenze (břečky) .....	34
3.2.2 Dělení podle nanášení břečky .....	34
3.2.3 Dělení smaltu podle podkladového kovu .....	36
3.3 Vlastnosti smaltu .....	38
3.3.1 Fyzikální vlastnosti smaltu .....	38
3.3.2 Chemické vlastnosti smaltu .....	39
3.3.3 Korozní vlastnosti smaltu .....	40

3.4	Povrchová předúprava kovů.....	40
3.4.1	Chemická předúprava.....	40
3.4.2	Mechanická předúprava .....	41
3.5	Výroba sklovitého smaltového povlaku.....	41
3.6	Sušení smaltu .....	42
3.7	Vypalování smaltu.....	42
3.8	Vady smaltu .....	42
<b>4.</b>	<b>MATERIÁLY VHODNÉ PRO STYK S PITNOU VODOU .....</b>	<b>44</b>
4.1	Povrchová úprava nádob určených pro potraviny a nápoje .....	44
4.2	Korozivzdorná ocel vhodná pro styk s pitnou vodou .....	44
4.3	Sklovitý smaltový povlak pro styk s pitnou vodou.....	45
<b>5.</b>	<b>VLIV CHEMICKÝCH PRVKŮ NA LIDSKÝ ORGANIZMUS PO VYLUHOVÁNÍ DO POTRAVIN A NÁPOJŮ.....</b>	<b>46</b>
5.1	Vliv chemických prvků na lidské zdraví.....	46
<b>6.</b>	<b>METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ .....</b>	<b>54</b>
6.1	Nákup nádobí pro experiment .....	54
6.1.1	Smaltované nádobí od české firmy BELIS, s.r.o. České Budějovice .....	54
6.1.2	Nerezové nádobí od české firmy Tescoma s.r.o. Zlín .....	54
6.2	Příprava testovací vody a vzorků pro experiment .....	55
6.2.1	Příprava vzorků a požadavky na testování .....	55
6.2.2	Stanovení poměru povrchu k objemu vzorku .....	55
6.2.3	Používaná chemická činidla .....	55
6.2.4	Vyjádření výsledků .....	55
6.3	Výluhové zkoušky nerezového a smaltového nádobí .....	56
6.4	Chemický rozbor výluhů v laboratoři VŠB – TU Ostrava.....	60
6.5	Grafické znázornění výluhů smaltu a nerezů diplomové práce.....	61
6.6	Grafické a tabulkové srovnání výluhů nerezů a smaltu .....	62
6.6.1	Celkové srovnání výluhů mé bakalářské práce z roku 2008 .....	62
6.6.2	Celkové srovnání výluhů této diplomové práce.....	63



6.6.3	Chemický rozbor antikoročních ocelí .....	63
6.6.4	Hodnoty výluhů z bakalářské práce roku 2008 .....	64
6.6.5	Hodnoty výluhů této diplomové práce .....	64
6.6.6	Celkové shrnutí výsledků výluhů tohoto experimentu s výsledky výluhů mé bakalářské práce z roku 2008 .....	65
6.7	Chemické vyhodnocení vzorků .....	69
6.7.1	Příprava vzorků na chemickou mikroanalýzu .....	69
6.7.2	Vzorky na chemickou analýzu.....	69
6.7.3	Výsledky chemické analýzy jednotlivých vzorků .....	71
6.7.4	Chemické analýzy jednotlivých povrchů vzorků a fotodokumentace.....	71
6.8	Srovnání výsledků z chemické analýzy tohoto experimentu s experimentem bakalářské práce z roku 2008 .....	94
6.8.1	Chemická analýza experimentu bakalářské práce 2008 .....	94
6.8.2	Chemická analýza experimentu letošní diplomové práce .....	94
6.8.3	Srovnání obou experimentů.....	95
<b>7.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>98</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>100</b>
	<b>WEBOVÉ STRÁNKY NA INTERNETU .....</b>	<b>101</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>102</b>
	<b>PODĚKOVÁNÍ .....</b>	<b>107</b>

## SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ, ZKRATEK A TERMÍNŮ

veličina	popis	jednotka
$\alpha$	ferit	
$\gamma$	austenit	
Al	hliník	
$\text{Al}_2\text{O}_3$	oxid hlinitý	
C	uhlík	
CoO	oxid kobaltnatý	
Cr	chróm	
Cu	měď	
Fe	železo	
FeO	wústit - oxid železnatý	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	hematit- oxid železitý	
$\text{Fe}_3\text{O}_4$	magnetit – oxid železnato - železitý	
Fe	železo	
$\text{H}_2\text{O}$	voda	
$\text{H}_2\text{SO}_4$	kyselina sírová	
HCl	kyselina chlorovodíková	
Mg	hořčík	
Mn	mangan	
N	dusík	
$\text{Na}_2\text{O}$	oxid sodný	
Ni	nikl	
NiO	oxid nikelnatý	
O	kyslík	
P	fosfor	
PbO	oxid olovnatý	
S	síra	
Si	křemík	
$\text{SiO}_2$	oxid křemičitý	
$\text{SiO}_4$	oxid křemičelý	
Ti	titan	
$\text{TiO}_2$	oxid titaničitý	
V	vanad	
W	wolfram	
$\text{ZrO}_2$	oxid zirkoničitý	
DDD	doporučená denní dávka	[mg, $\mu\text{g}$ ]

$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia	
$\mu\text{m}$	mikrometr	
$\text{mg}$	miligram	
$\mu\text{g}$	mikrogram	
TOO	tepelně ovlivněná oblast	$[^{\circ}\text{C}]$
TT	tranzitní teplota	$[^{\circ}\text{C}]$
$\Delta T$	přídavek teploty	$[^{\circ}\text{C}]$
$T_{\min}$	dovolená teplota	$[^{\circ}\text{C}]$
$R_e$	mez kluzu	$[\text{Pa}]$
$R_p$	mez průtažnosti	$[\text{Pa}]$
$R_m$	mez pevnosti	$[\text{Pa}]$
$h_{\min}$	minimální výška	$[\text{m}]$
$\Delta h$	přírůstek výšky	$[\text{m}]$
$\sigma_{\max}$	dovolené normálové napětí	$[\text{Pa}]$
$\sigma_c$	lomové napětí	$[\text{Pa}]$

## 1. ÚVOD

Doba, kdy byly od sebe vědecké obory odděleny neprodyšnými hranicemi, už pomalu mizí, jelikož vědcům nejrůznějších oborů je již dávno jasné, že budou úspěšní jen ti, kteří budou propojovat jednotlivé vědecké obory. Propojují se např. biologie a genetika spolu s matematickým modelováním a počítači, výzkumy vedou spolu rozsáhlé vědecké týmy biologů a matematiků nebo lékařů a strojařů. A tak výzkum daného úkolu často řešíme např. od logistiky po genetiku a jeho výsledky pak můžou mít využití ve více oblastech.

Má diplomová práce je pro ženu studující strojní inženýrství na velice zajímavé téma, jelikož výsledky výzkumu budou přínosné nejen pro vědce, ale i pro širokou veřejnost. V této práci podrobně prostuduji vlastnosti antikorozi oceli i sklovitého smaltového povlaku, zda-li nedochází při styku s pitnou vodou a potravinami za určité časové období k narušení jejich povrchových vrstev. Po tomto narušení může dojít k vyplavení různých minerálů a chemických prvků či chemických sloučenin do výluhů, z nichž některé mohou být zdraví prospěšné nebo naopak škodlivé. Příkladem může být trojmocný chrom, který se přirozeně vyskytuje v životním prostředí a pro lidské tělo představuje důležitou živinu, jeho opakem je šestimocný chrom nebo nikl, které jsou pro lidské tělo velice škodlivé.

Navazuji na svou bakalářskou práci, kde jsem provedla výzkum na běžném smaltovaném a nerezovém nádobí zakoupeném v supermarketu za běžné spotřebitelské ceny. Tentokrát jsem pro experiment vybrala nádobí od nejlepších českých výrobců, kteří nám garantují prvotřídní kvalitu. Smaltované nádobí je od firmy BELIS, s.r.o. České Budějovice a nerezové nádobí bylo zakoupeno u české firmy Tescoma, s.r.o. Zlín.

## 2. KOROZIVZDORNÉ OCELI

Korozivzdorná ocel je ocel třídy 17, středně až vysoce legovaná, podléhající normě ČSN, jejíž hlavní požadovanou vlastností je odolnost vůči korozi. Široce se využívá, jelikož nikl a chrom ve spojení s tepelným zpracováním ukončily boj s korozi a tato odolnost vůči korozi s molybdenem ještě vzrůstá. Chrom v oceli dohromady s působením kyslíku vytvoří oxidační vrstvu, která materiál spolehlivě chrání proti korozi, ale hranice k dosažení pasivity je až od 12% chrom v tuhém roztoku železa  $\alpha$  nebo  $\gamma$ . Chrom se chemicky váže v karbidech nebo nitridech za pomoci ušlechtilých legujících přísad molybden, nikl, měď a dalších legujících prvků. Dojde-li k poškození povrchu, vytvoří se velice rychle, v několika sekundách až hodinách opět nová ochranná vrstva. Přítomnost niklu zlepšuje obrobitelnost, svařitelnost a má výbornou schopnost zpevňování za studena.

Typů nerezavějící oceli je mnoho. Liší se ale odolností proti korozi způsobenou určitým činitelem. Pak jsou odolné ve vodě, na vzduchu, v solích, v loužích a některých kyselinách. Jsou chromové, chrom-niklové, chrom-manganové a jiné speciální. Ocel může být magnetická i nemagnetická, nebo lesklá či matná. Ušlechtilá nerezová ocel má dobré mechanické vlastnosti, je odolná proti extrémním teplotám, hygienicky nezávadná, lehce se čistí a je nenáročná na údržbu.

Používají se hlavně pro lékařské účely např. chirurgické nástroje, dále pak v potravinářském a strojném průmyslu např. jako nádobí, náčiní, tanky, potrubí, měřidla, kalibry a speciální nerezavějící oceli pro jaderné elektrárny. Hodí se i ve stavebnictví na venkovní architekturu nebo vnitřní výstavbu, kde se ušetří na nákladech při údržbě na hodně dlouhou dobu. Nové typy korozivzdorných ocelí jsou hlavně vyvíjeny do prostředí silných kyselin pro chemický průmysl, kde je odolnost proti korozi docílena hlavně vysokým obsahem chromu. Chromová ocel se používá jak pro kyselinu sírovou, tak pro kyselinu chlorovodíkovou, ale u této oceli ke korozi dochází. Lepší korozivzdornost vůči těmto kyselinám má ocel austenitická, chrom-niklová ocel, chrom-manganovo-niklová ocel nebo chrom-manganová ocel. Cena niklu na světovém trhu roste, proto i tyto oceli jsou poměrně drahé. Společnosti a podniky se proto snaží používat chromniklových ocelí jen pro nejagresivnější prostředí.

V potravinářském průmyslu se tato ocel začala používat všude. Dnes už zřejmě nenajdeme školu, školku nebo nemocnici, kde by v kuchyních nepřevládaly nerezové

hrnce, kotle, nádobí, náčiní a jiné potřeby. Dokonce i stoly a dřezy musí být z nerezavějící oceli. V tomto oboru má široké uplatnění, je výhodná, že ji nelze otlouci tak jako smalt, lehce se udržuje a lze ji mýt i v myčkách. Má dlouhou životnost a dobře odolává výkyvům tepla oproti smaltovanému nádobí. Jídlo se v ní nepřipaluje, ale vaří se v ní poměrně pomaleji, jelikož stěna nerezového nádobí dosáhne teploty maximálně 70 °C až 80 °C. Její slabou stránkou je, že je velmi špatný tepelný vodič. Nádobí vypadá velice hezky, má dokonalý design, vnější povrch bývá zrcadlově vyleštěn a vnitřní povrch je taktéž jemně vybroušen nebo vyleštěn.

## 2.1 Volba vhodného materiálu

Konstruktér při výběru musí dbát na to, aby materiál splňoval určité požadavky pro dané podmínky za co nejnížší cenu. Pokud ale vybere levnější materiál s nižší než požadovanou korozní odolností, časem se tento výběr může projevit nárůstem nákladů na opravu či výměnu daného zařízení. Vybere-li materiál za poměrně vyšší pořizovací náklady, ale se značně vyšší korozní odolností než je nutná pro dané podmínky, návratnost této investice se nemusí vrátit, zajistí nám však opodstatněné i případně jiné požadavky. Při výměně se musí nový materiál co nejvíce shodovat se zaměňovaným poškozeným materiálem, aby se tato volba materiálu co nejvíce blížila podmínkám jeho používání a předešlo se tak jiným projevům poruch. Kromě korozní odolnosti by měly kovové materiály splňovat i další požadavky:

- U konstrukcí staticky zatěžovaných pracujících za normální teploty musí konstruktér vybrat materiál buď podle smluvní meze kluzu,  $R_e$ ,  $R_{p0,2}$  nebo meze pevnosti  $R_m$ .
- U materiálů s nízkou houževnatostí, to je schopností materiálu odolávat dynamickému namáhání, rázům a plasticky se deformovat, vybíráme materiál dle lomového napětí  $\sigma_f$ . Při použití nesmí maximální dovolené napětí  $\sigma_{max}$  přesáhnout smluvní hodnotu danou zejména „R“ (zvolenou charakteristikou pevnosti) a „k“ (koeficientem bezpečnosti, který závisí na spolehlivosti a životnosti celé konstrukce). Pak dovolené napětí  $\sigma_{max} = R / k$ .
- U konstrukcí pracujících za snížených teplot, přistupujeme navíc k napěťovému kritériu i kritérium tranzitní teploty. To znamená, že nesmí žádná část konstrukce pracovat při teplotě nižší než nejnižší dovolená teplota  $T_{min}$ . Její hodnota se

odvozuje od tranzitní teploty  $T_T$ .  $T_{\min} = T_T + \Delta T$ , kde  $\Delta T$  je přídavek k tranzitní teplotě.

- U konstrukcí, kde je předpokládáno snížení nosného průřezu vlivem koroze (rozrušení kovů následkem chemické nebo elektrochemické reakce s korozním prostředím) nebo abraze (obrušování), musíme počítat při takovémto ztenčení materiálu s přídavkem na korozi  $\Delta h$ . Pak výpočtová tloušťka  $h_{\min} = h + \Delta h$ .
- U konstrukcí pracujících za zvýšených teplot, kde již dochází k tečení materiálu se místo pevnostní charakteristiky při normální teplotě bere jako pevnostní kritérium hodnota odvozená od meze tečení nebo pevnosti při tečení.
- U konstrukcí zatěžovaných během provozu časově proměnným napětím, je životnost konstrukčního prvku limitována mezí únavy,  $\sigma_c$ , mezí kluzu  $R_e$ , a pevnosti  $R_m$ , hodnotou součinitele proměnlivosti cyklu  $R$ , stavem povrchu, tvarem součásti apod.
- Některé materiály volíme dle jiných užitečných vlastností: např. tribologických (odolnost vůči opotřebení, zvýšení kluzných vlastností), elektrických, optických, desingových apod. Korozní odolnost musí však i v těchto případech být dostatečná.

## 2.2 Vliv kvality povrchu na korozní odolnost

Korozní odolnost v provozních podmínkách závisí především na tom, jakou jsme vybrali ocel pro provoz, to znamená na chemickém složení oceli, který je dán obsahem legujících prvků a na samotné kvalitě povrchu oceli. Často totiž dochází vlivem nesprávné manipulace a zpracování k poškození a zhoršení vzhledu povrchu, následně dojde ke koroznímu napadení v důsledku porušení ochranné pasivní vrstvy, a tím ke snížení životnosti oceli. Proto musíme s ocelmi správně zacházet. Nejvíce ovlivňují korozní odolnost některé formy koroze - bodová koroze, šterbinová koroze nebo korozní praskání, a to již za velmi mírných korozních podmínek. Špatný povrch odradí zákazníka, jelikož vzbuzuje nedůvěru k jakosti výrobku.

Ke snížení korozní odolnosti dochází:

- při samotné výrobě polotovaru v hutích
- při skladování a expedici
- při manipulaci materiálem
- při dílenském a tepelném zpracování

- při svařování
- při úpravě povrchu pro předvýrobu nebo před uvedením do provozu
- při kontaminaci povrchu oceli

### **2.2.1. Skladování, expedice a manipulace s ocelí**

Z polotovaru korozivzdorných ocelí se nejvíce vyrábějí plechy a pásy. Aby nedošlo k jejich poškození, musí se s nimi opatrně zacházet. Proto se řídíme několika pravidly: skladujeme je v obalech a na dřevěných podložkách nebo paletách, sklad i obaly musí být čisté a vysáté. Při manipulaci s ocelí musí mít pracovníci čisté rukavice, bez kovových spon a cvočků, aby nedošlo k poškrábání. Oděv nesmí mít kovové knoflíky. Používáme jen pomůcky, které jsou obšité kůží.

Sklad s korozivzdornou ocelí musí být nutně oddělen od ocelí uhlíkatých, nesmí dojít také k zaprášení povrchu ocelí prachem, které obsahují železo a uhlík, aby nedošlo k nauhličení ocelí. Také nesmí ocel přijít do styku s výpary z mořících lázní obsahujících kyselinu chlorovodíkovou. Při expedici pod jeřáby musíme ocel chránit před případným kapajícím olejem. Nikdy nesmíme značkovat plechy syntetickými barvami nebo používat zašpiněné nářadí.

### **2.2.2 Dílenské a tepelné zpracování**

- Tváření za tepla – plechy z korozivzdorných ocelí se ohřívají na tvářecí teplotu nad 1000 °C. Při tomto ohřívání nesmí dojít k nauhličení povrchu oceli. K ohřevu se používají elektrické pece, při ohřevu pomocí plynu nesmí ocel přijít do styku se sloučeninami S, CO, CO<sub>2</sub>. Ohřev pomocí kyslík-acetylenového plamene se neprovádí.
- Tváření za studena – při tomto tváření se korozivzdorné oceli austenitické zpevňují při lisování, tažení či ohýbání. Po tomto tváření je nutné tepelně ocel zpracovat rozpouštěcím žháním v ochranné atmosféře (pouze po odmaštění alkalickým činidlem), ale přitom nesmí dojít k nauhličení.



- Rovnání, ohýbání, dělení – rovnání plechů se může provést pouze na desce s ochranným obložení a ještě přes další plech z korozivzdorné oceli. Všechny nástroje a měřidla musí být z nerez, nesmí se po oceli posouvat, ale jen přikládat.
- Při stříhání musí být nůžky vždy očištěny od uhlíkatých ocelí, nutno také použít podložné ochranné plechy z korozivzdorné oceli. Dělit materiál lze také plazmovým hořákem nebo elektrochemickým řezáním.
- U strojního obrábění musíme používat nástroje ze slinutých karbidů nebo rychlořezných nástrojových materiálů, za pomoci čisté chladicí kapaliny. U broušení se nesmí použít nic s feromagnetickým materiálem a v žádném případě se nesmí broušený materiál přehřívat.
- Pro tepelné zpracování je nutné použít pouze elektrické nebo plynové pece, plynná atmosféra má mít oxidační charakter, protože okuje vzniklé z této atmosféry se snadno odstraní mořením. U korozivzdorné austenitické oceli nepoužíváme plynové pece, aby se předešlo nauhličení povrchu oceli.

### **2.2.3 Svařování**

Aby při svařování nedocházelo k nauhličení musíme zvolit správnou technologii svařování i správný přídavný materiál. Také v dílně, kde se svařuje korozivzdorná ocel, se nesmí svařovat uhlíková ocel. Po přípravě plechů pro svařování, např. po frézování nebo broušení, nesmí mít hrany oceli stopy po železe, rzi nebo oleji, proto nečistoty a poškození na plechu musíme vyčistit kartáčem z korozivzdorné oceli. Před svařováním musíme odstranit látky, které by mohly dostat do svaru a snížit tak korozní odolnost. Z těchto látek se můžou vytvořit trhliny v tepelně ovlivněné zóně (jinak v TOO) nebo v její blízkosti. Svařování se provádí v ochranné atmosféře. Uhlík nebo jeho sloučeniny, které neshořely při svařování, ulpí na povrchu oceli a snižují korozní odolnost. Proto musíme před každou novou housenkou odstranit strusku. Při svařování plamenem hrozí zahřátí okolí svaru, následné nauhličení nebo naopak oxidace povrchu, proto tento postup nepoužíváme (pouze v nutném případě a s přebytkem kyslíku).

#### 2.2.4 Kontaminace povrchu

- Při kontaminaci povrchu korozivzdorných ocelí organickými nebo nekovovými látkami, např. sírou a fosforem, dojde ke zhoršení korozní odolnosti a ke vzniku defektů – trhlin ve svaru a v TOO, objeví se bodová a štěrbinová koroze.
- Při kontaminaci povrchu železem nebo uhlíkatým materiálem dojde nejčastěji u svařování, kdy se zalije železo do svaru z důvodu nečistých svařovacích ploch. Vady se projeví za běžných atmosférických podmínek, kdy se na povrchu objeví rezavé skvrny. Pokud skvrny nejsou odstraněny, naruší pasivní vrstvu a vytvoří bodovou korozi.
- Nedostatky takové kontaminace ve svaru se projeví až v provozu. Jak předejít kontaminaci povrchových vrstev jsem již zmínila v kapitole 2.2.1.
- Při kontaminaci povrchu oceli oxidy dojde většinou po svařování a tepelném zpracování a projeví se barevnými odstíny na oceli nebo vrstvou povrchových oxidů. Toto se musí ihned odstranit, jelikož dojde k ochuzení povrchové vrstvy o legující prvky. U svarů se oxidy (většinou Cr a Ni) odstraňují z okolí broušením a kartáčováním, aby nedošlo k zatavení do housenky.
- Aby měl povrch potřebnou korozní odolnost, je třeba vždy provést chemické nebo mechanicko-chemické čištění povrchu, protože k obnovení pasivní vrstvy dojde pouze na kovově čistém povrchu. Moření je jednou z forem čištění, které odstraní okuje, rzi, barevné odstíny po kontaminaci oxidy a uhlíkatý materiál velice jednoduše. Ihned po moření dojde vlivem vzduchu k vytvoření nové pasivní vrstvy, která ochrání povrch, nebo můžeme povrch konzervovat speciálními roztoky pro vytvoření silné povrchové pasivní vrstvy u korozivzdorné oceli.
- Pokud se musí provést opláchnutí nebo proplach po např. tlakové zkoušce musíme pamatovat na zásady, aby nedošlo ke koroznímu napadení kontrolovaného zařízení: voda nesmí obsahovat nerozpustné soli a nečistoty, proto opláchnutí provádíme čistou destilovanou nebo demineralizovanou vodou. Voda k oplachování, která obsahuje chloridy, nesmí překročit povolený limit chloridů pro určitý typ oceli a tato voda také nesmí vnikat do prostorů těžce přístupných.

## 2.3 Dělení korozivzdorných ocelí

Ušlechtilá korozivzdorná ocel byla vynalezena v roce 1912. Má řadu výhod, mezi něž patří odolnost vůči agresivnímu prostředí a mechanickému poškození, proto se dává tam, kde se očekává dlouhá životnost a vysoká odolnost. Tato legovaná ocel se stále více používá, tam, kde je třeba zajistit antikorozi vlastností a to tím, že vhodně zvolíme tento materiál (bez použití mechanické antikorozi ochrany). Odolnost antikorozi oceli spočívá v tom, že dojde k pasivaci neboli k vytvoření oxidické vrstvy na kovově čistém povrchu korozivzdorné oceli bohaté na chrom za působení dostatečného množství kyslíku. Tak vznikne trvanlivá antikorozi povrchová plocha.

### 2.3.1 Dělení ocelí podle chemického složení

Tyto oceli mají různé chemické složení, které určuje jejich mechanické vlastnosti a odolnost vůči korozi. Jsou rozděleny pouze do 4 skupin, i když mají rozdílný obsah (12 % – 30 %) chromu, (4 % - 30 %) niklu, (0,5 % – 25 %) manganu a jiných legujících prvků, např. síry, titanu, dusíku, mědi, molybdenu, fosforu, vanadu, magnezia, wolframu a uhlíku.

- **Chrómové:** oceli s přísadou: 12 % – 30 % Cr.
- **Chró-m-niklové:** spolu Cr a Ni dosahuje větší korozi odolnosti, vyšší houževnatosti i plasticity než chromové oceli.
- **Chró-m-manganové:** u této oceli je nahrazen nikl manganem buď částečně, nebo úplně, tato ocel má ale nižší korozivzdornost a žáruvzdornost než Cr - Ni oceli.
- **Speciální**

### 2.3.2 Dělení oceli podle struktury (schopnosti fázové přeměny)

Oceli se dělí do skupin podle struktury na feritické, martenzitické, austenitické a duplexní. Největší skupinu ale tvoří austenitické oceli využívané v chemickém, potravinářském, farmaceutickém, energetickém průmyslu, architektuře a stavebnictví.

- **Nerezavějící ocel s obsahem 4 % - 6 % Cr** (s obsahem C nad 0,12 % je i kalitelná), obtížně se svařuje, odolává oxidaci do 550 °C.

**Ocel třídy: 17 102**

**Použití:** pro mírně zvýšené nároky na korozní prostředí nebo nižší žárupevnost.

- **Feritická ocel s obsahem 12 % – 22 % Cr**, s 0,05 % C - 0,2 % C, ale zpravidla má  $\leq 0,1$  % C, někdy má ocel do max. 5 % Ni, je nekalitelná, korozivzdorná i v prostředí síry, žáruvzdorná (až do 1100 °C), s nízkou mezí kluzu a nízkou plasticitou, má sklon ke zkřehnutí při ochlazování z teploty větší než 950 °C a při 475 °C.

**Ocel třídy: 17 254, 17 041**

**Nutnost tepelného zpracování:** jen některé potřebují homogenizační žíhání 750 °C – 900 °C s rychlým ochlazením.

**Použití:** rekuperátory, topné obvody, málo namáhané součásti tepelných zařízení.

- **Austenitická ocel s obsahem 18 % Cr + 8 % Ni** (jiné složení oceli s  $\leq 0,1$  % C, 12 - 25 % Cr, 8 - 30 % Ni nebo  $\leq 0,1$  % C, 10 - 18 % Cr, 14 - 25 % Mn), nemagnetická, nekalitelná ocel s výbornou svařitelností, žáruvzdorností (až do 1150 °C) a žárupevností (až do 750 °C), s nižší mezí kluzu a špatnou vodivostí, obtížně obrobitelná, za dosti vysokou cenu, má sklon ke koroznímu praskání pod napětím.

**Ocel třídy: 17 241, 17 246**

**Nutnost tepelného zpracování:** rozpouštěcím žíháním (950 °C – 1150 °C) s rychlým ochlazením do vody vznikne austenit.

**Použití:** v chemickém průmyslu (bez S), pro sklářské a keramické pece, topné odpory, kuchyňské náčiní, potravinářský a energetický průmysl.

- **Martenzitické kalitelné nerezavějící oceli - s obsahem prvků 12 % - 18 % Cr a 0,15 % - 1,1 % C** se vyznačují větší pevností a tvrdostí. Nevýhodou je, že se obtížně svařují a jsou náchylné ke korozi pod napětím a popouštěcí křehkosti.

Ocel třídy: 17 021, 17 023, 17 027, 17 042

- **Duplexní (dvoufázové) oceli**

- **Austeniticko - feritické oceli** – nekalitelné, mají dvojnásobnou pevnost a nižší korozivzdornost jako oceli austenitické, s obsahem prvků: 19 % – 26 % Cr, 4,6 % – 7,5 % Ni; 0,02 % - 0,08 % C, popř. až 0,12 % C. Některé mají i 2,5 % Mo; 0,5 % - 1,5 % Mn a Si.

**Ocel třídy: 17 254**

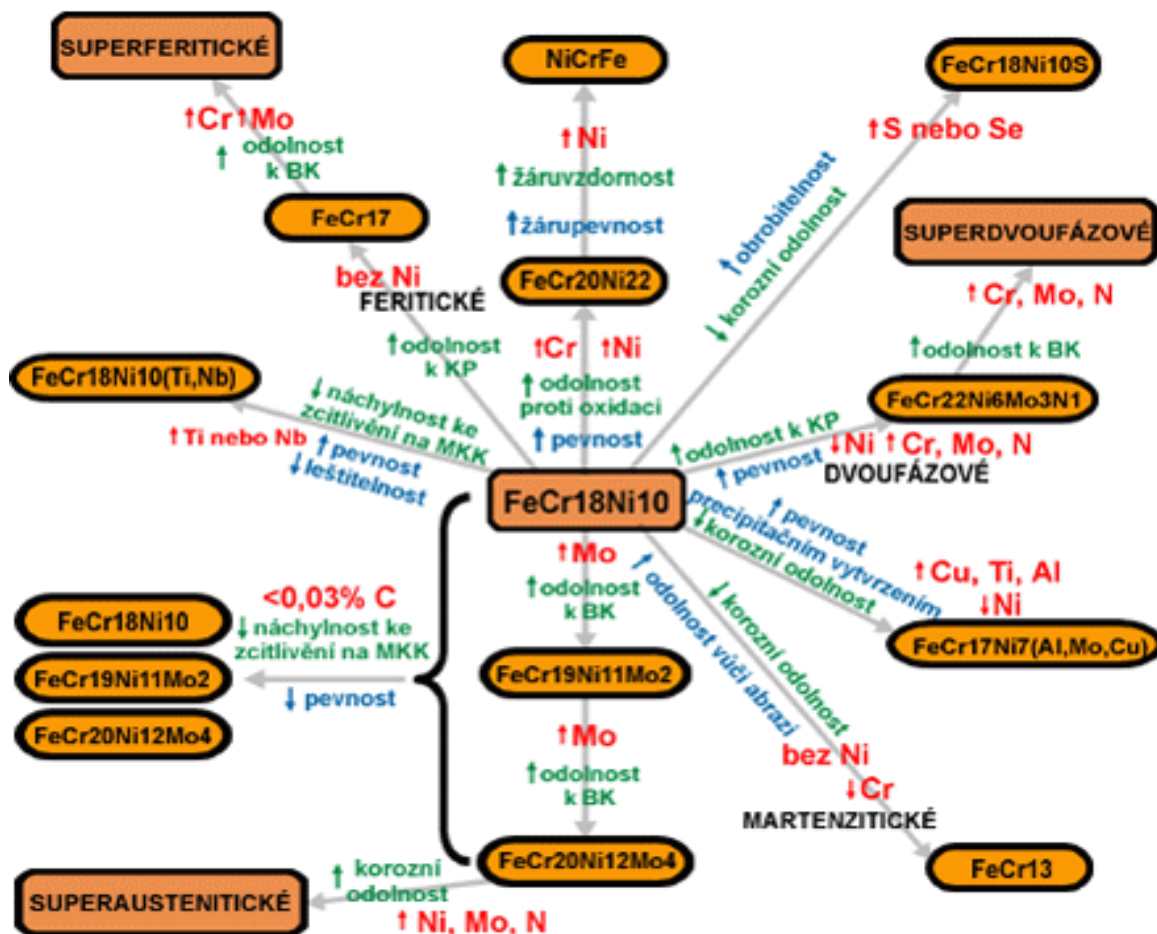
**Nutnost tepelného zpracování:** rozpouštěcí žíhání při teplotě 950 °C.

- **Martenziticko - feritické nerezavějící oceli**
- **Martenziticko – austenitické nerezavějící oceli**
- **Disperzně zpevněné nerezavějící oceli (PH)** – mají lepší korozivzdornost než martenzitické oceli a titanové slitiny. Běžně pracují při teplotách 550 °C.

**Použití:** pro letecký a kosmický průmysl, jadernou techniku.

Dělíme je do 3 skupin:

- **Oceli s precipitací v martenzitické matici** obsahují 17 % Cr, 4 % - 7% Ni, max. 0,12 % C, max. 1 % Mn, max. 1 % Si + 2,5 % Cu nebo 0,7 % Ti, 0,2 % Al, 0,2 % N. Dosahují pevnosti 1400 MPa.
- **Poloaustenitické oceli** s max. 0,09 % C, 15 % Cr, 7 % Ni, 1,5 % Al nebo 2,5 % Mo. Obsahují až 30 % delta feritu. Oceli s 0,13 % C, 15 % - 16,5 % Cr, 4,3 % Ni, 0,1 % N a 2,75 % Mo. Tato ocel obsahuje 10 % delta feritu a 20 % feritu. Dosahujeme vysokých hodnot u mechanických vlastností.
- **Austenitické oceli** s 0,12 % - 0,3 % C, 18 % Cr, 10 % Ni, 1 % Mn + 1 % Si nebo 3,5 % Mn + 0,5 % Si. Ocel má hodnoty meze kluzu až 900 MPa a pevnost v tahu 1200 MPa.



Obr. č. Vztahy mezi jednotlivými typy korozivzdorných ocelí [ 17 ]

## 2.4. Legující prvky korozivzdorné oceli

**Chróm - chemická značka Cr, (latinsky *Chromium*)**, je světle bílý, lesklý, velmi tvrdý a zároveň křehký kov, který se používá v metalurgii při výrobě legovaných vysoce kvalitních ocelí a dalších slitin. Při pochromování tenká vrstva chromu chrání povrch kovových předmětů před korozi a zvyšuje tím i jejich tvrdost. Obsah chrómu ve slitině určuje především její tvrdost a mechanickou odolnost. Projevy korozivzdornosti u slitin Fe – Cr se začínají projevovat už od 10,5 % Cr, ale zaručená korozivzdornost je od obsahu 12 % Cr. Při obsahu 20 % – 25 % Cr se v oceli vytvoří křehká fáze sigma a tvoří se karbidické fáze. Cr zpomaluje pokles tvrdosti při popouštění, zvyšuje odolnost proti korozi a opalu. Moc velké zvyšování chrómu zhoršuje mechanické vlastnosti, zpracovatelnost a svařitelnost, proto k dosažení lepší korozivzdornosti používáme další legující prvky. Cr u nástrojových ocelí zlepšuje také její žáruvzdornost a žárupevnost. Další druhy ocelí s nižším zastoupením chromu slouží k výrobě geologických vrtných nástrojů, vysoce výkonných nožů pro stříhání kovů, frézovacích nástrojů pro opracování dřeva a v řadě podobných aplikací. Možnost kalitelnosti a korozivzdornosti ocelí legovaných Cr se využívá u chirurgických nástrojů, v potravinářském průmyslu, ve vodních strojích, jako odlitky vodních turbín, atd. Chróm se také přidává do mosazi, aby se tím zvětšila její tvrdost. V každodenním životě se s chromem setkáme spíše jako s materiálem chránícím kovové povrchy před korozi a pro svůj estetický vzhled. Příkladem je chromování chirurgických nástrojů, chromované předměty v koupelnách, luxusní automobilové doplňky jiné.

**Kadmium – chemická značka Cd, (lat. *Cadmium*)**, je to kov stříbrné barvy, lehce tavitelný, měkký, ale toxický. Přidává se do různých slitin nebo se používá k povrchovým úpravám před atmosférickou korozi pro železo a slitiny- galvanickým kadmiováním. Vyskytuje se v přírodě jako součást (příměs) rud zinku, občas i olova. Má nízký bod varu, proto se od rudy odděluje destilací. Je ale toxický, proto se ho snažíme nahrazovat jinými kovy. Používá se při výrobě pájek, jako slitina kadmia se stříbrem, zinkem a cínem, dále k výrobě nikl-kadmiových akumulátorů, jako malířský pigment či jako luminofor pro černobílé obrazovky.

**Nikl – chemická značka Ni, (latinsky *Niccolum*)**, je bílý, lesklý, feromagnetický, kujný a tažný kov, který slouží jako součást různých slitin a k povrchové ochraně jiných kovů před korozi. Společně s Fe, Cr a Mn patří mezi základní kovy, které slouží pro

legování ocelí. Slitiny s Ni obsahují i menší množství dalších kovů – Mo, W, Co a jiné. Je podobný jako Mn, v austenitické struktuře se podílí na stabilizaci austenitu pro lepší zpracovatelnost oceli. Není karbidotvorný, proto brzdí procesy při popouštění. Ni zvyšuje prokalitelnost, zlepšuje tvárnost, houževnatost a korozní odolnost. Přispívá ke korozivzdornosti a pokud je obsah Ni 8 % – 10 %, je ocel odolná proti koroznímu praskání při napětí, spolehlivě odolná je až se 30 % Ni.

Jelikož je toxický, jeho využití je omezováno. Dá se výborně leštit, je tažný, dá se kovat, svářet, válcovat na plechy nebo vytahovat v dráty. Je stálý vůči atmosférickým vlivům i vodě, proto se často nanáší elektrolyticky, (obvykle z alkalického prostředí), velmi tenká niklová vrstva na povrchy méně odolných kovů, nejčastěji železa. Takto se upravují jednoduché pracovní nástroje jako šroubováky, klíče, chirurgické nástroje, nádobí pro chemický průmysl a jiné pomůcky.

Používané odolné slitiny:

- Monelův kov – obsahuje 68 % Ni a 32 % Cu se stopami Mn a Fe, používaný pro výrobu lodních šroubů i kuchyňského vybavení.
- Alnico-slitina obsahuje Fe, Co, Ni, Al a Cu a slouží pro výrobu velmi silných permanentních magnetů
- Mincovní kovy- používané k ražení mincí, obvykle ve slitinách s Cu.

**Molybden – chemická značka Mo, (*latinsky Molybdaenum*)**, je kovový prvek, který se hlavně využívá jako složka vysoce legovaných a speciálních ocelí a při výrobě průmyslových katalyzátorů. Mo ve spojení s Cr, má ochranné vlastnosti, silně zlepšuje prokalitelnost, snižuje sklon k vysokoteplotní popouštěcí křehkosti, zlepšuje odolnost proti bodové a štěrbinové korozi, ocel má zvýšenou odolnost vůči napadení za normálních a vyšších teplot. Běžný obsah je od 0,15 – 0,5 % Mo. Elementární molybden je stříbrný až šedobílý, tvrdý a křehký kov se značně vysokým bodem tání. Poměrně malé množství Mo ve slitině výrazně zvyšuje její tvrdost, mechanickou a korozní odolnost. Z Mo ocelí se vyrábějí silně mechanicky namáhané součásti strojů, např. geologické vrtné hlavice, nástroje pro kovoobrábění a také povrchová vrstva pístních kroužků.

**Mangan – chemická značka Mn, (*latinsky Manganum*)**, je světle šedý, tvrdý, křehký, paramagnetický kov. Slouží v metalurgii jako přísada do různých slitin, katalyzátorů a barevných pigmentů. Mangan je velmi elektropozitivní prvek, který je nejvíce elektricky pozitivní prvek po alkalických kovech, kovech alkalických zemin

a hliníku. Asi 95% světové těžby Mn se spotřebuje při výrobě oceli, dále manganového bronzu a slitin hliníku. Zbytek se spotřebuje ve sklářském a keramickém průmyslu a při výrobě chemikálií. V hutnictví slouží Mn především při tavně, kde na sebe váže S a O<sub>2</sub>, které je nutno z kvalitní oceli odstranit. Je to desulfurační a deoxidační přísada, která převede vzniklé sloučeniny S a O do strusky a vyčistí tak taveninu. Určité procento Mn ale v oceli zůstává, pouze jako nezreagovaný přebytek, někdy je obsah záměrně vyšší tak, aby bylo dosaženo jiných mechanických vlastností oceli. Příznivě ovlivňuje pevnost a zvyšuje prudce prokalitelnost. Ocel má mít minimální obsah 0,3 % Mn, který je nutný pro vázání síry na MnS, ale při vyšším obsahu Mn má ocel sklon k popouštěcí křehkosti. Sulfidy zhoršují pasivovatelnost ocelí a odolnost k bodové a štěrbinové korozi. Pokud ocel obsahuje 5 % – 10 % Mn, má podobné vlastnosti jako Ni. Kromě manganu obsahují oceli vždy jako základní složku Fe, Cr a Ni.

Používané běžné slitiny:

- Ferromangan - obsahuje 70 – 90 % Mn a zbytek Fe
- Silikomangan, obsahuje 65 – 70 % Mn a zbytek Si
- Dural- obsahuje Al, Mg + menší množství Cu a Mn
- Heuslerovy slitiny- jsou ferromagnetické, aniž obsahují ferromagnetický kov. Tvoří je Mn s kovy – např. Al, Sn nebo Sb

**Olovo – chemická značka: Pb, (latinsky *Plumbum*),** je kujný, měkký, těžký toxický kov, s nízkým bodem tání a odolností vůči atmosférické korozi – jen šedne a ztrácí lesk. Je známé tím, že pohlcuje rentgenové záření, hodí se pro slitiny s cínem, stříbrem a antimonem a slouží jako pájky. Slitina olova, cínu, stříbra, kadmia a antimonu slouží pro větší bod tání a lepší pevnost svaru. S přidavkem fosforu se tvrdost ještě zvýší, ale také se zvýší křehkost materiálu. V přírodě se nachází jako součást rudy nebo minerálů. Vyrábějí se z něho elektrické akumulátory, olověné trubky s cínovou vložkou, nebo vnitřní stěny ocelových nádrží. Slouží také k výrobě olovnatého těžkého skla a křišťálu, těsnění parních kotlů, k výrobě střeliva, zápalek, pyrotechniky a je součástí barev. Patří mezi ekologická rizika, znečišťuje půdu (dříve olovem z výfukových zplodin aut) a vodu (olůvky od rybářů nebo broky od lovců).

- Ložiskový kov – otěruvzdorná slitina z 80 – 90 % Sn + Pb, Cu a Sb, na kluzná ložiska



- Písmenkový kov – dříve se tato slitina z Pb, Sn a Sb hojně používala k výrobě písmenek pro tiskařství

**Uhlík – chemická značka C, (*latinsky Carboneum*)**, je chemický prvek, tvořící základní stavební kámen všech organických sloučenin a živých organismů na Zemi. Mezi sloučeniny uhlíku patří především fosilní paliva - zemní plyn a uhlí (energetický zdroj pro výrobu elektřiny a vytápění), produkty ropy (pohon pro spalovací motory, výrobky chemického průmyslu, např. plastické hmoty, umělá vlákna, nátěrové hmoty, léčiva a jiné). V metalurgii, kde po přepracování na koks slouží jako redukční médium při výrobě železa a podobných kovů z oxidačních rud ve vysoké peci. V oceli má negativní vliv na korozní odolnost, jako důsledek vazby s chromem, ale pokud se rozpustí v matici, pak je korozní odolnost dobrá.

**Dusík – chemická značka N, (*latinsky Nitrogenium*)**, je plyný chemický prvek, tvořící hlavní složku zemské atmosféry. Patří mezi biogenní prvky, které jsou základními stavebními kameny živé hmoty. Dusík je plyn bez barvy, chuti a zápachu, není toxický ani jinak nebezpečný. Plyný dusík se využívá jako inertní atmosféra např. v prostředí, kde hrozí nebezpečí výbuchu, při výrobě integrovaných obvodů a nerezové oceli. Je velmi dobrým austenitickým prvkem, bývá legován do vysokých obsahů, jako náhrada Ni, zlepšuje odolnost k bodové a šterbinové korozi, snižuje korozní rychlost.

**Vanad – chemická značka V, (*latinsky Vanadium*)**, patří mezi kovové prvky, v praxi je používán pro výrobu speciálních slitin a průmyslových katalyzátorů. Přidává se do vysoce kvalitních ocelí s vysokým obsahem chromu, kde tvoří s uhlíkem karbid  $V_4C_3$ . Ten se v oceli rozptýlí a tím zjemňuje zrnitou strukturu oceli, která je díky tomu odolnější proti opotřebení, především za vyšších teplot. Při vysokém popouštění způsobuje sekundární tvrdost, má afinitu k N, proto zamezuje stárnutí ocelí a brání růstu zrna. Využívají se pro výrobu chirurgických nástrojů a pro průmysl, kde vykazují vysokou chemickou i mechanickou odolnost.

**Wolfram – chemická značka W, (*latinsky Wolframium*)**, je šedý až stříbřitě bílý, velmi těžký a mimořádně obtížně tavitelný kov. Uplatňuje se hlavně jako složka různých slitin, v čisté formě pro výrobu žárovkových vláken- je schopen po tisíce pracovních hodin snášet teploty značně přes 1000 °C. V průmyslu se používá W jako wolframové elektrody při svařování kovů elektrickým obloukem metodou TIG. Ve slitinách způsobuje W

podobně jako Mo sekundární tvrdost při popouštění, omezuje popouštěcí křehkost, ovšem daleko méně než Mo, a má lepší mechanické i tepelné odolnosti.

- Hastelloy a Stellite - rychlořezné oceli, které obsahují max. 18 % W, vyrábí se z nich kovoobráběcí nástroje, vrtné hlavice geologických nástrojů, turbíny a další vysoce teplotně a mechanicky namáhané součástky.
- Pseudoslitiny 91 – 96 hm % W s Ni, Fe a Co, vyrobené práškovou metalurgií se využívají kvůli své dobré schopnosti odstínit rentgenové záření a záření gama, jako materiál pro radiační stínění např. v kobaltových ozařovačích používaných k ozařování zhoubných nádorů.

**Hliník - chemická značka Al, (latinsky Aluminium),** je velmi lehký kov bělavě šedé barvy, velmi dobrý vodič elektrického proudu, se značnou chemickou odolností a nízkou hmotností. Hliník se do slitin přidává v setinách % na zjemnění zrna. Používá se v elektrotechnice, ve formě slitin v leteckém a automobilovém průmyslu, vyrábějí se z něho drobné mince, kuchyňské nádobí, přístroje a tenká folie, zvaná alobal. Největší uplatnění hliníku je ve formě slitin, nejznámější je slitina s hořčíkem, mědí a manganem, známá jako dural - má větší pevnost a tvrdost než Al, malou měrnou hmotnost, dobrou odolnost vůči korozi. Dále ho používáme při výrobě výtahů, jízdních kol, lehkých žebříků a podobných aplikací. Slitiny s titanem a hliníkem se vyznačují vynikající mechanickou odolností a nízkou hustotou a nacházejí uplatnění při výrobě leteckých motorů a speciálních součástek pro konstrukci letadel a kosmických sond, družic a podobných aplikací.

**Titan – chemická značka Ti, (latinsky Titanium),** je šedý až stříbřitě bílý, lehký kov, poměrně hojně zastoupený v zemské kůře. Je poměrně tvrdý, mimořádně odolný proti korozi, má dobré fyzikálně-chemické vlastnosti, malou hustotu a dobrou mechanickou pevnost. Jeho mínusem je vysoká cena výroby čistého kovu. Hlavní uplatnění nalézá jako složka různých slitin a protikorozních ochranných vrstev, ve formě chemických sloučenin slouží často jako složka barevných pigmentů. Do slitin se přidává Ti v setinách procent na zjemnění zrna. Využívá se pro lékařství, jako chirurgické nástroje, implantáty kostní tkáně v ortopedii, neurochirurgii, stomatologii nebo v čelistní a obličejové chirurgii (Ti 6Al-4V), pro letecký průmysl a kosmonautiku - výrobu skeletů a ochranných štítů družic, sond, vesmírných stanic a namáhaných součástí letadel. V chemickém průmyslu se využívá jako vystýlka chemických reaktorů, k výrobě součástí lodí, ponorek a strojů

k odsolování mořské vody. Pro běžný každodenní život slouží Ti pro výrobu luxusních náramkových hodinek nebo částí šperků či golfových holí.

Další používané slitiny:

- Nitrid titanu  $\text{TiN}_2$  patří k nejtvrdějším látkám, svou tvrdostí převyšuje i korund. Jeho aplikací jsou brusné materiály a povrchová úprava titanových nástrojů při nitridování, kde se vytvoří tenká ochranná vrstva  $\text{TiN}$ .
- Super pružné Ti - Cu slitiny. Drát z této slitiny lze ohnout do pravého úhlu, přičemž nedochází k deformaci a vrátí se do původního stavu.
- Slitiny s tvarovou pamětí Ni - Ti. Drát z této slitiny si pamatuje předchozí stav před deformací. Po dodání energie (ohřevu) se vrací do původního tvaru.

**Niob – chemická značka Nb, (latinsky Niobium)**, je šedý, kujný, kovový prvek, poměrně značně chemicky stálý. Jeho zbarvení se při dlouhodobém působení vzduchu mění na namodralé. Při manipulaci za vyšší teploty jej však musíme chránit v inertní atmosféře před působením vzdušného kyslíku. Oxidace vzduchem začíná při teplotě 200 °C. Niob má široké využití. V metalurgii je součástí ušlechtilé oceli. Je také ve slitinách mnoha neželezných kovů, v superslitinách, jako je ferroniobia a niklniobia. Tyto slitiny jsou často používány při konstrukci potrubních systémů. Niob se přidává v setinách % a tím zjemňuje zrna. Používá se v elektrotechnice, jaderném průmyslu, při svařování obloukem a medicíně. Spolu s vanadem a techniciem patří mezi supravodiče II. Slitiny niobu s cínem a titanem se používají pro výrobu supravodivých magnetů, které jsou schopné vyrobít velmi silné magnetické pole.

**Zirkon - křemičitan  $\text{ZrSiO}_4$**  – je minerál s krátkými krystaly, mohutnými čtverečnými hranoly kombinovanými s jehlany. Krystaly jsou vždy dobře vyvinuté, méně často jsou narostlé, barvy hnědé, hnědočervené, žluté, vzácněji zelené, modré i bezbarvé. Díky jeho vysokému lomu světla se používají v šperkařství. Zirkon má trvalý obsah thoria a uranu které časem rozrušují jeho krystalovou mřížku. Využívá se průmyslově na výrobu žáruvzdorných cihel, keramiky, glazur, vláken, oxidu zirkoničitého, přidává se do slitin v setinách % na zjemnění zrna. Radioaktivní rozpad zirkonu lze využít k určování stáří hornin. Zajímavá je radioaktivita zirkonu, jenž je v horninách hlavním nositelem přirozené radioaktivity.

**Křemík – chemická značka Si, (*latinsky Silicium*)**, je poměrně tvrdý polokov s vysokou afinitou ke kyslíku. V přírodě se s ním setkáváme prakticky pouze ve formě sloučenin, v nichž se vyskytuje pouze v mocenství  $\text{Si}^{+4}$ . Je odolný vůči většině minerálních kyselin s výjimkou směsi kyseliny fluorovodíkové (HF) a kyseliny dusičné ( $\text{HNO}_3$ ). Používá se pouze ve výrobě některých speciálních slitin, v nichž jeho podíl představuje pouze jednotky procent. Nejznámější je ferrosilicium - slitina křemíku a železa, která se vyznačuje vysokou tvrdostí a chemickou odolností. Pro zvýšení tvrdosti se křemík v malém množství přidává i do speciálních ocelí a hliníkových slitin.

**Měď – chemická značka Cu, (*latinsky Cuprum*)**, je ušlechtilý kovový prvek načervenalé barvy, používaný člověkem již od starověku. Vyznačuje se velmi dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí, dobře se mechanicky zpracovává a je odolný proti atmosférické korozi. Je základní součástí řady velmi důležitých slitin a mimořádně důležitý pro elektrotechniku. Nejvýznamnějšími slitinami mědi jsou bronz - obsahující směs mědi a cínu a mosaz - směs mědi s zinkem.

**Fosfor – chemická značka P, (*latinsky Phosphorus*)**, je nekovový prvek, vyskytující se v přírodě pouze ve formě sloučenin. Elementární fosfor se vyskytuje ve 3 modifikacích: bílý, červený a černý fosfor. Elementární fosfor se v menším množství přidává do slitin kovů pro úpravu jejich fyzikálních vlastností. Jeho přítomnost ve slitinách značně zvyšuje tvrdost výsledného produktu. Významné je legování fosforu do stříbrných pájek a bronzů, ale i některých speciálních ocelí.

**Hořčík - chemická značka Mg, (*latinsky Magnesium*)**, je lehký, středně tvrdý stříbrolesklý kov. Využívá se při výrobě lehkých a pevných slitin, jako redukční činidlo v organické syntéze a při pyrotechnických aplikacích. Hořčík lze díky jeho dobré tažnosti snadno válcovat na plechy a dráty. Není tolik reaktivní jako další kovy alkalických zemin, a proto se neuchovává pod petrolejem nebo naftou, ale stačí nádoby se suchým vzduchem. Velmi dobře se slévá s jinými kovy, ale snadno oxiduje. Nejčastěji se setkáme se slitinami hořčíku s hliníkem, mědí a manganem, které jsou známy pod názvem dural. Vyznačují se značnou mechanickou pevností a současně mimořádně nízkou hustotou a jsou i značně odolné vůči korozi. Je to ideální materiál pro letecký a automobilový průmysl, pro výrobu výtahů, jízdních kol, lehkých žebříků a jiných. Další slitina hořčíku je magnalium, obsahuje 10 % - 30 % hořčíku a 70 % - 90 % hliníku.

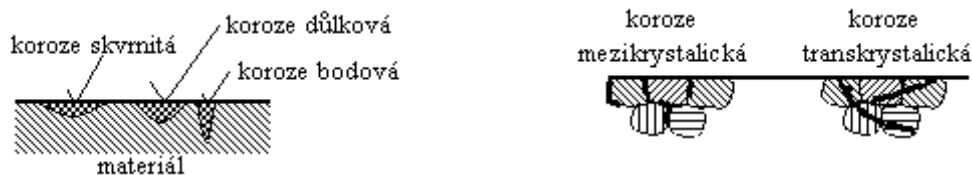
## 2.5 Koroze kovů

Koroze kovů je samovolné znehodnocení materiálu vlivem okolního prostředí. Tento děj je příčinou korozního poškození při chemické nebo elektrochemické reakci, který se šíří od povrchu dovnitř kovového materiálu. V ČR způsobí koroze značné ekonomické ztráty, odhadují se až na 25 miliard Kč ročně. Ztráty jsou buď přímé, nebo nepřímé. Mezi přímé ztráty patří náklady na opatření zabraňující korozi, náklady na opravy poškozených zařízení a náklady spojené s úplným vyřazením zařízení poškozených korozi. Mezi nepřímé ztráty patří ztráty způsobené snížením nebo zastavením výroby v důsledku poškození zařízení korozi.

Téměř všechny používané kovy jsou slitinami s určitými fyzikálními a chemickými vlastnostmi a korozní odolností. Korozní odolnost a jiné vlastnosti je vlastně výslednicí složek slitiny a tepelného zpracování kovů, jelikož legující prvky a tepelné zpracování zlepšují mechanické vlastnosti, ale naopak zhoršují korozní odolnost. Hledáme proto vždy vhodný materiál pro dané prostředí. Nenajdeme ale žádný, který by odolal všem prostředím.

### Korozi dělíme:

- Podle vnitřního mechanismu – chemická nebo elektrochemická
- Podle vzhledu – rovnoměrná (celková), nerovnoměrná (místní)
- Podle způsobu napadení povrchu – bodová, štěrbinová, mezikrystalová, důlková, transkrystalová, selektivní, galvanická a korozní praskání
- Podle korozního činitele – při napětí, za únavy materiálu v pasivitě či aktivitě, bludné proudy
- Podle prostředí - ve vodě, plynech, atmosféře, kyselinách, alkáliích a jejich solích, v půdě



Obr. č. 1 Druhy koroze [20]

Koroze chemická - probíhá v elektricky nevodivém prostředí, (v neelektrolytech a plynech), k chemické reakci, např. oxidací vzdušným kyslíkem za vyšších teplot. Výsledkem jsou na materiálu okraje.

Koroze elektrochemická - probíhá v elektricky vodivém prostředí, kde dochází zde ke styku materiálu (kovu) s elektrolytem (roztoky kyselin, zásad a solí). Materiál vysílá své kladné ionty do elektrolytu (je to vodivý roztok, který spojuje anodu a katodu) ten se stává více a materiál (kov), který je elektrodou se stává více záporný. Vznikne elektrický galvanický článok. Anodou, se stává vždy materiál s nižším elektrodovým potenciálem, tzv. méně ušlechtilý vysílá do spojujícího prostředí více iontů, než sama přijímá. Katodou, se stává materiál s vyšším elektrodovým potenciálem, tzv. ušlechtilejší, a přijímá ionty. Proto se anoda rozpouští a katoda zůstává stejná nebo přibývá. Výsledkem je rezivění oceli.

Koroze rovnoměrná - napadá povrch všude stejně, tím se zmenšuje tloušťka a životnost daného materiálu. Známe-li rychlost koroze, pak můžeme i odhadnout životnost materiálu a předvídat poškození. Proto sledujeme korozi materiálu a můžeme určit:

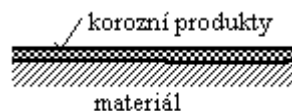
1. Rychlost koroze = míra koroze (úbytek materiálu) za čas. Jednotkou je  $\mu\text{m}/\text{rok}$ .
2. Míra koroze = úbytek materiálu při rovnoměrné korozi. Jednotka je buď rozměrová (mm,  $\mu\text{m}$ ) nebo váhová, vztahovaná na plochu ( $\text{g}/\text{m}^2$ ).

Koroze nerovnoměrná - životnost odhadnout nemůžeme, protože napadá materiál v různé hloubce a šířce. Takto napadené plechy mají např. důlkovou nebo bodovou korozi menší než 1 mm a lehce za čas proděraví materiál.

Koroze atmosférická - je nejčastější. Závisí především na obsahu vlhkosti a agresivních nečistot ve vzduchu ( $\text{SO}_2$ , NaCl,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Cl}_2$ , HCl,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ).

Koroze mezikrystalická - probíhá na hranicích krystalů pod povrchem materiálu a nelze ji vidět pouhým okem.

Koroze transkrystalická - probíhá napříč krystaly pod povrchem materiálu a nelze ji vidět pouhým okem.



Obr. č. 2 Rovnoměrná koroze[20]

### 2.5.1 Koroze antikorozní oceli

Dnes již dobře víme, že i antikorozní oceli korodují. Nejčastěji dojde k porušení antikorozní odolnosti při porušení materiálu nebo nekvalitním provedením pasivní povrchové vrstvy. Odolnost antikorozních ocelí proti korozi je dána pasivní, mikroskopicky tenkou vrstvou oxidů legujících prvků a tato pasivní vrstva bývá většinou narušena:

- v tepelně ovlivněné oblasti svaru, popř. jiného tepelně ovlivněného namáhání, např. náběhové barvy (Cr se dostává na povrch oceli, kde oxiduje rychleji než Fe)
- mechanickým narušením nebo otěrem
- náletem nebo otěrem uhlíkového materiálu
- zalisováním cizího vměstku, materiálu
- změnou chemického složení oceli vlivem tepelného, chemického nebo mechanického namáhání

Pokud dojde k porušení pasivní vrstvy, je nutné zajistit vznik nové kvalitní a účinné pasivní vrstvy. Nutnou podmínkou pro zaručení takové vrstvy je kovově čistý povrch zbavený okují, náběhových barev po svařování a tepelném zpracování, bez vměstků, otěrů a náletů od uhlíkové oceli, staré pasivní vrstvy, mechanických nečistot či jiného materiálu.

### 2.5.2 Nová pasivační antikorozní vrstva

Docílení kovově čistého povrchu: při mechanickém čištění nedojde k dokonalému vyčištění ani u broušení ani u tryskání. Odstraní se pouze část koroze, okují a náběhových barev, také dojde k rozmazání zbylých nečistot po celém povrchu a při vyšší vlhkosti by materiál opět mohl začít korodovat. Při tryskání dojde k zatlačení abraziva do povrchových nerovností, pod abrazivem zůstanou nečistoty a porušená vrstva, která měla být odstraněna. Nejvýhodnějším a nejúčinnějším je chemické čištění mořením, tímto způsobem dosáhneme čistého kovového a sjednoceného vzhledu povrchu a zmatnění povrchu za přijatelnou cenu.

Vytvoření nové pasivní vrstvy: autopasivace je reakce, kdy dojde během několika dní na kovově čistém povrchu se vzdušným kyslíkem ke vzniku nové pasivní vrstvy. Pro tuto metodu je důležitý obsah chromu v oceli. Nelegované a nízkolegované oceli musí mít min. 10,5 % Cr, a max. 1,2 % C, dle EN 10088. Odolnost se zvýší jinými legujícími prvky, jako jsou Ni, Mo, N a Ti.

Dalším způsobem pasivace je nanesení pasivačního prostředku - gelu přímo na materiál postřikem (jako u moření), ponorem v lázni nebo nanesením pasty štětcem přímo na svary a okolí. Tento způsob je několikrát účinnější než autopasivace. Mořicí pracoviště musí být speciálně schválené. Při pasivaci neubývá žádný materiál, oproti moření. Tloušťka a kvalita pasivační vrstvy je vždy optimalizována.

Postup moření: mořením se odstraní tenká kovová vrstva povrchu oceli.

1. Mechanické čištění + odmaštění povrchu
2. Nanesení mořicího prostředku
3. Předepsaná doba působení mořicího prostředku podle typu oceli, teploty, míry znečištění
4. Opláchnutí vodou pod tlakem min 12 MPa

Mořicí prostředky: jsou to vysoce toxické žraviny. Směs obsahuje kyselinu dusičnou  $\text{HNO}_3$  a kyselinu fluorovodíkovou HF, proto se musí zajišťovat autorizovanou osobou a vody po opláchnutí zachytávat a ekologicky likvidovat. Pracovníci musí být řádně proškoleni pro práci s nebezpečnými látkami a musí používat ochranné pomůcky. K moření pastou je to obličejový štít, gumový overal a rukavice, pro moření ponorem je nutný celogumový oblek a ochranná maska s filtrem proti kyselým exhalacím.

Dělení mořících prostředků podle chemického složení materiálu:

- pro moření nízko legované chromové oceli - nejméně koncentrovaná mořidla
- pro moření chromniklové austenitické oceli – středně koncentrovaná mořidla
- pro moření vysoce legované oceli – silně koncentrovaná mořidla

Pokud je moření a pasivace provedena správně, dává nám to záruku výborné protikorozní odolnosti, a tím i jakosti.



## **2.6 Povrchová úprava výrobků z nerezavějící oceli**

Nerezavějící ocel se nabízí kupujícím v těchto provedeních:

- Mat - hladký povrch mořený
- Brus - povrch mechanicky broušený se zřetelnými stopami zrn
- Kartáč - povrch mechanicky leštěný se stopami po kartáčích
- Lesk - hladký povrch zrcadlově lesklý
- Rouno - hladký povrch mechanicky leštěný se stopami po rounu
- Balotina - povrch šedý se stopami po pískování

### **3. SKLOVITÝ SMALTOVÝ POVLAK**

#### **3.1 Definice smaltu**

„Smalt je sklo komplikovaného chemického složení, které je upraveno tak, aby výsledné fyzikální a chemické vlastnosti umožnily jeho natavení na kov a vytvoření celistvého ochranného povlaku na kov.“ [ 1 ]

Takto se vytvoří neprůhledný, celistvý, hladký, skelný povlak, který chrání podkladový materiál dlouhodobě před korozi. Je otěruvzdorný, s dobrou chemickou odolností, zaručí nám zdravotní hygienickou nezávadnost, vysokou odolnost proti abrazi, mechanickým nárazům, velkou pevnost v tlaku a dobrý design. Odolává jak vysokým, tak nízkým teplotám i teplotním výkyvům. Nevýhodou je, že má malou pevnost v tahu, je křehký, nevhodným zacházením se smalt může odloučit a tím dojde k následné korozi.

#### **3.2 Druhy sklovitých smaltových povlaků**

Základem sklovitého smaltového povlaku je smaltéřská frita, sklovitý anorganický materiál. Vhodné chemické složení frity nám pak ovlivňuje vlastnosti daného povlaku.

##### **3.2.1 Příprava smaltéřské suspenze (břečky)**

Frita je mletý křemen ve formě písku nebo amorfní sklo, který vzniká tavením smaltéřských surovin. Tato tavenina se prudce ochladí ve vodě a vzniknou granulky, nebo se ochladí mezi válci a vzniknou šupinky. Tato smaltéřská fritu se rozele na kulových mlýnech spolu s jílem, vodou, keramikou a mlýnskými přísadami (kalící, barvící, žáruvzdorné a stavěcí) a vznikne smaltéřská suspenze (břečka). Je to vlastně mnoha složkový disperzní systém tuhých částic, rozemletých ve vodě. Také se smaltéřská fritu mele za sucha a bez přísad a vznikne speciálně upravený smaltéřský pudr.

##### **3.2.2 Dělení podle nanášení břečky**

**Smaltování za mokra** - tato technologie se používá ke smaltování ocelového materiálu. Nanáší se formou vodní suspenze - břečky, která se po nanesení nejprve suší a až pak vypaluje. Metody nanášení smaltu:

- Metoda stékací – nejstarší metoda s minimální spotřebou materiálu. Provádí se: máčením, poléváním a vakuovým nanášením
  - **Máčení:** výrobek je ponořen do suspenze a po vytvoření souvislé vrstvy je vyjmut a přebytečná suspenze odteče. Tato metoda pracuje bez ztrát, ale je náročná na polohovací zařízení, na reologické vlastnosti břečky – smáčivosti a stékavosti a většinou se s ní nanáší pouze základní smalt na menších výrobcích.
  - **Polévání:** náročnější technikou se polévají na polévacích automatech složitější výrobky
  - **Nanášení:** provádí se vakuově na vnitřní strany dutých součástí (nádře na vodu), je to náročná technika, využívá se podtlaku ve vnitřním prostoru, čímž se také řídí rychlost nanášení suspenze.
- Metoda stříkací – v podtlakové kabině se tlakovou pistolí rozprašuje suspenze pomocí tlaku vzduchu. Z rozprašovací části tlakové pistole odcházejí kapičky suspenze ve tvaru kužele, které jsou nasměrovány a rozprášeny na povrch součástí. Tato metoda má vysokou spotřebu smaltu, ale jinak je nenáročná a universální. Provádí se ručním, automatickým a elektrostatickým stříkáním.
  - **Ručně:** suspenze je z tlakové nádoby dopravována do stříkací pistole, po nastříkání jde výrobek do sušárny. Používá se v málo sériové výrobě.
  - **Automaticky:** suspenze je stříkána ze stříkacích automatů na výrobky, které jsou členité a velkorozměrové. Používá se ve velkosériové výrobě.
  - **Elektrostaticky:** nanášecí pistole je ionizační elektroda, která je spojena se zdrojem vysokého napětí a proto mají částice záporný náboj. Záporně nabitě kapky suspenze se pohybem stlačeného vzduchu dostanou do oblasti elektrostatického pole, kde jsou přitahovány k součásti. Tato metoda je náročná.
- Metoda elektroforézní – nanášení v elektrickém poli
  - **Galvanicky:** „Mechanismus vytváření vrstvy vychází z Coehnova zákona, podle kterého částice s menší hodnotou relativní permitivity než relativní permitivita vody se ve stejnosměrném elektrickém poli nabíjejí záporně.“ [1]

**Smaltování za sucha** - tato technologie se používá pro litiny. Nanáší se pudrováním smaltéřského pudru nebo v elektrickém poli vysokého napětí na suchý kovový základový materiál a bez sušení se pak vypálí. Nanáší se za tepla a studena. Metody nanášení smaltu:

- Nanášení za tepla – na předehřáté výrobky na teplotu 900 °C se nanese prášek nebo pudr, který se teplem nataví a spojí v kapalnou fázi. Po natavování se výrobek vypálí. Používá se při smaltování litiny.
  - **Pudrování posypem:** na povrch předehřátého výrobku v komorové peci s polohovacím zařízením se vibračním sítím nasype prášek.
  - **Nanášení fluidací:** na litinové předupravené výrobky byl mokrým procesem nanesen základní smalt a vypálen. Po vypálení se předehřátý výrobek ponoří do fluidního lože práškového smaltu, a tím dojde k natavení částic.
- Nanášení za studena
  - **Nanášení práškových smaltů v elektrickém poli vysokého napětí:** „Částice prášku rozprašované podávací pistolí se nabíjejí v prostoru korónového výboje podávací elektrody (nebo elektrokineticky) a po získání náboje se pohybují ve směru siločar elektrického pole mezi podávací elektrodou a přijímací elektrodou, kterou tvoří výrobek“ [1]

### 3.2.3 Dělení smaltu podle podkladového kovu

- Smalty na ocelový plech
- Smalty na šedou litinu
- Smalty na neželezné kovy, jako jsou hliník, měď, mosaz, bronz

**Smalty na ocelový plech** - tato technologie se provádí za mokra (konvenčním způsobem) nebo i za sucha (nanášením v elektrickém poli vysokého napětí nebo elektroforeticky), buď jednovrstvým, nebo dvouvrstvým smaltováním. Pro smaltování je vhodná ocel třídy 11, válcovaná za studena, neuklidněná i uklidněná, o tloušťce 2 mm nebo válcovaná za tepla o tloušťce 3 mm. Ocel je nízkouhlíková s max. hodnotami: 0,1 % C, 0,2 % - 0,35 % Mn, 0,4 % S, 0,3 % - 0,4 % P, 0,008 % - 0,01 % Al, 0,5 % Cr, 0,1 % - 0,2 %

Si, 0,01 % Cu. Musí být odolná proti deformaci za tepla, mořitelná, svařitelná s homogenní strukturou a bez jakýchkoliv vad. Provádí se těmito metodami smaltování:

- Jednovrstvé smaltování: má v sobě základní a krycí smalt zároveň. Frita byla upravena, aby přídržnost smaltu ke kovu byla dostatečná a zároveň se vytvořil smalt o tloušťce 100  $\mu\text{m}$  – 400  $\mu\text{m}$ . Pro dosažení tloušťky je nutno provést více vrstev nánosů.
- Základní smalt: vytváří přídržnou mezivrstvu mezi kovem a povlakem na bázi přídržných oxidů CaO a NiO. Nanáší se pouze 1 vrstva a vznikne smalt o tloušťce 80  $\mu\text{m}$  – 120  $\mu\text{m}$  (pro chemický průmysl až 300  $\mu\text{m}$ ). Vypalování probíhá při max. teplotě 900 °C.
- Krycí smalt: je funkční smalt s požadovanými vlastnostmi (chemickými, termickými, mechanickými, optickými) a podle použité frity se dále dělí na zakalené (chemický proces při natavování), polo transparentní (s použitím barvicích oxidů) a transparentní (s použitím barvicích oxidů nebo kaliv). Nanáší se i více vrstev, tloušťka smaltu je max. 100  $\mu\text{m}$ . Vypalování probíhá při nižší teplotě, než je teplota vypalování základního smaltu.

**Smalty na šedou litinu** - při nanášení touto metodou musí dojít k nanesení frity na celý nerovný povrch (po otrýskání), proto musí být tloušťka nánosů větší než u oceli. Při této metodě není třeba přídržných oxidů, jelikož adheze je velice dobrá. Smaltování se provádí základním smaltem s vypalovací teplotou 700 °C - 900 °C a krycím smaltem s vypalovací teplotou 700 °C - 850 °C. Technologie smaltování je buď za mokra nebo pudrováním, kdy se litina přehřeje na teplotu 800 °C - 900 °C a pudr se nanese na litinu. Pak následuje sušení a vypalování.

**Smalty na neželezné kovy** – z neželezných kovů nejčastěji smaltujeme hliník (o čistotě min. 99,5 %), měď, mosaz a bronz. Tyto materiály mají velký koeficient teplotní roztažnosti, proto chemické složení smaltu musí mít větší koeficient roztažnosti a nižší teplotu tání.

### 3.3 Vlastnosti smaltu

#### 3.3.1 Fyzikální vlastnosti smaltu

Přidržnost a celistvost smaltu: aby byla přidržnost a celistvost smaltového povlaku dobrá, musí se vytvořit dokonalé spojení mezi podkladovým materiálem (kovem, litinou) a smaltovým povrchem. Toto docílíme dobrou povrchovou úpravou, hlavně zdrsněním povrchu. Při vypalování smaltu se v krátkém čase vytváří tenká vrstva oxidů  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  za pomoci přidržných oxidů  $\text{CoO}$  a  $\text{NiO}$ , které zaručí dobrou přidržnost. Kobalt a nikl jsou elektropozitivnější než železo, proto dojde na fázovém rozhraní spojení smalt – kov. Pokud smaltový povlak neobsahuje oxid kobaltnatý a oxid nikelnatý, má povlak minimální přidržnost.

#### Mechanické vlastnosti smaltu:

- lomová houževnatost: smalty vykazují nízkou úroveň lomové houževnatosti
- hustota smaltových povlaků: je ovlivněná hustotou frity, u běžných smaltů je podobná jako u skla od  $2,4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  –  $2,7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- pevnost v tahu: je asi 5 krát menší než u oceli, dosahuje pouze 70 MPa – 90 MPa
- pevnost v tlaku: je poměrně velká, dosahuje 700 MPa – 1300 MPa
- tvrdost: podle Mohsovy stupnice se pohybuje mezi 5. – 7. stupněm (je 5 krát tvrdší než ocel) a závisí na chemickém složení frity
- odolnost proti mechanickému nárazu: je dosti vysoká, závisí ale na tloušťce smaltu i podkladového materiálu, zkouška se provádí nastřelováním, pokud je ale náraz velký, dojde k porušení systému kov – smalt a k odprýsknutí smaltu
- odolnost proti abrazi (mechanickému obrušování): mají vyšší odolnost než oceli, ale závisí na složení frity, na tloušťce povlaku a na vypálení smaltu
- tloušťka povlaku: je stanovená normou a spotřební zboží má max. tloušťku 450  $\mu\text{m}$

#### Termické vlastnosti smaltu:

- odolnost proti náhlým teplotám: ovlivňuje životnost smaltu, běžný smalt odolává až do 350 °C, ale závisí to na typu a tloušťce smaltu a na tvaru výrobku
- odolnost proti nízkým teplotám: odolává teplotám – 50 °C

- odolnost proti vysokým teplotám: speciální smalt má velkou odolnost až do 500 °C, žáruvzdorné smalty od 900 °C do 1100 °C
- tepelná vodivost: vykazují malou tepelnou vodivost, závisí to na tloušťce, složení, struktuře a celistvosti smaltového povlaku
- tepelná roztažnost: musí být nižší než u podkladového materiálu, jinak by docházelo k tahovému napětí ve smaltu

#### Optické vlastnosti smaltu:

- barva: může být jakákoliv přidáním barvicích oxidů při tavbě frity nebo v průběhu přípravy suspenze při mletí
- zákal: ovlivňujeme ho přísadou kaliv
- lesk: smalt může být polomatiný, matný nebo lesklý, závisí na chemickém složení frity a stupni vypálení

#### Elektrické vlastnosti smaltu

- izolační vlastnosti: jsou dobré, ale s vyšší teplotou izolační vlastnosti klesají
- měrný elektrický odpor: docela velký, záleží na chemickém složení frity

### **3.3.2 Chemické vlastnosti smaltu**

Patří mezi dobré vlastnosti sklovitého smaltového povlaku. Dělíme je na:

Smalty s vysokou chemickou odolností: obsahují více než 50 %  $\text{SiO}_2$ , odolávají nízkoteplotní korozi, organickým a anorganickým kyselinám do teploty 350 °C, alkalickým roztokům o pH 9 – pH 12, do teploty 100 °C, tloušťka smaltu je od 400  $\mu\text{m}$  – 2000  $\mu\text{m}$ , který je vypálen při teplotě nad 820 °C, využívá se pro chemický průmysl.

Smalty se střední chemickou odolností: odolávají organickým a anorganickým kyselinám do nižších teplot, tj. 250 °C, tloušťka smaltu se pohybuje od 100  $\mu\text{m}$  – 500  $\mu\text{m}$ , který je vypálen při teplotě 780 °C - 820 °C, využívá se v potravinářství na varné nádoby.

Smalty pro běžné spotřební zboží: pro krátkodobé agresivní prostředí, bez zvýšeného nároku na protikorozi odolnost, odolávají max. teplotě do 400 °C, tloušťka smaltu je od 50  $\mu\text{m}$  – 400  $\mu\text{m}$ , který je vypálen při 800 °C, využívá se pro smaltování výrobků do domácností – kamna, ledničky, obklady.

Smalty žáruvzdorné: odolávají vysokým teplotám od 900 °C do 1100 °C, mají vysokou chemickou odolnost, tloušťka smaltu bývá do 200 µm, který je vypálen při teplotě 880 °C – 1200 °C, využívá se pro povlaky izolátorů a pro prostředí spalín.

### 3.3.3 Korozní vlastnosti smaltu

Smalt je nekovový anorganický povlak, který izoluje kov od agresivního okolního prostředí a jeho korozní odolnost ovlivníme vhodným chemickým složením smaltu a vhodnou předpravou. Korozní napadení sklovitých smaltových povlaků na rozdíl od kovu je důsledkem výhradně chemických procesů, dojde k rozpouštění nebo vyluhování smaltu. Odolávají v prostředí organických a anorganických kyselin a jejich solí za vyšších teplot a tlaků, kromě kyseliny fluorovodíkové a fosforné a jejich solí. Smalty silně napadají alkalické roztoky, štěpí jim síť  $\text{SiO}_4$  a sklo přejde do roztoku. Smalt odolává dobře atmosférické korozi, pokud ale koroze začne, začíná na smaltu adsorpcí vody na povrchu a končí vyluhováním částic skla. Na kyselinovzdornost smaltu mají vliv oxidy:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{LiO}_2$  a naopak oxidy  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{CaO}$  kyselinovzdornost značně snižují.

## 3.4 Povrchová předúprava kovů

Pro vytvoření smaltového povlaku je zapotřebí dokonale čistého kovového povrchu, proto se musí odstranit veškeré nečistoty - tuky, oleje, minerální látky, rzi a okuje. Povrchová předprava se dělí na mechanickou a chemickou.

### 3.4.1 Chemická předúprava

- Odmašťování – zbavuje povrch mastnot, olejů a jiných nečistot
- Moření – odstraňují se okuje a rez (wüstit -  $\text{FeO}$  tvoří asi 80 % tloušťky okují, magnetit -  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  tvoří asi 18 % tloušťky okují, hematit -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tvoří asi 2 % tloušťky okují)
- Niklování – použití po moření a před neutralizací, používá se pouze pro bílý smalt
- Neutralizace s pasivací - neutralizují se zbytky mořících kyselin + nutné důkladné opláchnutí v teplé a studené vodě



### **3.4.2 Mechanická předúprava**

Mechanické nebo pneumatické otryskávání – zbavuje povrch od okují, rzí, mastných nečistot a zbytku formovacích hmot pomocí ocelové drti, ocelovým granulátem, sekaným drátem, litinovou drtí nebo syntetickým korundem.

## **3.5 Výroba sklovitého smaltového povlaku**

V průběhu tepelného zpracování – při vypalování dojde ke spojení dvou fází a vznikne pevné spojení kov – smalt. Nejprve ale musí být podkladový materiál vhodně předupraven, pak se na něj nanese smaltéřská břečka nebo smaltéřský prášek. Smaltované výrobky se vyrábějí rovnoměrným nanášením 2 – 3 vrstev nánosů smaltu na povrch ocelového plechu, šedé litiny nebo neželezného kovu. Pak následuje sušení a vypalování. Tím dojde k vytvoření smaltového sklovitého povlaku. Mezi postupným nanášením smaltu se vrstvy musí sušit, poté se smalt vypálí při teplotách 740 °C – 900 °C.

Technologický postup výroby sklovitého smaltového povlaku:

1. odmaštění kovového podkladu
2. oplach teplou vodou, pak oplach studenou vodou
3. odmaštění
4. oplach teplou vodou, pak oplach studenou vodou
5. moření v kyselině sírové nebo chlorovodíkové, popř. otryskávání
6. oplach teplou vodou, pak oplach studenou vodou
7. niklování, může být z postupu vypuštěno
8. oplach studenou vodou
9. pasivace (neutralizace)
10. oplach studenou vodou
11. sušení
12. nános smaltové břečky nebo prášku
13. sušení (u prášku sušení odpadá)
14. vypalování a chlazení

### 3.6 Sušení smaltu

Při sušení se odstraňuje voda ze smaltu, aby nedocházelo při vypalování k narušení smaltového povlaku. Odpaří se min. 30 % z celkové hmotnosti suspenze. Sušárny jsou komorové a tunelové, sušíme v nich dvěma způsoby:

- sušení na vzduchu 6 hod – 8 hod
- v sušárnách se suší konvenčně při teplotě vzduchu 60 °C – 130 °C max. 20 min nebo se suší radiačně infračerveným zářením max. 5 min

### 3.7 Vypalování smaltu

Vypalování je závěrečná operace při výrobě smaltu, při kterém se klade hlavní požadavek na fázové rozhraní kov – smalt, tj. vytvoření sklovitého povlaku na základovém kovovém podkladu s funkčními a estetickými vlastnostmi. Tento děj probíhá při teplotách od 740 °C do 900 °C, ve vypalovacích pecích. Tyto pece se dělí dle konstrukce na komorové a kontinuální nebo dle ohřevu na plynové, olejové a elektrické.

### 3.8 Vady smaltu

Vady sklovitých smaltových povlaků vznikají při špatné technologii smaltování nebo nevhodně zvoleným podkladovým kovem. Vady lze opravit novou vrstvou smaltového nánosu. Hlavní druhy vad:

- rybí šupiny – vodíkové vady, které narušují celistvost smaltu
- bublinky - vyvýšeniny vzniklé unikajícím plynem, vadou plechu, špatným mořením nebo vypálením
- měděné hlavičky - vznikly velkým obsahem vody, tenkým nánosem, špatnou jemností mletí nebo pomalým sušením
- odprýskávání smaltu - rozrušení celistvosti smaltu při špatné předúpravě, vypalování nebo velkou tloušťkou nánosu
- pomerančová kůra - zvlnění smaltového povlaku nedopálením, přebytkem elektrolytů nebo nevhodným mletím
- krátery - kruhové prohlubeniny s vyvýšenými okraji

- póry - jsou drobné necelistvosti vznikající při natavování povlaku nebo špatnou předúpravou
- vpichy - jsou jemné póry pouze v povrchu
- poškození po vypálení - je poškození povrchu při nesprávné manipulaci
- přepálení smaltu - je poškození celistvosti smaltu vlivem vypalování
- vodní pásy - způsobeny použitím nevhodných elektrolytů, chybami při sušení
- zatavené trhlinky - porušení celistvosti krycího smaltu při pnutí v systému kov - smalt
- zatavené bublinky - jsou způsobeny mechanickým nárazem při sušení
- pění smaltu - porušení celistvosti povlaku na větší ploše vadami podkladového kovu, chybou při svařování, nevhodnou kombinací základního a krycího smaltu.

## **4. MATERIÁLY VHODNÉ PRO STYK S PITNOU VODOU**

### **4.1 Povrchová úprava nádob určených pro potraviny a nápoje**

Povrchová úprava nádobí a náčiní z korozivzdorné oceli určené pro styk s pitnou vodou a potravinami musí být upravena tak, aby k výluhům chemických prvků docházelo v co nejmenším množství. To znamená, že nádobí a náčiní musí být velmi dobře opracované – vnitřní strana nádobí má být jemně vybroušena nebo vyleštěna a plochy náčiní, určené k používání při přípravě pokrmů a nápojů nejlépe taktéž vyleštěny. Povrch nesmí mít žádné viditelné skvrny, vrypy ani trhlinky. Dle § 9 Sbírky zákonů číslo 37/2001 Ministerstva zdravotnictví stanovilo hygienické požadavky pro výrobky určené do přímého styku s pitnou vodou vyrobeny z korozivzdorné (nerez) oceli s maximálním obsahem chemických prvků: 21 % hmotnostní koncentrace chromu, 11,5 % niklu, 2,2 % manganu, 0,1 % olova, 0,05 % kadmia. [ 14 ]

### **4.2 Korozivzdorná ocel vhodná pro styk s pitnou vodou**

"Potravinářská ocel (označení podle DIN X5CrNi18-10, materiálové číslo 1.4301, chemické složení v%  $C \leq 0.07$ ,  $Cr 17.0/19.5$ ,  $Ni 8.0/10.5$ ,  $N \leq 0.11$ ) [24] je ocel s austenitickou strukturou (hlavní legující složky Cr, Ni, Mo). Ocel má vynikající odolnost proti korozi v prostředích voda, ovzduší bez významnějších koncentrací chloridů nebo kyselin, v potravinářském, zemědělském a částečně farmaceutickém a chemickém průmyslu. Svařitelnost je zaručena. Odolnost proti korozi lze zvýšit leštěním. Použití do provozní teploty od +350 °C do -269 °C. Obrobitelnost je ztížena.

Použití: průmysl potravinářský, farmaceutický a kosmetický, částečně v průmyslu chemickém. Dále v architektuře, výrobě vozidel, předměty pro domácnost, sanitární zařízení apod.“ [19]

Vnější i vnitřní povrch těchto ocelí musí být čistý, hladký, bez makroskopicky viditelných trhlin, skvrn, zjevných rýh, známek koroze, otřepků, zalisovaných předmětů, promáčklin, vydutín, ostřin nebo ostrých přelisků. Je přípustný jen takový stupeň deformace kovových výrobků, který neovlivní nepříznivě jejich funkci. [13]

### **4.3 Sklovitý smaltový povlak pro styk s pitnou vodou**

Smaltovaný povrch musí být souvislý, stejnoměrně nanesený, s minimálním množstvím mikroskopických pórů, dobře lpící na výrobku. Po dobu používání výrobku určeného pro styk s pitnou vodou se smalt nesmí odlupovat, mít zjevné rýhy, trhliny, puchýřky nebo jiná porušení. [13]

## 5. VLIV CHEMICKÝCH PRVKŮ NA LIDSKÝ ORGANIZMUS PO VYLUHOVÁNÍ DO POTRAVIN A NÁPOJŮ.

Výrobků z nerezové oceli je mnoho a mnoho z nich přijde do přímého styku s potravinami a nápoji. Tyto oceli obsahují kromě Cr, Mo a Ni další legující prvky. Některé z nich nám výrazně mohou poškodit zdraví. Aby nedocházelo k ohrožování veřejného zdraví, řídíme se vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 38/2001 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky určené pro styk s potravinami a pitnou vodou.

Mezi nebezpečné prvky patří hlavně Cr a Ni. Proto musí být výrobky, které si zakoupíme v obchodní síti a které přijdou do styku s potravinami či nápoji atestované, aby neohrožovaly lidské zdraví svými nežádoucími prvky. Tyto prvky by se mohly vyluhovat do jídla nebo nápoje a následnou konzumací se dostat do lidského těla.

Pokud se zamyslím nad svou domácností, tak nejvíce výrobků z nerezavějící oceli mám v kuchyni. Patří mezi ně různé nádoby a náčiní, potřebné pro přípravu pokrmů a nápojů. Nádoby by mělo být vyrobeno z kvalitního nerezového materiálu Cr/Ni 18/10, to znamená, že budou ve slitině zastoupeny prvky v poměru Cr : Ni = 18 : 10.

### 5.1 Vliv chemických prvků na lidské zdraví

Uváděné doporučené denní dávky - DDD jsou definovány vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 450 / 2004 Sb. o označování výživové hodnoty potravin.

#### Chróm

- **Funkce:** obsah chromu v organismu je důležitý pro správný metabolismus cukrů a tuků, pomáhá stabilizovat hladinu krevního cukru a tlumí chuť na sladké potraviny.
- **DDD:** Není přesně známa osobní potřeba, avšak s ohledem na jeho obtížné vstřebávání by měla být určité kolem 30 mikrogramů za den. Chróm pracuje synergicky se zinkem, tzn., že se zesilují účinky kombinací dvou či více vlivů, proto je vhodné používat multiminerální doplňky.
- **Zdravotní rizika:** biologické účinky chromu jsou silně závislé na mocenství, ve kterém se do organismu dostává. Zatímco trojmocný chrom je pokládán za převážně prospěšný a je nezbytnou součástí každodenní stravy, pak naopak šestimocný chrom působí negativně a je pokládán za potenciální karcinogen.

Z těchto důvodů je při provádění zdravotních studií nutno důsledně zkoumat ne pouze obsah chromu v prostředí, ale především to, v jaké formě -mocenství se tento prvek setkává s živými organizmy.

Vzhledem ke škodlivosti Cr jsou zavedeny v ČR limity pro koncentrace jeho sloučenin v pracovním prostředí, a to pro sloučeniny šestimocného chromu na  $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$  a pro ostatní sloučeniny chromu na  $1,5 \text{ mg.m}^{-3}$ . Směrnice 2002/95/ES - RoHS - od 1. 7. 2006 omezuje použití šestimocného chromu z elektrických a elektronických zařízení v EU. Vypouštění Cr do životního prostředí je povinné v České republice ohlašovat do integrovaného registru znečišťování, pokud podnik vypouští do ovzduší, vody nebo v odpadech více než 50 kilogramů.

### Nikl

- **Funkce:** nedostatek niklu způsobuje zpomalení růstu, snížení hladiny hemoglobinu v krvi. Kromě toho dochází ke změnám v horních vrstvách kůže, např. nesprávné rohovatění a dermatózy a poruchy pigmentace. Při nedostatku niklu může vzniknout nahromadění tuku v játrech
- **DDD:** doporučená denní dávka je max  $20 \text{ } \mu\text{g}$ .
- **Zdravotní rizika:** Nikl patří mezi několik prvků, jehož vliv na zdraví člověka je negativní. Při velkých a pravidelně zvýšených dávkách niklu se silně zvyšuje riziko vzniku rakoviny. Dnes ho řadíme mezi teratogeny - látky schopné negativním způsobem ovlivnit vývoj lidského plodu. Ohrožení velkými dávkami niklu hrozí pouze pracovníkům metalurgických provozů, které se zabývají zpracováním Ni a nedodržují základní pravidla bezpečnosti práce. Asi 10% obyvatelstva trpí alergií na niklové šperky, mince a drobné části na oblečení, jako jsou knoflíky. Alergie se projevuje kožními ekzémy, astmatickými záchvaty a otoky hlavy.

### Kadmium

- **Funkce:** je jen několik málo prvků, které škodí lidskému zdraví a mezi ně patří karcinogenní kadmium. Kadmium je velice podobný Zn, který je pro nás velmi důležitý, proto snadno vstupuje do reakcí místo Zn, ale chemické reakce proběhnou jinak. Velmi těžce se z těla vylučuje. Shromažďuje se v ledvinách a játrech i desetiletí.
- **DDD:** hodnota nebyla stanovena

- **Zdravotní rizika:** Po proběhnutí reakcí v těle člověka, např. zablokují inzulinový cyklus, může dojít k poškození jater, ledvin, osteoporóze (porušuje metabolismus vápníku), anémii, bolesti břicha, průjmem, zvracení, rakovinovému bujení, poškozuje funkci spermií a zárodečný epitel varlat. Do těla se dostane dýcháním (cigarety, hutní provozy) a jídlem (ryby, vnitřnosti, jako játra a ledviny, zemědělské plodiny).

### Křemík

- **Funkce:** je minerál nezbytný pro organismus. Podílí se na vytváření chrupavčité a pojivové tkáně, dodává jí pevnost a pružnost, má vliv na mineralizaci kostí, zvyšuje obsah vápníku v kostech, při nedostatku z potravy, se projevuje výrazným zeslabováním nehtů, křehkými kostmi, lámavostí vlasů a problémy s pokožkou
- **DDD:** denní dávka by měla být v rozmezí 20 mg – 45 mg
- **Zdravotní rizika:** je netoxický a trávicím traktem projde zcela neporušen, je velice inertní. Při dlouhodobém vdechování mikroskopických částic, např. při broušení, vzniká choroba silikóza, která se projevuje snížením plicní kapacity a dušností. Přísná bezpečnostní opatření musí být dodržována při průmyslové výrobě a zpracování silanů a jejich Cl derivátů. Při jejichž reakci s kyslíkem nebo vlhkostí může způsobit explozi, únik toxického a žíravého chlorovodíku a jiných nebezpečných sloučenin.

### Měď

- **Funkce:** měď, jako i zinek má významný vliv na živý organismus, pro správnou funkci životních pochodů a její přítomnost v potravě ovlivňuje zdravotní stav organismu. Ovlivňuje metabolismus sacharidů v organismu, vytváření kostní hmoty, krvetvorbu, fungování nervového systému. Nedostatek mědi se projevuje anémií (chudokrevností), zpomalením duševního vývoje a zhoršením metabolismu cukrů. Dochází ke ztrátě pigmentů a vypadávání vlasů, k poruše tvorby a kvality kostí a vaziva.
- **DDD:** doporučená denní dávka mědi v potravě by se měla pohybovat kolem 2 miligramu, ale ani dávky až k 0,1 gramu organismu neškodí.
- **Zdravotní rizika:** přebytek je u zdravých lidí od 250 mg Cu. Pak se začne projevovat jako jed. Požitím mědi v množství mezi 0,25 g - 2 gramy může způsobit



vážné zdravotní problémy a vyvolat vážná onemocnění. Při požití mědi většího množství než 2 gramy může nastat akutní otrava a smrt. Otravy mědí jsou však vzácné, protože měď v potravě má nepříjemnou chuť, která ji činí nepoživatelnou.

### **Fosfor**

- **Funkce:** 85 % fosforu je součástí kostí a zubů, kterým dodává pevnost, 14 % se nachází v měkkých tkáních a pouze 1 % v mimobuněčných tekutinách. Nedostatek fosforu v těle vede k poruše kostí, ke slabosti, únavě, zvýšené nervozitě a podrážděnosti, k problémům s řečí, ke snížené obranyschopnosti organismu.
- **DDD:** denní dávka by měla být v rozmezí 800 mg – 1500 mg
- **Zdravotní rizika:** bílý fosfor je značně jedovatý a na vzduchu může dojít k samovznícení, z „fosforových“ bomb, vznikají velmi vážné, často smrtelné, popáleniny.

### **Hořčík**

- **Funkce:** je v potravě důležitý pro správnou činnost svalů a nervů, důležitý je pro správnou stavbu kostí, udržuje v dobrém stavu oběhový systém, je prevencí infarktu, mírní deprese a přispívá ke zdravým zubům. V kombinaci s vápníkem působí hořčík jako přirozený uklidňující prostředek. Jeho nedostatek často pocítují sportovci, diabetici a lidé, kteří pijí příliš alkoholu. Projevuje se podrážděností, nespavostí, náladovostí, špatným trávením, bušením srdce nebo arytmiemi. Může vyvolat také deprese, případně záchvat astmatu.
- **DDD:** průměrný příjem hořčíku v potravě by měl činit asi 400 mg denně.
- **Zdravotní rizika:** poranění způsobená kovovým hořčíkem či slitinami, které jej obsahují, se špatně hojí.

### **Molybden**

- **Funkce:** je přítomen v živé tkáni rostlin a živočichů, je nezbytný pro správné fungování běžných životních funkcí a jeho přítomnost zvyšuje tvrdost zubní skloviny. Nedostatek může vést k anémii, k zvýšenému výskytu astmatu, zvýšené kazivosti zubů a zhoršení ochrany proti infekci močového měchýře. Je příčinou depresivních stavů a může vést k impotenci.

- **DDD:** max. denní dávka v ČR je 100 mikrogramů
- **Zdravotní rizika:** s výjimkou zažívacích problémů nejsou popisovány. Chronicky vysoký příjem molybdenu vede ke zvýšené produkci kyseliny močové v těle a tím k vytváření podmínek pro její usazování v kloubech a k tvorbě dny.

### Mangan

- **Funkce:** nedostatkem manganu v organismu a jeho nepravidelný přísun v potravě způsobí nesprávné fungování cévního systému. Dlouhodobý nedostatek v potravě vede ke změnám v metabolismu cholesterolu, k jeho ukládání na cévní stěnu a tím ke vzniku kardiovaskulárních chorob. Je důležitý i pro správný metabolismus cukrů a jeho nedostatek může vést k onemocnění cukrovkou.
- **DDD:** max. denní dávka ČR je 2 mg denně.
- **Zdravotní rizika:** přebytek manganu v potravě působí negativně především na nervovou soustavu a působí potíže podobné projevům Parkinsonovy nemoci. Dlouhodobá expozice vysokými dávkami manganu může podle některých údajů zapříčinit vznik Parkinsonovy nemoci.

### Olovo

- **Funkce:** je to toxický prvek, který se nachází na mnoha místech, jako jsou rozvody pitné vody, výroba barev, součásti aditiv benzínu, v půdě, ve vodách, rybách atd.
- **DDD:** hodnota není stanovena, jedná se o toxický prvek. Existuje pouze hodnota pro pitnou vodu platnou od 25. 12. 2003 - 24. 12. 2013, jako dočasný (přechodný limit) 25 µg/l, který se od 25. 12. 2013 dále zpřísní na oněch cílových 10 µg/l. [25]
- **Zdravotní rizika:** po vniknutí do těla se ukládá hlavně v kostech a krvi, shromažďuje se v těle a vylučuje se jen obtížně. V dětském organismu je příčinou duševních nemocí a vývoje. Příznaky otravy jsou bledé rty a obličej, zácpa, nechutenství, kolika, anémie, bolest hlavy, křeče, chronické poškození ledvin a mozku, poruchy mozku.

### Uhlík

- **Funkce:** v lidském těle ho tvoří hlavně zuby, vlasy, vazivo, kůže a nehty. Do lidského těla se složité uhlíkové sloučeniny dostanou do těla formou různé potravy

a za pomoci kyslíku získaného z ovzduší se spálí. Tím se uvolní energie, kterou použijeme ke svému fungování, například k pohybu, trávení atd. Vzniká přitom uhlík, který vydechujeme zpět do ovzduší.

- **DDD:** není známa
- **Zdravotní rizika:** oxid uhelnatý CO je vysoce toxický, vznětlivý až výbušný, bezbarvý plyn, bez zápachu, který vzniká především nedokonalou oxidací organických sloučenin uhlíku. Vysoká toxicita oxidu uhelnatého je dána jeho schopností blokovat dýchací řetězec. Molekula CO se téměř naváže na atom železa přítomný v molekule hemoglobinu, která slouží jako přenašeč kyslíku. Tak dojde k zablokování přenosu kyslíku z plic do organismu a udušení postiženého organismu.

## Dusík

- **Funkce:** je významný biogenní prvek, který se vyskytuje ve významných organických sloučeninách a ve všech živých organismech, vzniká v těle při deaminaci (odstranění aminoskupiny  $\text{NH}_2$  od molekuly) proteinů a vylučuje se, jako močovina. Bilance je za normálních okolností rovnovážná. Pokud organismus přijímá více dusíku, než vylučuje (při růstu nebo rekonvalescenci), jedná se o pozitivní dusíkovou bilanci.
- **DDD:** není známa
- **Zdravotní rizika:** nastanou při negativní dusíkové bilanci – větší výdej dusíku, než příjem. Je to dáno zvýšeným odbouráváním vlastních bílkovin organismu (při nedostatečném příjmu, vstřebávání nebo poruše metabolismu bílkovin).

Oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ ) - velice snadno proniká do plic, kde je ho téměř 60% pohlceno krví, je málo rozpustný ve vodě a proto proniká do dolních dýchacích cest a dráždí sliznice.

Oxid siřičitý ( $\text{SiO}_2$ ) - dobře rozpustný, který působí hlavně v horních cestách dýchacích.

Zdraví lidé snesou bez následků krátkodobé zvýšení koncentrace až na 2000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , ale pro děti, citlivé jedince a astmatiky je za bezpečnou považována koncentrace desetkrát nižší než pro zdravé lidi, tj. 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Oxidy dusíku jsou 6 až 10krát nebezpečnější než oxid siřičitý.

Otrava se projevuje pálením očí, poklesem krevního tlaku, bolestmi hlavy a dýchacími potížemi (až po několika hodinách), větší kazivostí zubů, záněty spojivek atd.

### **Vanad**

- **Funkce:** patří mezi prvky, které jsou důležité pro správné fungování živých organismů. V potravě se do organismu dostává jako složka rostlinných olejů, některých minerálních vod, vyšší koncentrace je i v rybím mase a zelenině. Má význam i při syntéze krevního barviva - hemoglobinu, které slouží pro přenos kyslíku krví z plic do tělesných tkání. Dlouhodobý nedostatek vanadu ve stravě se proto může projevit chudokrevností.
- **DDD:** jako optimální denní dávka příjmu vanadu v potravě se uvádí 10 až 30 mikrogramů.
- **Zdravotní rizika:** nadbytek vanadu působí naopak výrazně negativně. K toxicitě sloučeninami vanadu dochází především při každodenní expozici postižených osob nadměrným dávkám tohoto prvku při jeho výrobě a metalurgickém zpracování nebo z kontaminovaných důlních vod. Chronická otrava vanadem se projevuje zvracením, průjmem, bolestí břicha, poklesem krevního tlaku, zrychlením tepu srdce, sníženou hladinou krevního cukru, selháním jater a nadledvinek.

### **Wolfram**

- **Funkce:** díky velmi nízké rozpustnosti wolframu ve vodě je jeho obsah v živých organizmech velmi nízký a rozhodně nepatří mezi biogenní prvky, jejichž nedostatek ve stravě výrazně ovlivňuje fyziologický stav organismu. Předpokládá se, že wolfram obsažený v tkáních živých organismů se chová podobně jako molybden.
- **DDD:** není uvedena
- **Zdravotní rizika:** nejsou známy případy, kdy by přebytek wolframu v životním prostředí dlouhodobě negativně ovlivňoval lidské zdraví.

## Hliník

- **Funkce:** poměrně diskutovaným problémem je riziko používání hliníkového nádobí a příborů při přípravě a konzumaci potravy. Hliník je z chemických prvků nejstálější a prakticky nerozpustný. V neutrálním prostředí běžné pitné vody o pH = 7 je hliníkový povrch perfektně stabilní a bezpečný. Problém nastává, když je vařený pokrm okyselen, např. octem nebo mírně zvýšenou kyselostí pitné vody, pak se může z hliníkových nádob uvolňovat hliník, a tím se její rizikovost zvýší. Člověk je ale vybaven řadou bariér, které brání pronikání sloučenin hliníku do tělesných tekutin a buněk. Kuriozitou je, že hliník se téměř jako jediný z prvků I. - III. základní skupiny prvků periodické soustavy prakticky nevyskytuje v žádné živé tkáni, ať rostlinné nebo živočišné.
- **DDD:** není stanovena, údaje o denním příjmu se velice různí a udávají se v jednotkách až desítkách mg denně.
- **Zdravotní rizika:** existuje silné podezření, že případný zvýšený výskyt hliníku v krvi může být příčinou vzniku Alzheimerovy choroby tím, že likviduje mozkové a nervové buňky. Tento předpoklad nebyl doposud prokázán, přesto je však na obsah hliníku velmi pečlivě testována především krevní plazma, která by při pravidelných krevních transfuzích mohla zvýšit hladinu hliníku v krvi pacienta.

## Železo

- **Funkce:** železo je podstatný prvek, 70% v lidském těle je součástí hemoglobinu a 20 % - 25% se nachází v podobě zásobních bílkovin. Fe je nutné pro přepravu kyslíku z plic do různých tělních tkání.
- **DDD:** max. denní dávka v ČR je 14 mg
- **Zdravotní rizika:** nedostatek způsobuje anémii, snížený obsah červených krvinek a projevuje se zejména malátností, celkovou ochablostí, bledostí, pocity mdlob, u žen způsobuje výrazně sníženou sexuální aktivitu. Nadbytek železa se může projevit u lidí s nadměrnou schopností vstřebávat železo přes střevní stěnu. U těchto lidí se může nahromadit v těle až 50 g železa. Tento jev, označovaný jako hemosideróza, doprovází často bronzové zbarvení kůže a zřejmě vlivem toxického působení nevázaného železa ve tkáních se mohou objevit příznaky poškození jater s příznaky cirhózy, diabetu a fibrózy slinivky.

## **6. METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ**

- Nákup nerezového a smaltového nádobí od českých výrobců
- Příprava testovací vody pro experiment
- Výluhové zkoušky z nerezového a smaltového nádobí (dle ČSN ISO 2707) v domácích podmínkách
- Chemický rozbor výluhů v laboratořích VŠB – TU Ostrava
- Příprava vzorků pro chemickou analýzu povrchu (metalografické vyhodnocení)
- Chemická analýza povrchu vzorků po experimentální zkoušce
- Srovnání výsledků z chemické analýzy tohoto experimentu s experimentem mé bakalářské práce z roku 2008

### **6.1 Nákup nádobí pro experiment**

Pro experiment bylo zakoupeno smaltované a nerezové nádobí od nejlepších českých výrobců.

#### **6.1.1 Smaltované nádobí od české firmy BELIS, s.r.o. České Budějovice**

Společnost BELIS, s.r.o. má výrobu smaltovaného nádobí v závodu Vráto již od roku 1893. Dlouholetá tradice a zkušenost ve výrobě umožňují závodu vyrábět výrobky ve vysoké kvalitě a estetické úrovni, zavedla systém řízení výroby a jakosti dle EN ISO 9001:2000. Snaží se o ochranu životního prostředí, proto se rozhodla zavést a udržovat systém enviromentálního managementu v souladu s požadavky mezinárodní normy ISO 14001 : 2004

#### **6.1.2 Nerezové nádobí od české firmy Tescoma s.r.o. Zlín**

Společnost Tescoma s.r.o. Zlín vznikla v roce 1992, nabízí široký sortiment výrobků prvotřídní kvality a jejich nádobí je určeno pro použití na všech typech sporáků – plynových, elektrických, sklokeramických, halogenových i indukčních. Vyváží do více než osmdesáti zemí světa. Je nositelem „CERTIFIKÁTU VÝJIMEČNOSTI“, používá management jakosti a environmentální management (související s přírodním prostředím) dle ISO 9001:2001 a ISO 14001:2005.

## 6.2 Příprava testovací vody a vzorků pro experiment

### 6.2.1 Příprava vzorků a požadavky na testování

Vzorky se připraví tak, aby testovací vodě byl vystaven pouze povrch, který je určený pouze ke styku s pitnou vodou. U homogenních materiálů je možno vystavit celý vzorek testovací vodě, včetně povrchů, které nejsou určené pro styk s pitnou vodou. [15]

### 6.2.2 Stanovení poměru povrchu k objemu vzorku

Plocha testovaného povrchu vzorku, který má přijít do styku s testovací vodou, musí být vůči objemu testovací vody v poměru asi 1 : 1 ( $1\text{cm}^2/1\text{ cm}^3$ ), poměr nesmí být menší než 1 : 2 ( $0,5\text{cm}^2/1\text{ cm}^3$ ). Velikost plochy vzorku a z ní vyplývající objem testovací vody se volí tak, aby byly splněny požadavky na množství výluhu požadovaného pro rozbor. Jestliže nemá vzorek hladký povrch nebo tvar vzorku je takový, že nelze provést přesný výpočet povrchu, pak se použije odhadnutá plocha povrchu vzorku, ale v tomto případě se zaznamenává délka a šířka, spolu s dostatečně podrobným popisem výrobku (výrobků), aby bylo možno připravit další vzorky v rozmezí  $\pm 10\%$  ploch povrchu původního vzorku. [15]

### 6.2.3 Používaná chemická činidla

- vodovodní pitná voda – voda s obsahem volného chloru menším než  $0,2 \pm 0,005$  mg/l [15]
- kuchyňská sůl, zakoupená v obchodní síti

### 6.2.4 Vyjádření výsledků

Naměřené koncentrace migrovaných složek se vyjádří jako  $K_n^T$  (n je pořadové číslo jednotlivých z 3 extrakcí). Migrační číslo M pro migrovanou složku se vypočítá z koncentrace naměřené ve výluhu (extraktu) za použití jedné z následujících rovnic:

pro extrakce prováděné při 60 °C nebo 85 °C  $\rightarrow M_{24} = C_{24} \cdot V/S$  [ $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{den}^{-1}$ ]

kde:

$M_{24}$  = migrační číslo v miligramech na čtvereční decimetr za 24 hodin;

$C_{24}$  = koncentrace každé látky ve výluhu v miligramech na litr za dobu 24 hodin (při testování teplou nebo horkou vodou;  $C_{24} = C_n - C_{0;n}$ );

$V$  = objem výluhu v litrech;

$n$  = pořadové číslo doby vyluhování;

$S$  = plocha povrchu vzorku vystavená testovací vodě v  $\text{dm}^2$  [15]

### 6.3 Výluhové zkoušky nerezového a smaltového nádobí

Tyto zkoušky byly provedeny, dle ČSN ISO 2707, v domácích podmínkách, na 3 kusech smaltového nádobí a 3 kusech nerezového nádobí. Výluhy na tomto nádobí se prováděly při teplotě vaření 80 °C. Testovací voda byla namíchána z vodovodní vody, která byla odebrána ve větším množství najednou, aby se zachovalo stejné chemické složení vody. Do 700 ml vody bylo poté přidáno 5 g kuchyňské soli. Touto testovací vodou se testovalo nádobí postupně ve třech časových intervalech, po 1,5 a 30 hodinách.



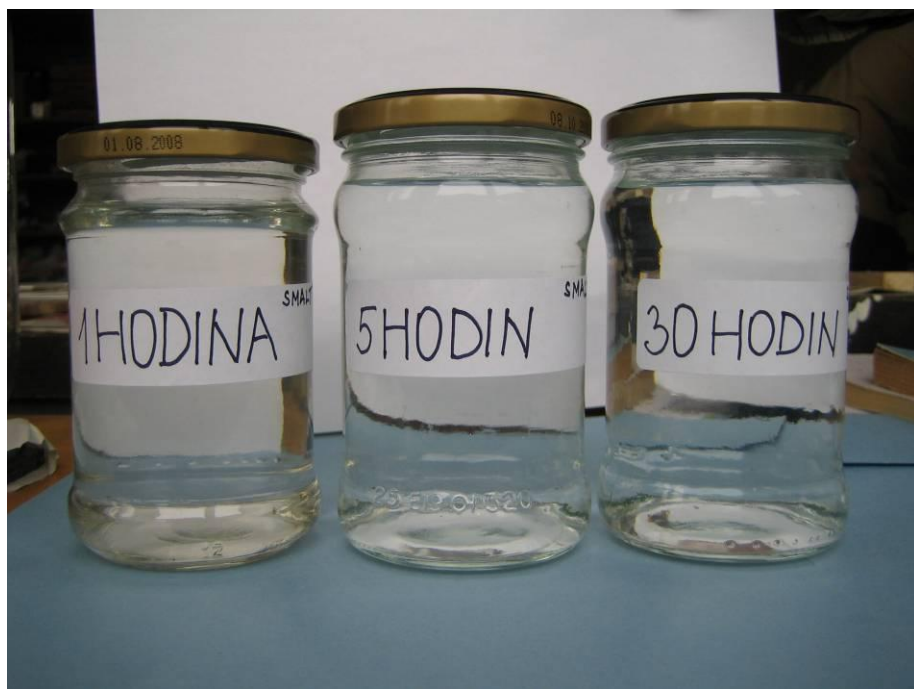
*Foto č. 1 Vaření testovací vody v nádobí 5 a 30 hodin*

Výluhy byly testovány na VŠB – TU v Centru nanotechnologií. Stanovení obsahu chemických prvků bylo provedeno plamenovou metodou AAS. Jednalo se o tyto prvky: Cr, Ni, Fe, Pb, Cd, Mn a  $\text{Cr}^{\text{VI}+}$ .





*Foto č. 3 Výluhy z nerezového nádobí*



*Foto č. 4 Výluhy ze smaltového nádobí*



*Foto č. 5, 6 Výluh z nerezového nádobí po 1 hodině vaření*



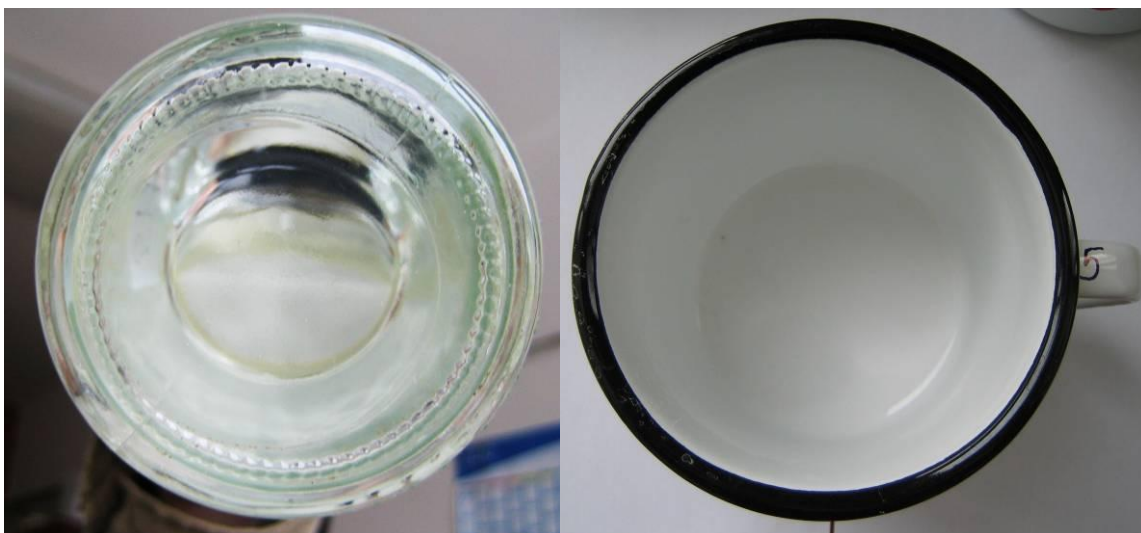
*Foto č. 7, 8 Výluh z nerezového nádobí po 5 hodinách vaření*



*Foto č. 9, 10 Výluh z nerezového nádobí po 30 hodinách vaření*



*Foto č. 11, 12 Výluh ze smaltového nádobí po 1 hodině vaření*



*Foto č. 13, 14 Výluh ze smaltového nádobí po 5 hodinách vaření*



*Foto č. 15, 16 Výluh ze smaltového nádobí po 30 hodinách vaření*





Foto č. 17 Detail z fotky č. 10 - po 30 hodinách vaření – v místě nýtovaného spoje

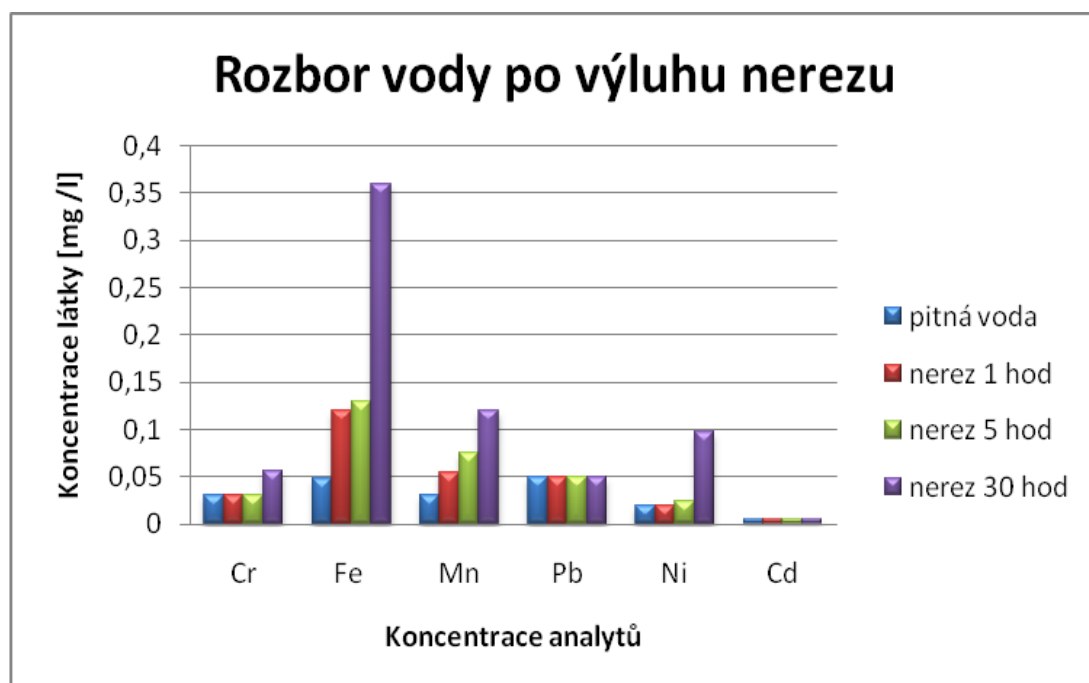
#### 6.4 Chemický rozbor výluhů v laboratoři VŠB – TU Ostrava

Zkoušky rozboru byly provedeny na Centru nanotechnologií, VŠB-TU Ostrava.

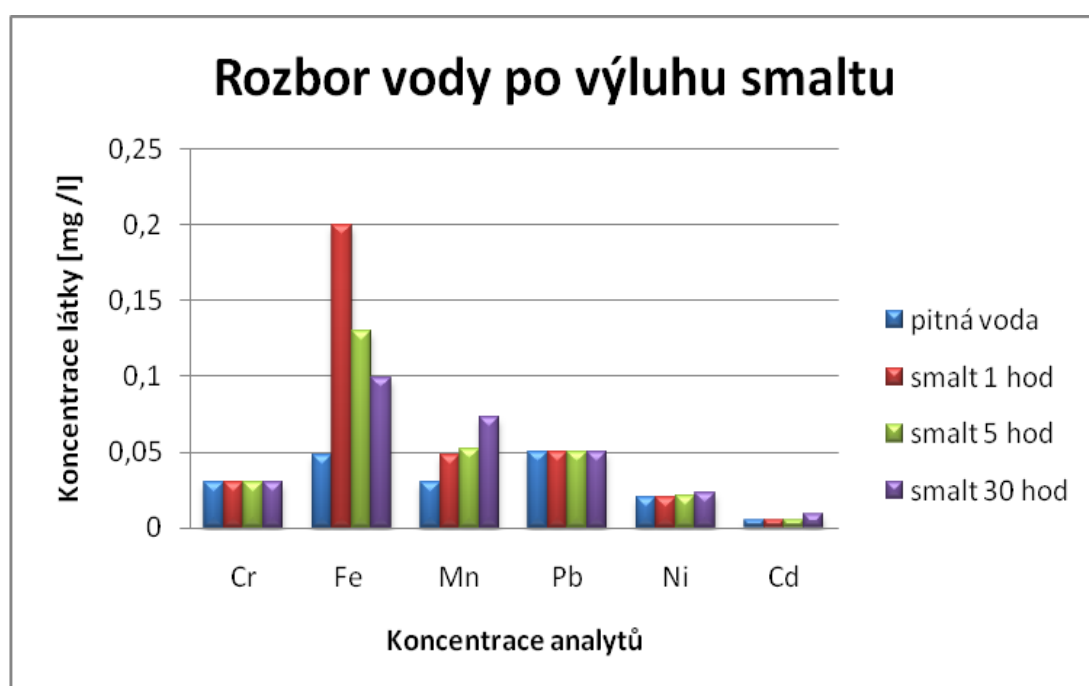
Tabulka č. 1 Chemické složení výluhů po výluhové zkoušce

Měření 2010	Cr [mg/l]	nejis- tota	Ni [mg/l]	nejis- tota	Fe [mg/l]	nejis- tota	Mn [mg/l]	nejis- tota	Cd [mg/l]	nejis- tota	Pb [mg/l]	nejis- tota
Smalt 1 hodina	< 0,03		< 0,02		0,2	0,02	0,048	0	<0,005		< 0,05	
Smalt 5 hodin	< 0,03		0,021	0,002	0,13	0,01	0,052	0	<0,005		< 0,05	
Smalt 30 hodin	< 0,03		0,023	0,002	0,099	0,008	0,073	0,01	0,009	0,001	< 0,05	
Nerez 1 hodina	< 0,03		< 0,02		0,12	0,01	0,054	0	<0,005		< 0,05	
Nerez 5 hodin	< 0,03		0,024	0,002	0,13	0,01	0,076	0,01	<0,005		< 0,05	
Nerez 30 hodin	0,056	0,01	0,098		0,36	0,03	0,12	0,01	<0,005		< 0,05	
Pitná voda - vodovod	< 0,03		< 0,02		0,048	0,004	< 0,03		<0,005		< 0,05	

## 6.5 Grafické znázornění výluhů smaltu a nerezů diplomové práce



Graf č. 1 Rozbor vody po výluhu nerezů – vaření 1, 5 a 30 hodin



Graf č. 2 Rozbor vody po výluhu smaltu- vaření 1, 5 a 30 hodin

## 6.6 Grafické a tabulkové srovnání výluhů nerezů a smaltu

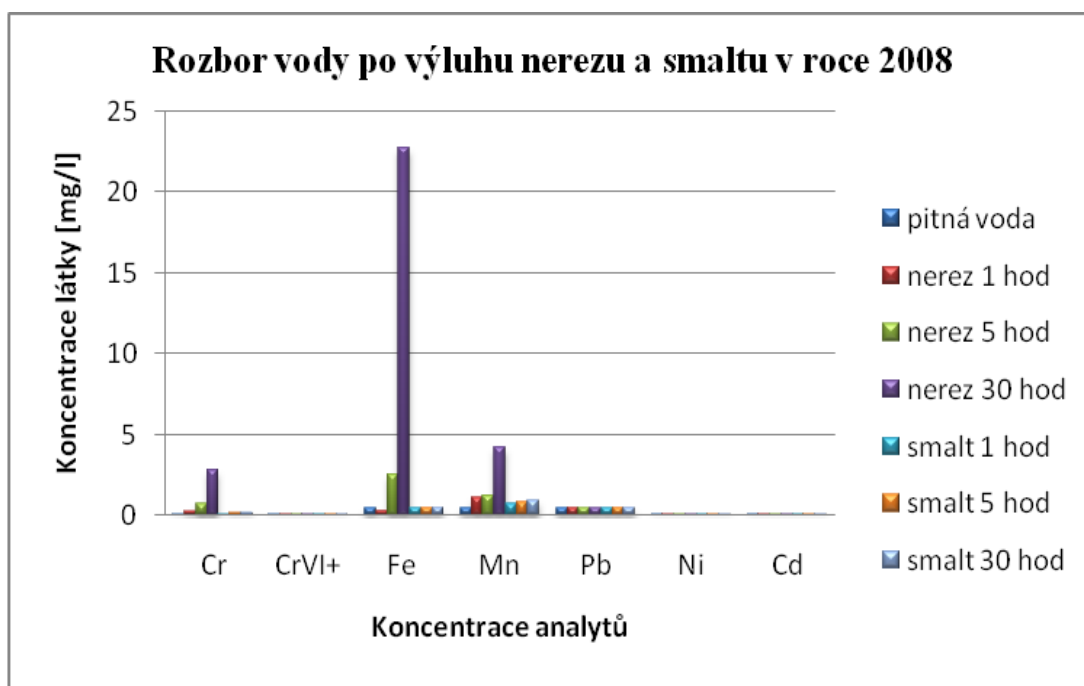
Toto srovnání výluhů provedu s výsledky mé bakalářské práce z roku 2008, kde jsem pro experiment zakoupila běžné nádoby v obchodní síti (byly zakoupeny od dodavatelů bez udání výrobce), za průměrné ceny. Pro tuto letošní práci jsem zakoupila nádoby od nejlepších českých výrobců a výsledky výluhů mne mile překvapily.

### 6.6.1 Celkové srovnání výluhů mé bakalářská práce z roku 2008

Zkoušky rozboru byly provedeny na Centru nanotechnologií, VŠB-TU Ostrava.

Tabulka č. 2 Chemické složení výluhů nerezů, smaltů a pitné vody [mg/l] - rok 2008 [ 7 ]

výluh 2008	pitná voda	nerez 1 hod	nerez 5 hod	nerez 30 hod	smalt 1 hod	smalt 5 hod	smalt 30 hod
Cr	0,04	0,24	0,7	2,75	0,04	0,14	0,14
Cr <sub>VI</sub> <sup>+</sup>	0,01	0,018	0,01	0,017	0,01	0,01	0,01
Fe	0,5	0,27	2,52	22,7	0,5	0,5	0,5
Mn	0,48	1,09	1,23	4,21	0,7	0,8	0,9
Pb	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ni	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cd	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

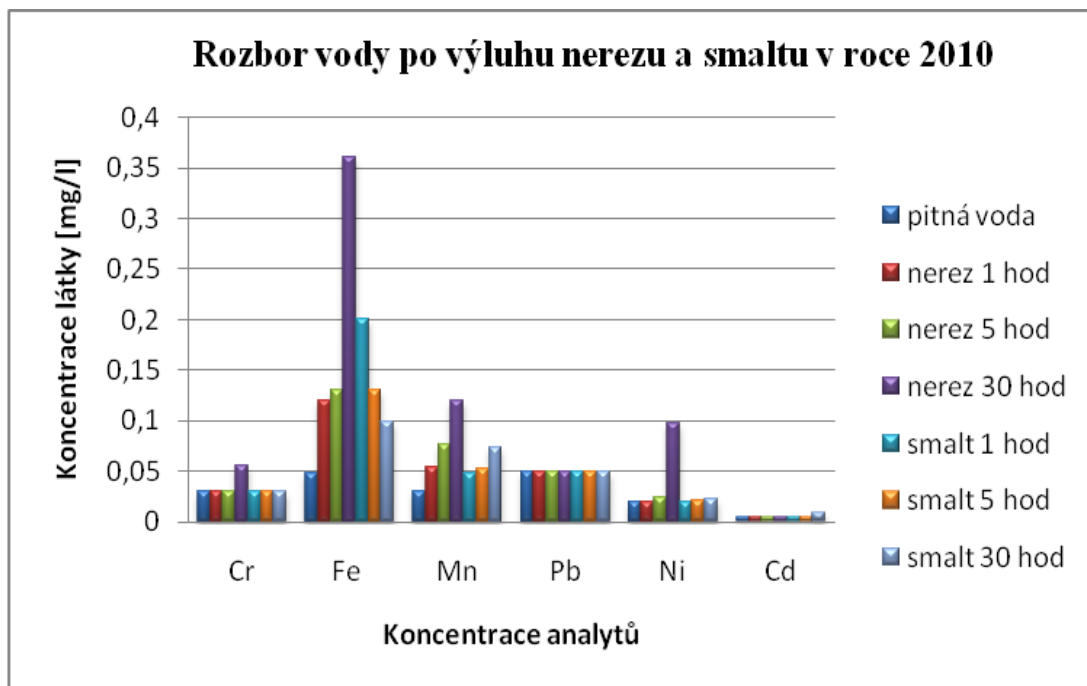


Graf č. 3 Rozbor vody po výluhu nerezů a smaltu - vaření 1, 5 a 30 hodin (rok 2008) [ 7 ]

### 6.6.2 Celkové srovnání výluhů této diplomové práce

Tabulka č. 3 Chemické složení výluhů nerezů, smaltů a pitné vody[mg/l] - rok 2010

výluh 2010	pitná voda	nerez 1 hod	nerez 5 hod	nerez 30 hod	smalt 1 hod	smalt 5 hod	smalt 30 hod
<b>Cr</b>	0,03	0,03	0,03	0,056	0,03	0,03	0,03
<b>Fe</b>	0,048	0,12	0,13	0,36	0,2	0,13	0,099
<b>Mn</b>	0,03	0,054	0,076	0,12	0,048	0,052	0,073
<b>Pb</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Ni</b>	0,02	0,02	0,024	0,098	0,02	0,021	0,023
<b>Cd</b>	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,009



Graf č. 4 Rozbor vody po výluhu nerezů a smaltů - vaření 1, 5 a 30 hodin (rok 2010)

### 6.6.3 Chemický rozbor antikoročních ocelí

Pro chemický rozbor této diplomové práce byl vyřezán 1 vzorek z nerezového nádobí a byl odeslán k rozboru do zkušeben a laboratoří Třineckých železáren. Dle protokolu o zkoušce, zkušební laboratoře č. 1156 akreditované ČIA, č. TZ/2010/268 (viz Příloha č. 2), byly ze vzorku stanoveny v procentech tyto chemické prvky:

Tabulka č. 5 Chemický rozbor vzorku nerezové oceli

chemický prvek	C	S	Mn	Ni	Cr	Mo	V	Cu
množství v %	0,059	0,003	1,23	8,43	18,3	0,027	0,12	0,24

#### 6.6.4 Hodnoty výluhů z bakalářské práce roku 2008

- Pitná voda obsahovala tyto prvky: Cr ( $0,04 \pm 0,01$  mg/l); Cr<sup>VI+</sup> ( $< 0,01$  mg/l); Fe ( $< 0,5$  mg/l); Mn ( $0,48 \pm 0,03$  mg/l); Pb ( $< 0,5$  mg/l); Ni a Cd ( $< 0,05$  mg/l).
- Výluhy ze smaltového nádobí: oproti pitné vodě se moc nelišily. Po 1 hodině vaření se zvýšila pouze hodnota a Mn ( $0,7 \pm 0,05$  mg/l). Po 5 hodinách vaření se mírně zvedl Cr ( $0,14 \pm 0,03$  mg /l) a Mn ( $0,8 \pm 0,05$  mg/l). Po 30 hodinách se opět zvedl Mn ( $0,9 \pm 0,006$  mg/l). Ostatní hodnoty zůstaly buď stejné, nebo se už nezvýšily.
- Výsledky výluhů z nerezového nádobí: měly zvýšené hodnoty u Cr, Fe a Mn. Po 1 hodině vaření se objevily zvýšené hodnoty Cr ( $0,24 \pm 0,04$  mg/l), Fe ( $0,27 \pm 0,02$  mg/l) a Mn ( $1,09 \pm 0,07$  mg/l). Dokonce se objevil i Cr<sup>VI+</sup>, který měl hodnotu  $0,018 \pm 0,002$  mg/l. Po 5 hodinách vaření se hodnoty zvedly u: Cr ( $0,7 \pm 0,11$  mg/l), Fe ( $2,52 \pm 0,18$  mg/l), Mn ( $1,23 \pm 0,08$  mg/l) a Cr<sup>VI+</sup> ( $< 0,01$  mg/l). Výrazně zvýšené hodnoty se objevily po 30 hodinách vaření: u Cr ( $2,75 \pm 0,42$  mg/l), Cr<sup>VI+</sup> ( $0,017 \pm 0,002$  mg/l), Fe ( $22,7 \pm 1,6$  mg/l) a Mn ( $4,21 \pm 0,26$  mg/l). U všech vzorků po celou dobu byl Ni a Cd na hodnotě  $< 0,05$  mg/l a Pb  $< 0,5$  mg/l. [ 7 ]

#### 6.6.5 Hodnoty výluhů této diplomové práce

- Pitná voda obsahovala tyto prvky: Cr ( $0,03 \pm 0,01$  mg/l); Ni ( $< 0,02$  mg/l); Fe ( $0,048 \pm 0,004$  mg/l); Mn ( $< 0,03$  mg/l); Pb ( $< 0,05$  mg/l) a Cd ( $< 0,005$  mg/l).
- Výsledky výluhů ze smaltového nádobí: Po 1 hodině vaření se hodnoty Cr, Ni, Cd a Pb vůbec nezměnily. Zvýšené hodnoty mělo Fe ( $0,20 \pm 0,02$  mg/l) a Mn ( $0,048 \pm 0,003$  mg/l). Po 5 hodinách vaření se Cr, Cd a Pb opět nezměnily, hodnoty zůstaly stejné jako u pitné vody. Mírné zvýšení vykázal Ni ( $0,021 \pm 0,002$  mg/l), Fe ( $0,13 \pm 0,01$  mg/l) a Mn ( $0,052 \pm 0,004$  mg/l). Po 30 hodinách vaření u Cr a Pb zůstaly stejné hodnoty, jako u pitné vody. Mírné zvýšení hodnot bylo u Ni ( $0,023 \pm 0,002$  mg/l), Fe ( $0,099 \pm 0,008$  mg/l), Mn ( $0,073 \pm 0,005$  mg/l) a Cd ( $0,009 \pm 0,001$  mg/l).



- Výsledky výluhů z nerezového nádobí: Hodnoty po 1 hodině vaření zůstaly u Cr, Ni, Cd a Pb stejné jako u pitné vody. Mírně bylo zvýšení hodnot u Fe ( $0,12 \pm 0,01$  mg/l) a Mn ( $0,054 \pm 0,004$  mg/l). Po 5 hodinách vaření se u Cr, Cd a Pb opět hodnoty nezměnily, mírně zvýšené hodnoty byly u Ni ( $0,024 \pm 0,002$  mg/l), Fe ( $0,13 \pm 0,01$  mg/l) a Mn ( $0,076 \pm 0,005$  mg/l). Po 30 hodinách vaření se hodnoty nelišily od pitné vody pouze u Cd a Pb. Zvýšení hodnot nastalo u Cr ( $0,056 \pm 0,009$  mg/l), Ni ( $0,098$  mg/l), Fe ( $0,36 \pm 0,03$  mg/l) a Mn ( $0,12 \pm 0,01$  mg/l).

#### **6.6.6 Celkové shrnutí výsledků výluhů tohoto experimentu s výsledky výluhů mé bakalářské práce z roku 2008**

Pro srovnání jsou zde DDD výše uvedených chemických prvků:

- Cr – 0,03 mg/den
- Ni – 0,02 mg/den
- Fe – 14 mg/den
- Mn – 2 mg/den
- Cd – hodnota není stanovena
- Pb – hodnota není stanovena, jedná se o toxický prvek pro lidské tělo

Výsledky výluhů obou experimentů byly velice odlišné.

**Experiment provedený v roce 2008 v nerezovém nádobí:** Rozbor vody po výluhu ukázal zvýšené hodnoty u chromu, manganu a železa.

- Po 1 hodině vaření se chrom zvýšil na  $0,24 \pm 0,04$  mg/l. To znamená, aby byla pokryta a nepřekročena DDD chromu, může člověk vypít pouze 1,25 dcl tohoto výluhu. Ostatní prvky byly stejné jako v pitné vodě nebo mírně zvýšené, ale nepřekročily DDD pro lidské tělo. Objevil se i nebezpečný šestimocný chrom a měl hodnotu  $0,018 \pm 0,002$  mg/l. Ten by se v těle člověka neměl vyskytovat vůbec, proto je tento výluh pro lidské tělo zdravotně závadný.
- Po 5 hodinách vaření se chrom zvýšil na hodnotu 0,7 mg/l. Pro pokrytí a nepřekročení DDD chromu může člověk vypít pouze 0,42 dcl ( $0,042$  l) tohoto výluhu. Ostatní prvky byly zvýšené, ale opět nepřekročily DDD.
- Po 30 hodinách se chrom výrazněji zvýšil na hodnotu 2,75 mg/l. Aby nebyla překročena DDD chromu, může člověk vypít pouze 0,01 dcl ( $0,001$  l) tohoto výluhu. Největší zvýšení mělo železo, byla naměřena hodnota  $22,7 \pm 1,6$  mg/l.

Pro nepřekročení DDD železa by mohl člověk vypít pouze 6 dcl výluhu. U manganu byla naměřena hodnota  $4,21 \pm 0,26$  mg/l a pro nepřekročení DDD manganu by bylo možné vypít pouze 0,47 dcl (0,047 l) tohoto výluhu. Ostatní koncentrace prvků byly stejné jako v pitné vodě nebo zvýšené, ale nepřekročily DDD pro lidské tělo. Opět se objevil nebezpečný šestimocný chrom, měl hodnotu  $0,017 \pm 0,002$  mg/l, proto je tento výluh zdravotně závadný.

- **Shrnutí:** Výluh z nerezového nádobí po 1 a po 30 hodinách vaření byl zdraví škodlivý, výluh po 5 hodinách vaření by mohl být vypit pouze v omezeném množství, a to 0,42 dcl (0,042 l) výluhu za celý den.

**Experiment provedený v roce 2008 ve smaltovém nádobí:** Ukázal, že hodnoty rozboru vody po výluhu byly daleko lepší než u nerezového nádobí.

- Po 1 hodině vaření byly prvky stejné jako v pitné vodě nebo pouze mírně zvýšené, ale prvky nepřekročily DDD pro lidské tělo. Jenom hodnota  $0,04 \pm 0,01$  mg/l u chromu byla mírně zvýšená, ale tato hodnota byla naměřena již v pitné vodě (DDD chromu je 0,03 mg/l).
- Po 5 a po 30 hodinách vaření byly prvky opět stejné jako v pitné vodě, nebo mírně zvýšené. Pouze chrom měl zvýšenou hodnotu  $0,14 \pm 0,03$  mg /l. Tato hodnota se ustálila a proces vyluhování u chromu se zastavil. Pro pokrytí a nepřekročení DDD chromu může být vypit člověkem pouze 2,14 dcl (0,214 l) tohoto výluhu.
- **Shrnutí:** Výluh ze smaltového nádobí po 1 hodině vaření měl nízké hodnoty, a tudíž byl zdravotně nezávadný. Po 5 hodinách a po 30 hodinách vaření byl výluh možný vypít pouze v omezeném množství, a to 2,14 dcl (0,214 l) tohoto výluhu.

**Experiment provedený v roce 2010 v nerezovém nádobí:** Rozbor vody po výluhu z nerezového nádobí prokázal mírné zvýšení hodnot pouze u chromu a niklu.

- Po 1 hodině vaření hodnoty prvků chromu, niklu, kadmia a olova zůstaly stejné, jako u pitné vody. Zanedbatelně zvýšenou hodnotu mělo železo a mangan, ale tato hodnota byla daleko nižší než DDD u železa a manganu.
- Po 5 hodinách vaření zůstaly hodnoty prvků chromu, kadmia a olova stejné, jako v pitné vodě. Zanedbatelně zvýšenou hodnotu mělo železo a mangan, ale hodnoty byly opět daleko nižší, než DDD pro železo a mangan. Zvýšená hodnota byla naměřena pouze u niklu ( $0,024 \pm 0,002$  mg/l). Ta byla vyšší o 0,004 mg/l než DDD

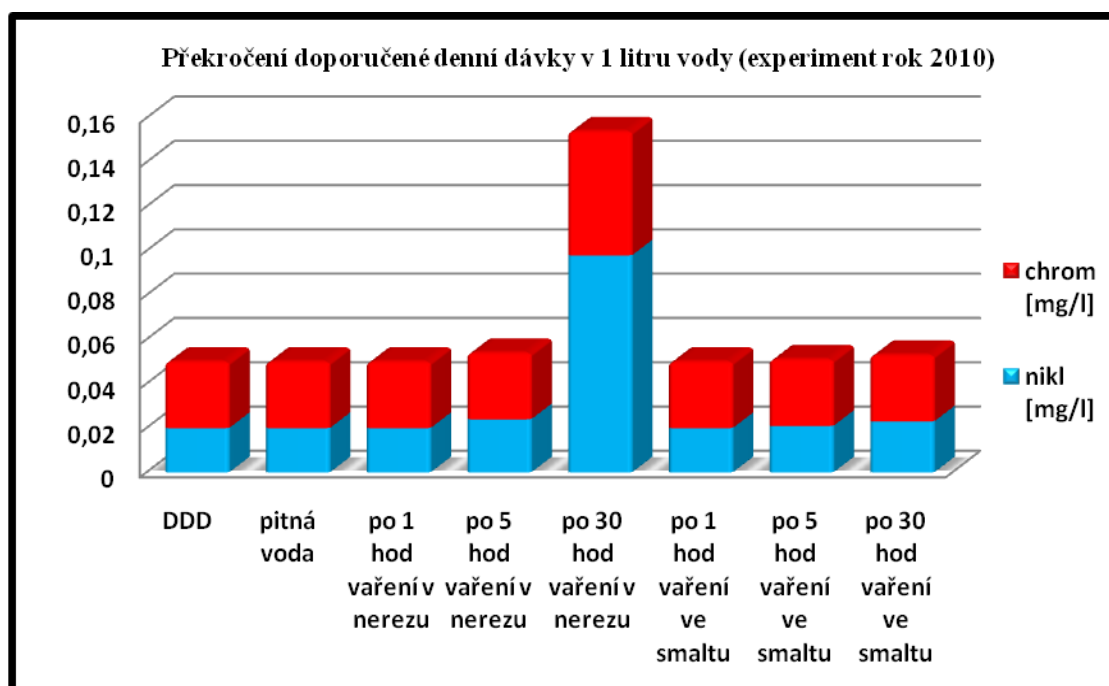
niklu. Aby nedošlo k překročení DDD niklu, může člověk vypít pouze 8,33 dcl (0,833 l) tohoto výluhu.

- Po 30 hodinách vaření zůstaly hodnoty prvků stejné jako v pitné vodě pouze u kadmia a olova. Zanedbatelné zvýšení hodnot bylo u železa a manganu. Zvýšené hodnoty se objevily u niklu (0,098 mg/l) a chromu ( $0,056 \pm 0,009$  mg/l). Aby nedošlo k překročení DDD chromu, mohl by člověk vypít pouze 5,35 dcl (0,535 l) tohoto výluhu za den. Nikl měl vyšší hodnoty, proto, aby nedošlo k překročení hodnot DDD niklu (a chromu zároveň), mohl by člověk vypít pouze 2,04 dcl (0,204 l) tohoto výluhu.
- **Shrnutí:** Výluh z nerezového nádobí po 1 hodině vaření byl zdravotně nezávadný. Výluh po 5 hodinách vaření můžeme vypít pouze v omezeném množství, a to 8,33 dcl za celý den, jinak by byl zdraví škodlivý. Po 30 hodinách vaření došlo ke zvýšení hodnot u chromu a niklu. Pro nepřekročení DDD chromu a niklu může člověk vypít pouze 2,04 dcl tohoto výluhu za den. Tento výluh prokázal, že je zdraví škodlivý.

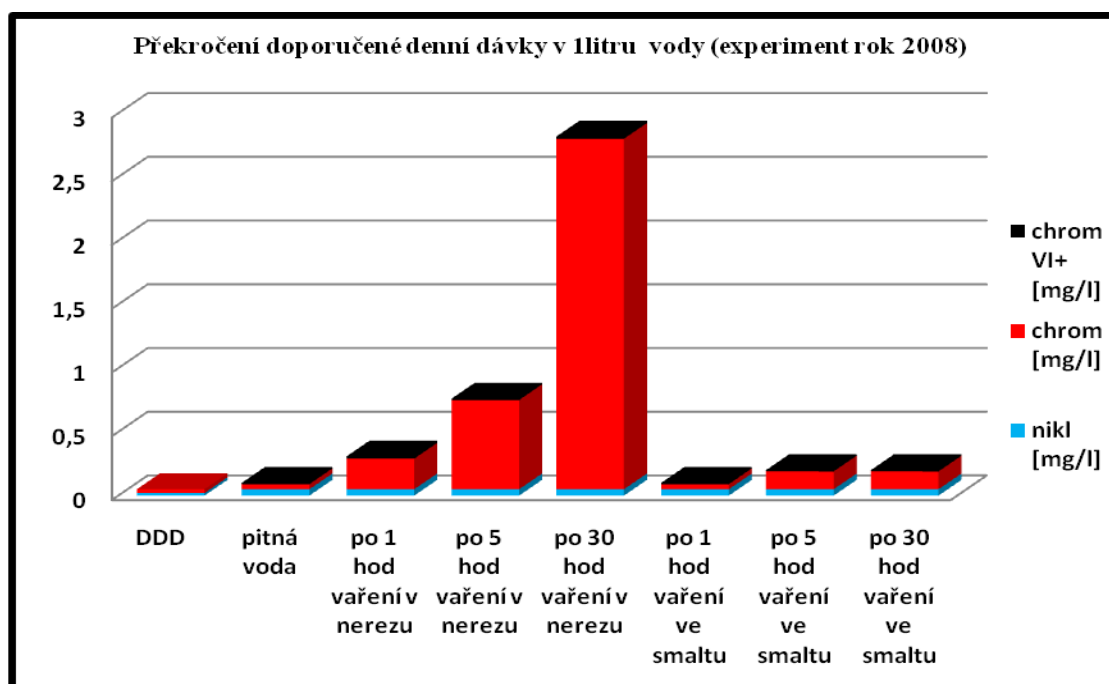
**Experiment provedený v roce 2010 ve smaltovém nádobí:** Rozbor vody po výluhu smaltu měl lepší výsledky než výluhy z nerezového nádobí.

- Po 1 hodině vaření hodnoty prvků chromu, niklu, kadmia a olova zůstaly stejné jako u pitné vody. Zanedbatelně zvýšenou hodnotu mělo železo a mangan, ale tato hodnota byla daleko nižší než DDD obou prvků.
- Po 5 hodinách vaření zůstaly hodnoty prvků chromu, kadmia a olova stejné jako v pitné vodě. Zanedbatelně zvýšenou hodnotu mělo železo a mangan, ale hodnoty byly opět daleko nižší, než DDD obou prvků. Zvýšená hodnota byla naměřena pouze u niklu ( $0,021 \pm 0,002$  mg/l). Zvýšení bylo velice malé 0,001 mg/l, ale vzhledem k tomu, že je tento prvek nebezpečný, byl by i tento výluh zdraví škodlivý. Mohlo by se vypít pouze omezené množství, a to 9,52 dcl (0,952 l) za celý den.
- Po 30 hodinách vaření došlo ke zvýšení u niklu ( $0,023 \pm 0,002$  mg/l) a kadmia ( $0,009 \pm 0,001$  mg/l). Aby nedošlo k překročení DDD niklu, mohlo by se vypít pouze 8,69 dcl (0,869 l) tohoto výluhu. DDD kadmia nebyla stanovena, ale měla zvýšenou hodnotu o 0,004mg/l oproti pitné vodě. Tento prvek je zdraví škodlivý, toxický a způsobuje otravy.

- **Shrnutí:** Výluh ze smaltového nádobí po 1 hodině vaření byl zdravotně nezávadný. Výluh po 5 hodinách vaření můžeme vypít pouze v omezeném množství, a to 9,52 dcl za celý den, jinak by byl zdraví škodlivý. Po 30 hodinách vaření došlo ke zvýšení hodnot u niklu a kadmia. Pro nepřekročení DDD niklu může člověk vypít pouze 8,69 dcl tohoto výluhu za den.



Graf č. 5 Překročení DDD chromu a niklu v roce 2010

Graf č. 6 Překročení DDD chromu, chromu<sub>VI+</sub> a niklu v roce 2008

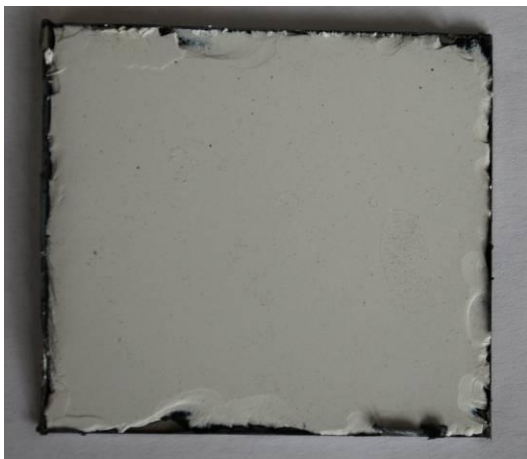
## 6.7 Chemické vyhodnocení vzorků

### 6.7.1 Příprava vzorků na chemickou mikroanalýzu

Pro chemickou mikroanalýzu byly vyřezány z testovaného nerezového i smaltového nádobí vzorky o velikosti 2 cm x 2 cm. Vzorky byly odebrány z jednotlivého nádobí vždy po jednom kusu ze dna a ze stěny. Celkem bylo vyřezáno 16 testovaných vzorků, které byly odeslány do Centra nanotechnologií při VŠB – TU v Ostravě. Na testovaných vzorcích byly provedeny chemické rozborů pomocí detektoru typu „Phillips XL 30 Series“, elektronového mikroanalyzátoru EDAX – metodou SEM (skenovací elektronová mikroskopie) a výsledně byly stanoveny chemické analýzy prvků (Cr, Cr<sup>VI+</sup>, Ni, Fe, Pb a Cd) k jednotlivě testovaným vzorkům. Chemický rozbor se prováděl pro stanovení zdravotní nezávadnosti nádobí.

### 6.7.2 Vzorky na chemickou analýzu

#### Vzorky ze smaltového nádobí



*Vzorek po 1 hodině ze dna*



*Vzorek po 1 hodině ze stěny*



*Vzorek po 5 hodinách ze stěny*

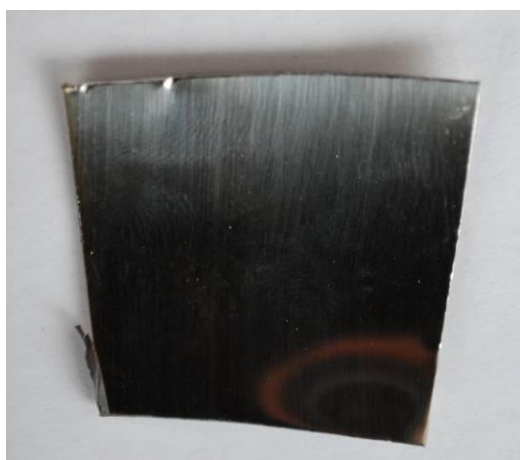


*Vzorek po 30 hodinách ze dna*

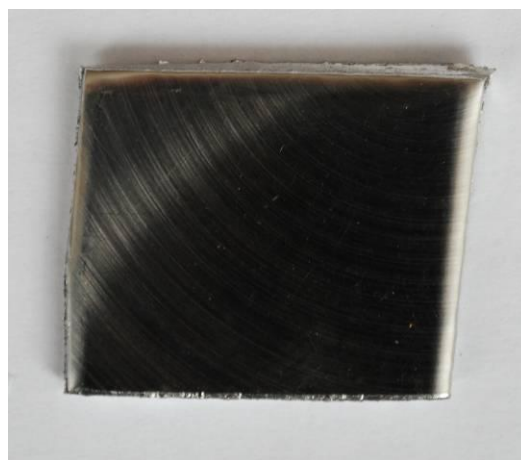


*Vzorek po 30 hodinách ze stěny*

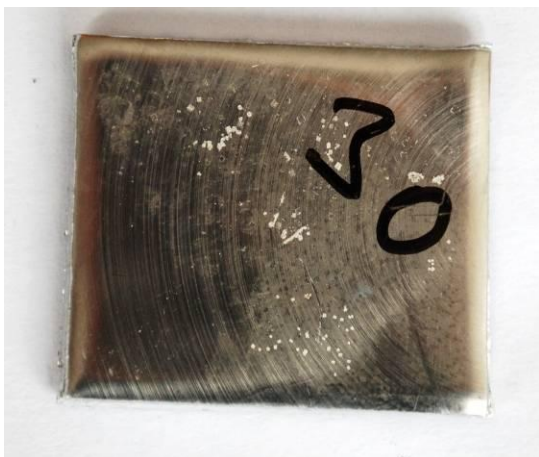
### **Vzorky z nerezového nádobí**



*Vzorek po 1 hodině ze stěny*



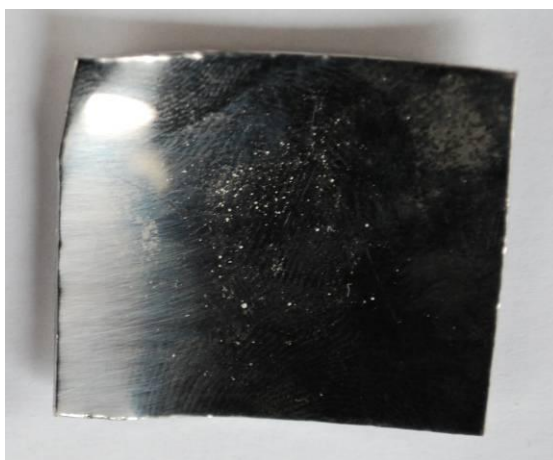
*Vzorek po 1 hodině ze stěny*



*Vzorek po 30 hodinách ze dna*



*Vzorek po 30 hodinách ze stěny*



*Vzorek po 30 hodinách ze stěny*

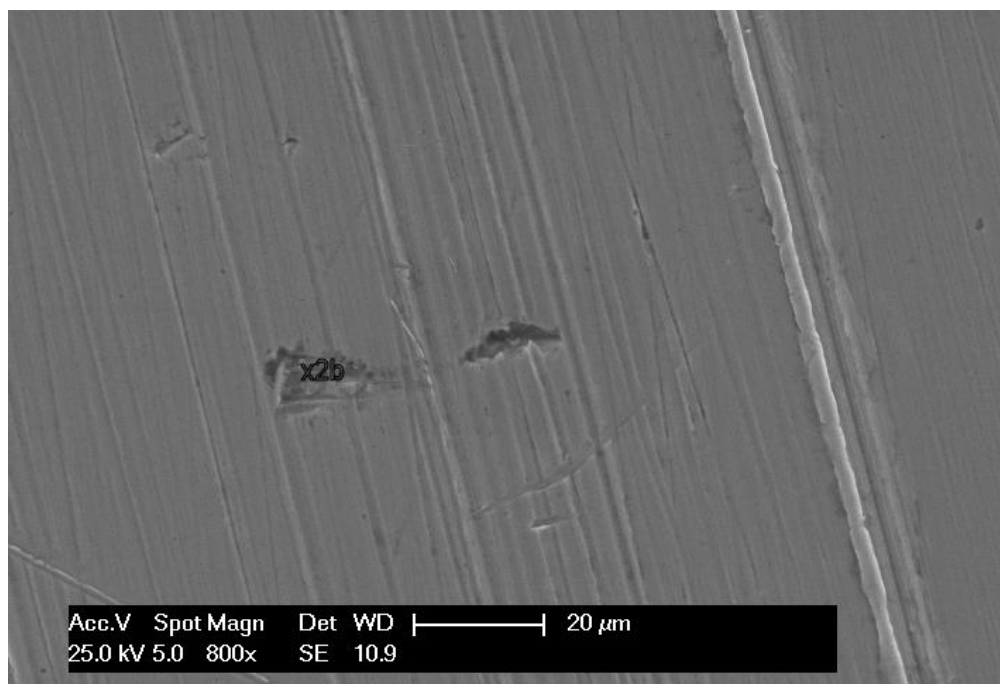
### **6.7.3 Výsledky chemické analýzy jednotlivých vzorků**

Výsledné hodnoty chemické analýzy prvků jsou uvedeny v hmotnostních (Wt) a atomových (At) procentech. Pomocí detektoru sekundárních elektronů a pomocí detektoru zpětně odražených elektronů byly zdokumentovány všechny povrchy vzorků. Rozdíly v chemickém složení materiálu zjišťujeme pomocí detektoru BSE. Tyto rozdíly se pak poznávají podle odstínu barev - lehké prvky, jako O, C, H, N, mají odstíny tmavé až černé a těžké prvky, jako kovy, mají odstíny světlé až bílé.

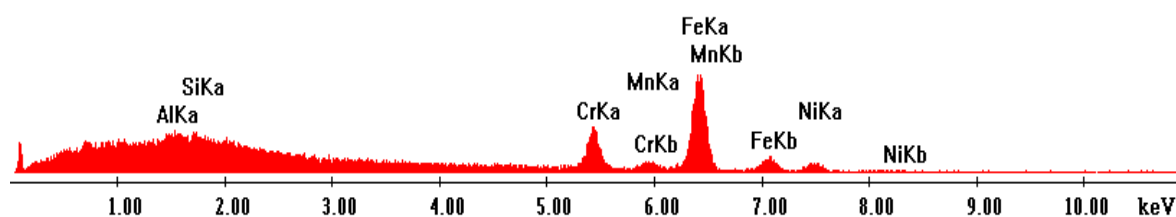
### **6.7.4 Chemické analýzy jednotlivých povrchů vzorků a fotodokumentace**

Všechny chemické rozborů a fotografie byly provedeny pomocí detektoru typu „Phillips XL 30 Series“, elektronového mikroanalýzátoru EDAX, metodou SEM - skenovací elektronová mikroskopie.

**NEREZ 0 HODIN – DNO**



*Foto č. 18 Vzorek nerez ze dna (0 hodin)*



*Graf č. 7 Chemická analýza vzorku nerez před zkouškou ze dna (0 hodin)*

<b>NEREZ 0 HODIN - DNO</b>		
Prvky z grafu č. 7	Wt [%]	At [%]
Al	7,11	12,96
Si	5,21	9,11
Cr	16,36	15,46
Mn	1,6	1,43
Fe	62,36	54,87
Ni	7,36	6,16
Celkem	100	100

*Údaje ke grafu č. 7*



# NEREZ 0 HODIN – STĚNA

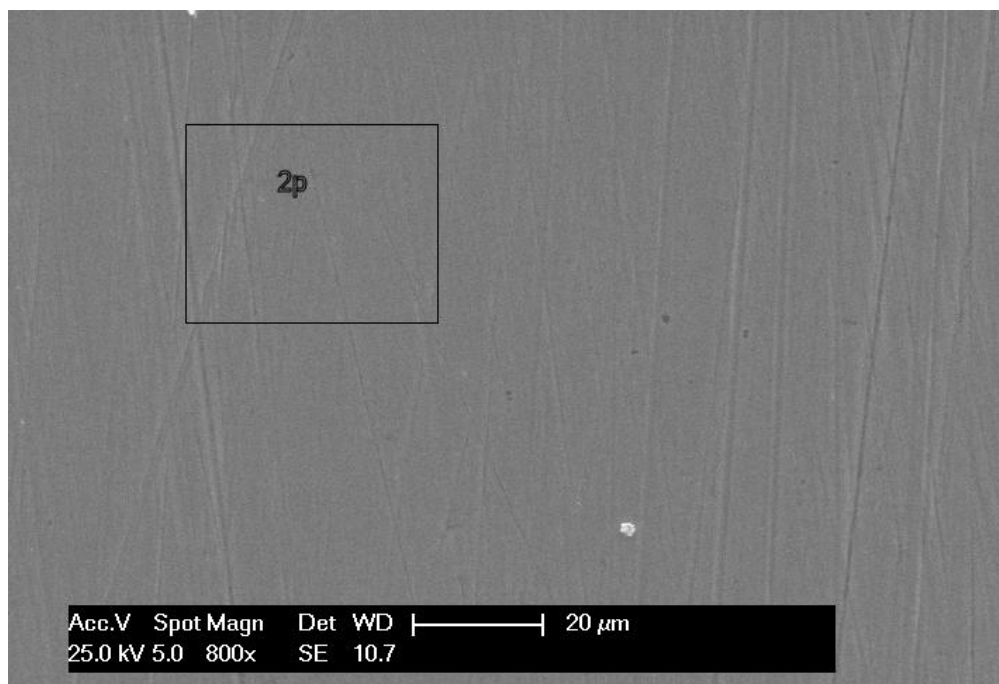
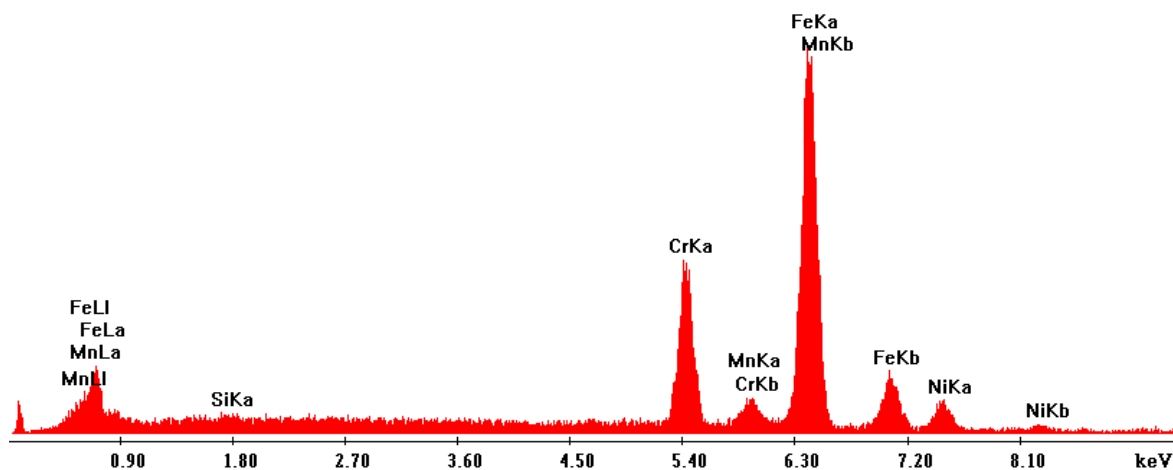


Foto č. 19 Vzorek nerez ze stěny (0 hodin)



Graf č. 8 Chemická analýza vzorku nerezů před zkouškou ze stěny (0 hodin)

NEREZ 0 HODIN - STĚNA		
Prvky z grafu č. 8	Wt [%]	At [%]
Si	1,04	2,03
Cr	18,79	19,77
Mn	1,59	1,59
Fe	70,55	69,13
Ni	8,03	7,48
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 8

# NEREZ 1 HODINA – DNO

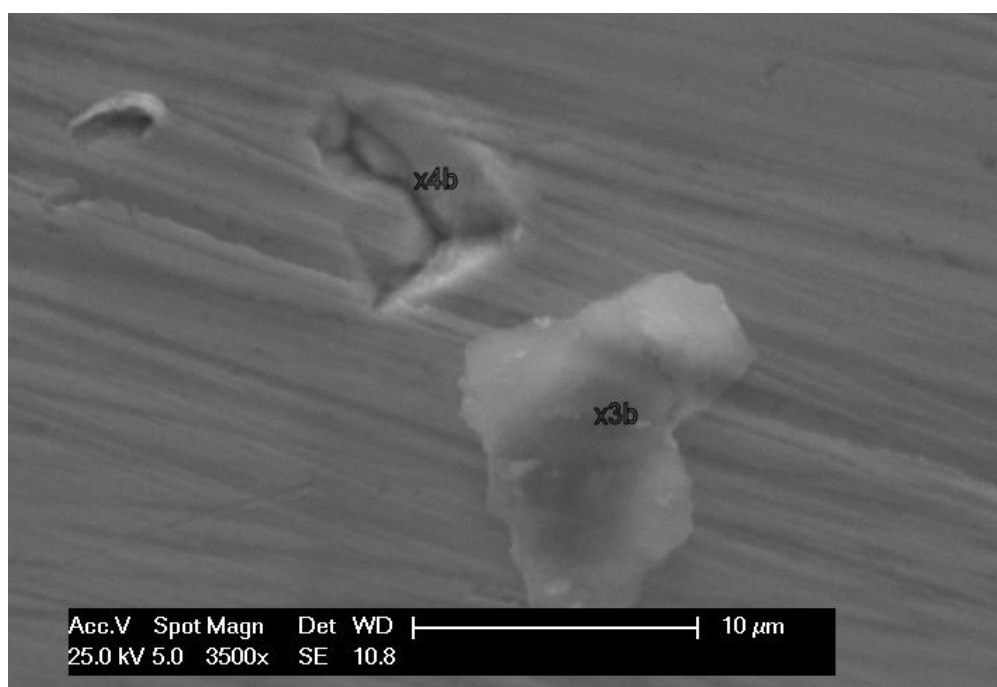
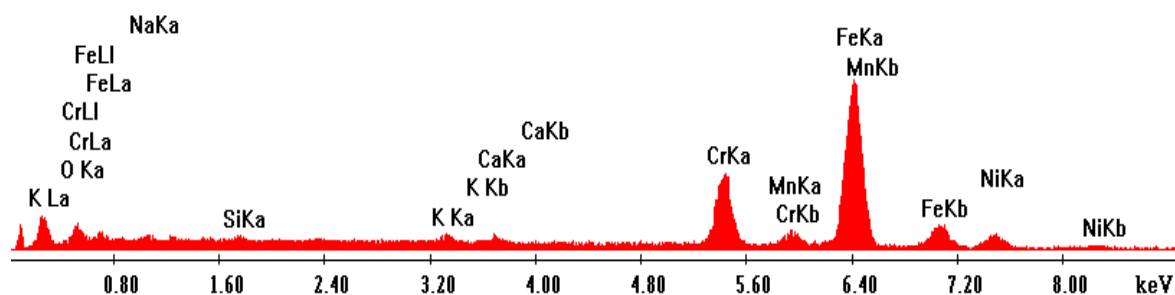
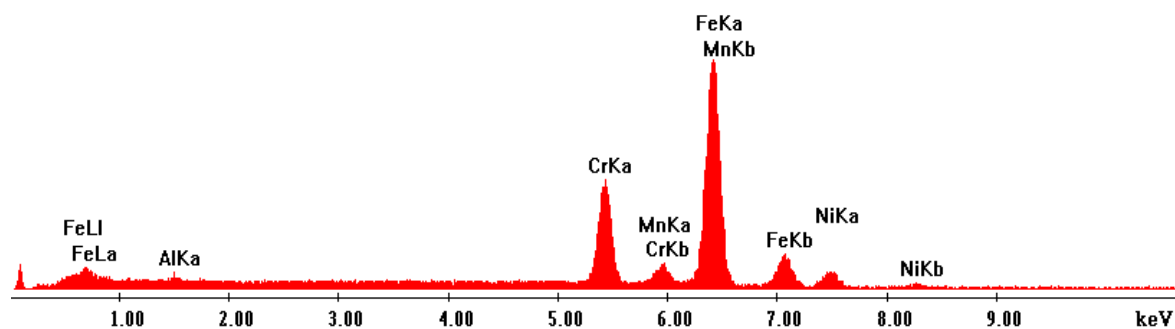


Foto č. 20 Vzorek nerez ze dna (1 hodina)



Graf č. 9 Chemická analýza nerez ze dna (1 hodina) - flek č. 3b

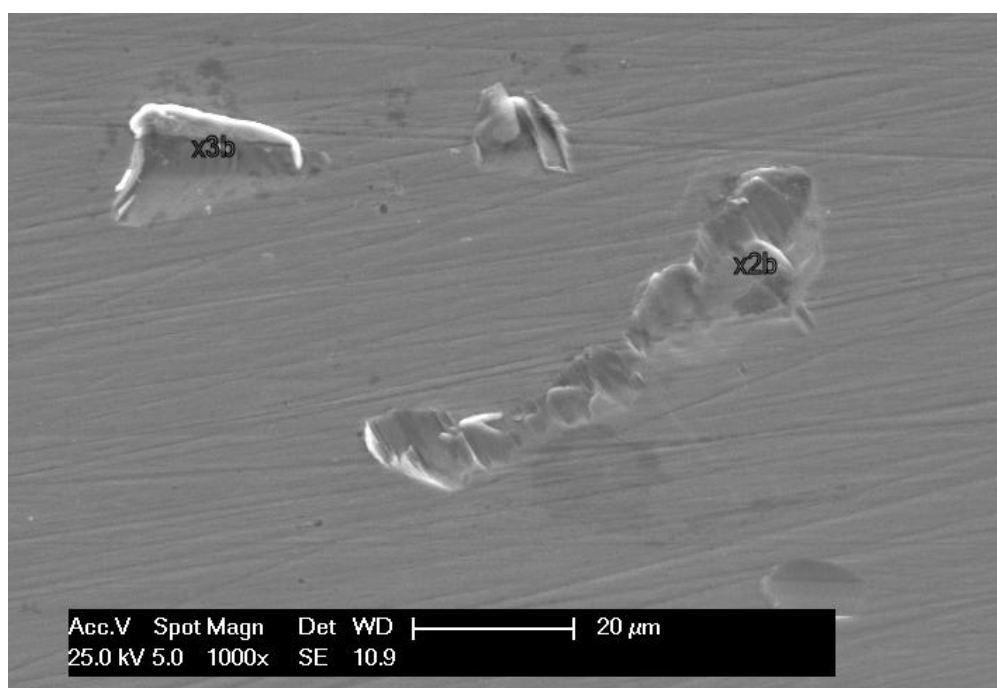


Graf č. 10 Chemická analýza nerez ze dna (1 hodina) - díra č. 4b

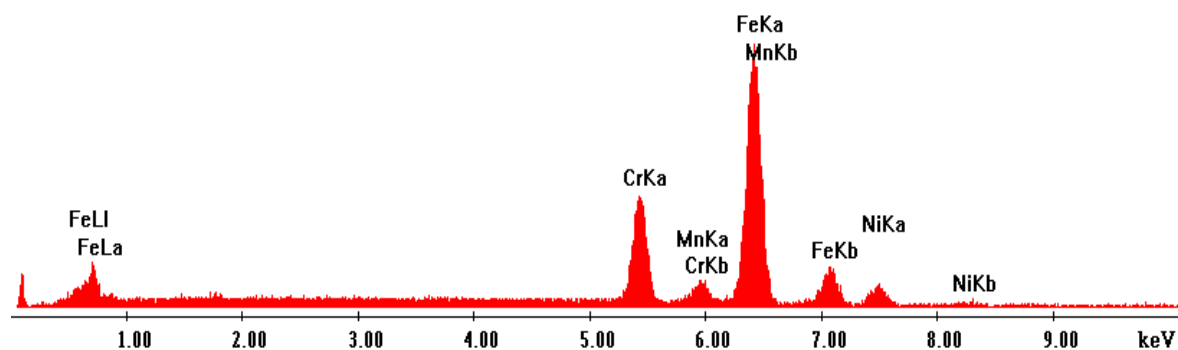
NEREZ 1 HODINA - DNO						PRŮMĚR	
Prvky z grafu č. 9	Wt [%]	At [%]	Prvky z grafu č. 10	Wt [%]	At [%]	Wt [%]	At [%]
Al	1,51	3,04	Al	0	0	0,755	1,52
O	0	0	O	5,33	15,28	2,665	7,64
Na	0	0	Na	3,73	7,45	1,865	3,725
Si	0	0	Si	1,24	2,02	0,62	1,01
K	0	0	K	1,33	1,56	0,665	0,78
Ca	0	0	Ca	1,02	1,17	0,51	0,585
Cr	19,49	20,38	Cr	16,65	14,69	18,07	17,535
Mn	1,74	1,72	Mn	1,66	1,39	1,7	1,555
Fe	70,25	68,37	Fe	61,87	50,83	66,06	59,6
Ni	7,01	6,49	Ni	7,17	5,6	7,09	6,045
Celkem	100	100	Celkem	100	100	100	100

*Údaje ke grafu č. 9 a č.10*

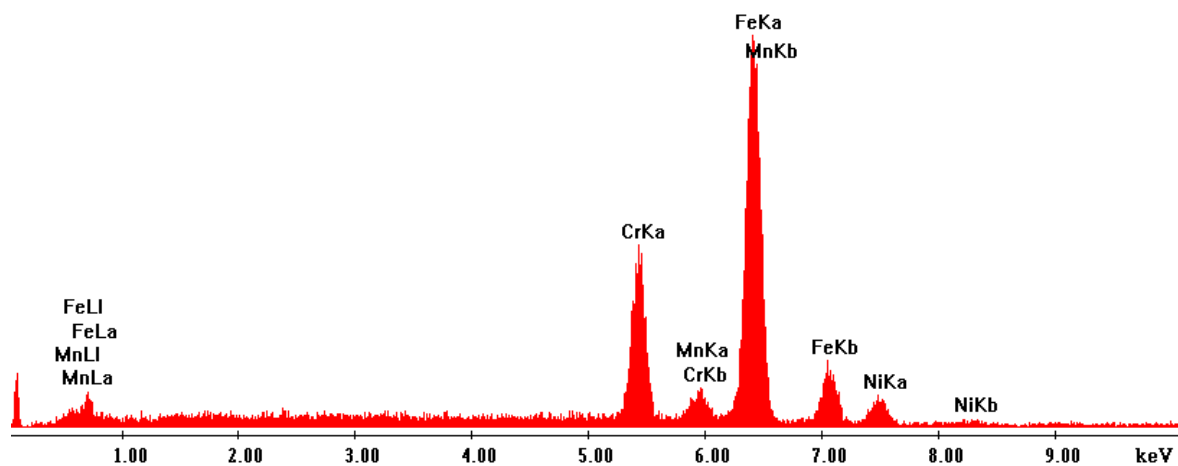
### **NEREZ 1 HODINA – STĚNA**



*Foto č. 21 Vzorek nerez ze stěny (1 hodina)*



Graf č. 11 Chemická analýza nerez ze stěny (1 hodina) - díra č. 2b



Graf č. 12 Chemická analýza nerez ze stěny (1 hodina) - díra č. 3b

NEREZ 1 HODINA - STĚNA						PRŮMĚR	
Prvky z grafu č. 11	Wt [%]	At [%]	Prvky z grafu č. 12	Wt [%]	At [%]	Wt [%]	At [%]
Cr	18,65	19,83	Cr	19,12	20,31	18,885	20,07
Mn	1,8	1,81	Mn	1,92	1,93	1,86	1,87
Fe	71,37	70,65	Fe	71,7	70,92	71,535	70,785
Ni	8,18	7,71	Ni	7,26	6,84	7,72	7,275
Celkem	100	100	Celkem	100	100	100	100

Údaje ke grafu č. 11 a č. 12

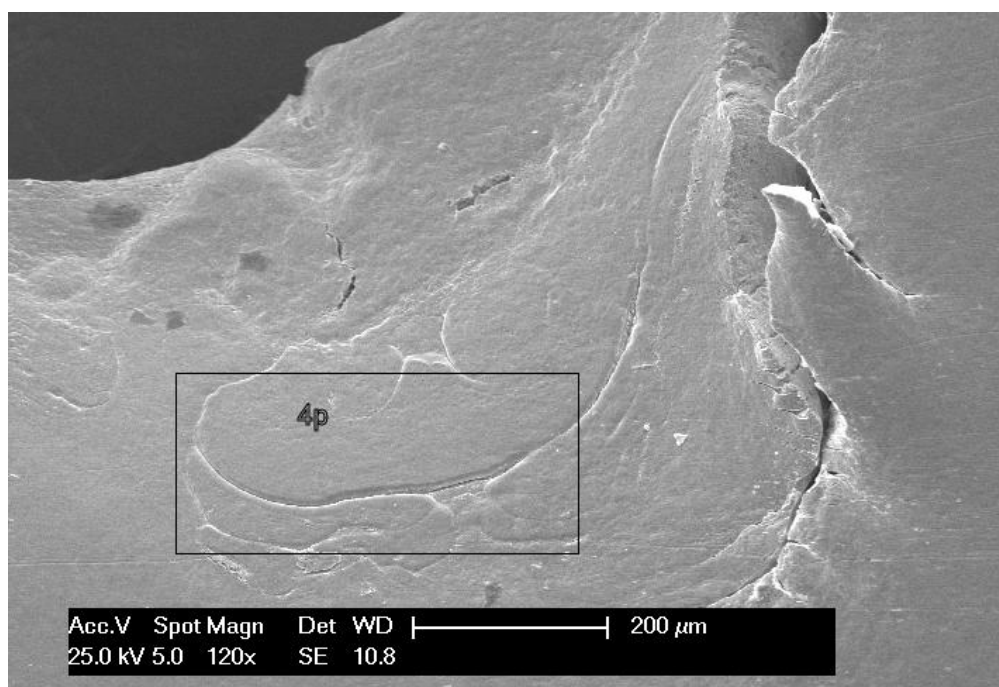
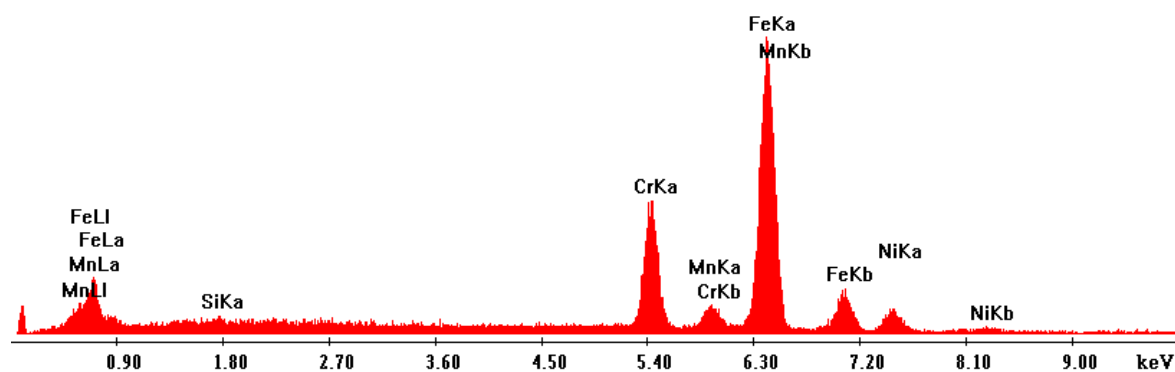


Foto č. 22 Vzorek nerez ze stěny (1 hodina) - díra po držadle

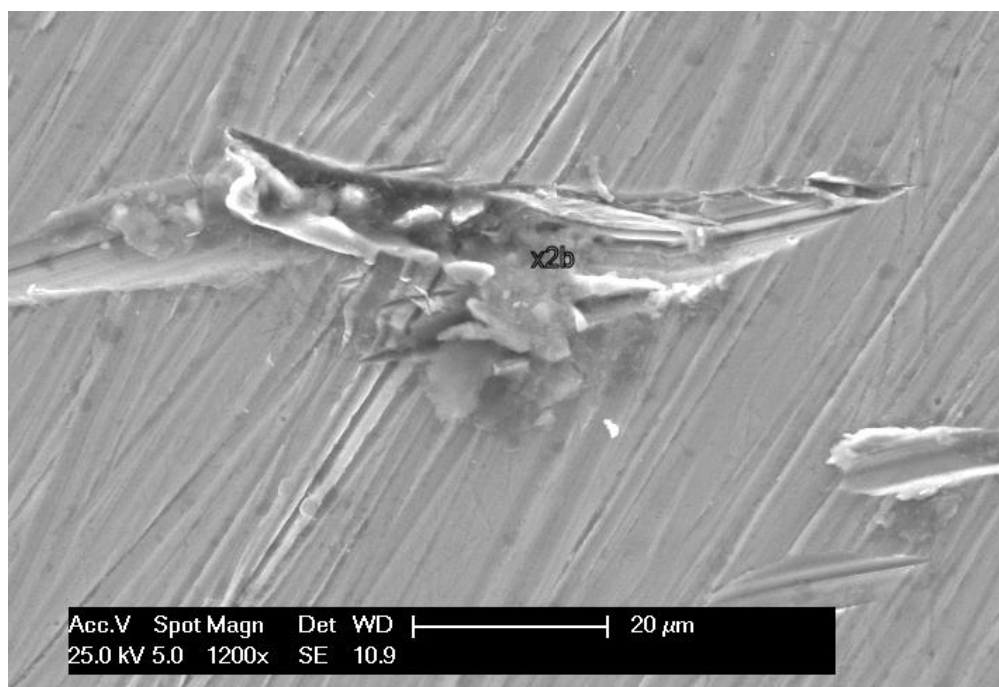


Graf č. 13 Chemická analýza nerez ze stěny (1 hodina) – díra po držadle

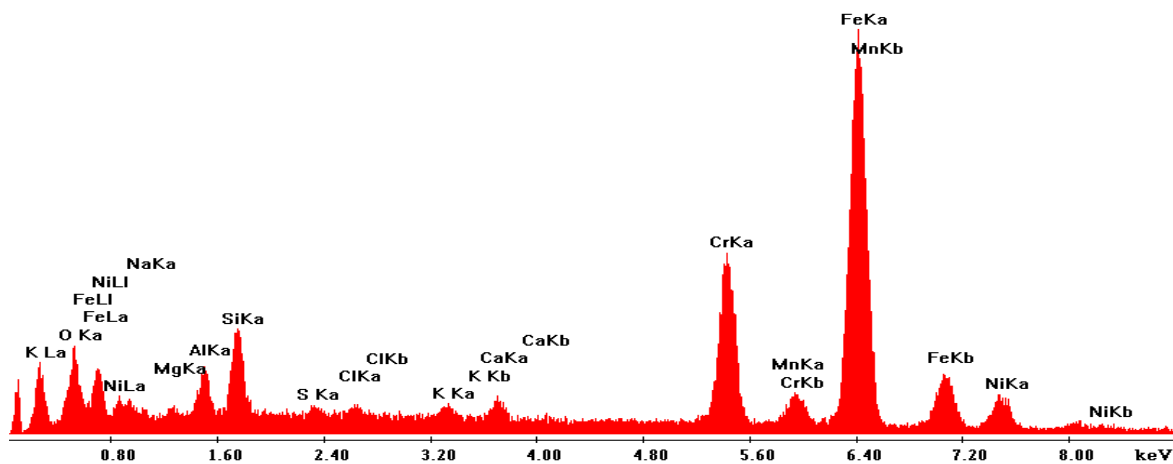
NEREZ 1 HODINA - STĚNA		
Prvky z grafu č. 13	Wt [%]	At [%]
Si	1,3	2,53
Cr	19,11	20,05
Mn	1,66	1,65
Fe	70,07	68,46
Ni	7,86	7,3
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 13

**NEREZ 5 HODIN – DNO**



*Foto č. 23 Vzorek nerez ze dna (5 hodin)*

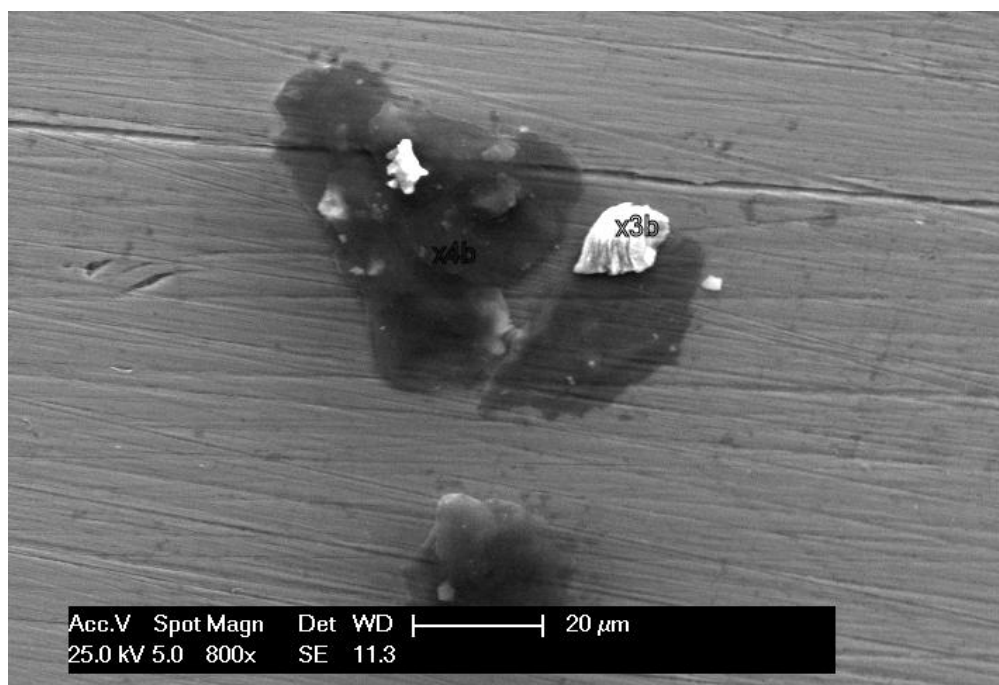


*Graf č. 14 Chemická analýza nerez ze dna (5 hodin)*

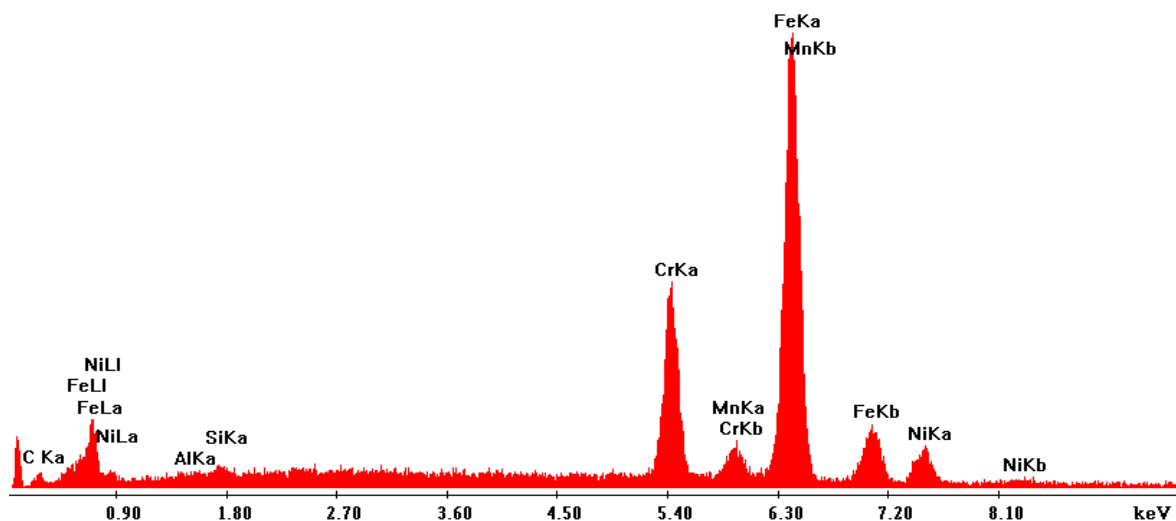
<b>NEREZ 5 HODIN - DNO</b>		
Prvky z grafu č. 14	Wt [%]	At [%]
O	11,96	28
Na	1,84	3
Mg	1,61	2,48
Al	4,85	6,74
Si	7,13	9,52
S	0,6	0,7
Ca	1,07	1
Cl	0,61	0,64
Cr	13,84	9,97
K	0,73	0,7
Mn	1	0,68
Ni	5,61	3,58
Fe	49,17	32,99
Celkem	100	100

*Údaje ke grafu č. 14*

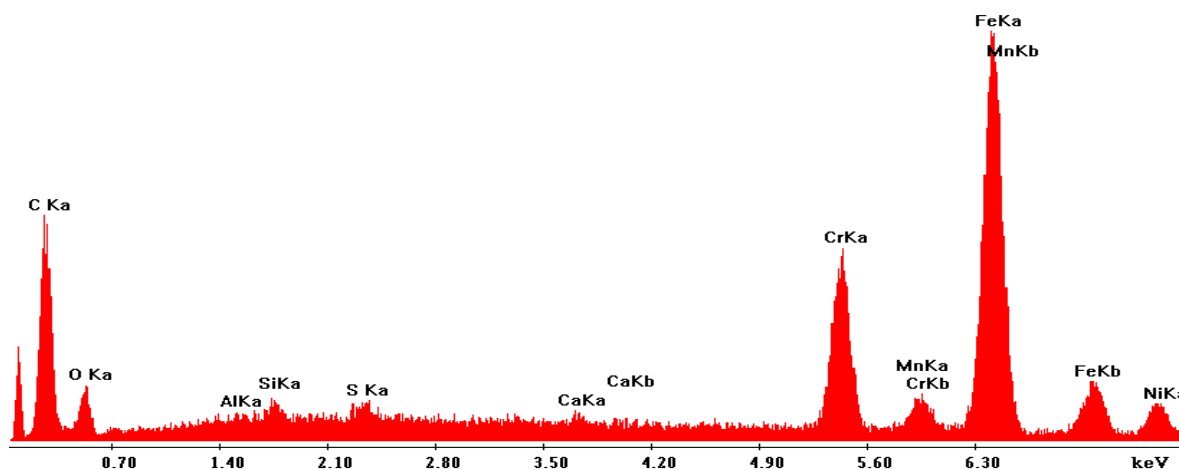
### **NEREZ 5 HODIN – STĚNA**



*Foto č. 24 Vzorek nerez ze stěny (5 hodin)*



Graf č. 15 Chemická analýza nerezů ze stěny (5 hodin) – č. 3b



Graf č. 16 Chemická analýza nerezů ze stěny (5 hodin) – č. 4b

NEREZ 5 HODIN - STĚNA						PRŮMĚR	
Prvky z grafu č. 15	Wt [%]	At [%]	Prvky z grafu č. 16	Wt [%]	At [%]	Wt [%]	At [%]
O	0	0	O	7,72	8,56	3,86	4,28
C	9,44	31,98	C	53,2	78,51	31,32	55,245
Al	0,77	1,16	Al	0,25	0,16	0,51	0,66
Si	1,1	1,59	Si	0,59	0,37	0,845	0,98
S	0	0	S	0,46	0,25	0,23	0,125
Ca	0	0	Ca	0,21	0,09	0,105	0,045
Cr	16,51	12,92	Cr	7,38	2,52	11,945	7,72
Mn	1,35	1	Mn	0,7	0,22	1,025	0,61
Ni	8,01	5,55	Ni	3,07	0,93	5,54	3,24
Fe	62,82	45,79	Fe	26,42	8,39	44,62	27,09
Celkem	100	100	Celkem	100	100	100	100

Údaje ke grafu č. 15 a č. 16



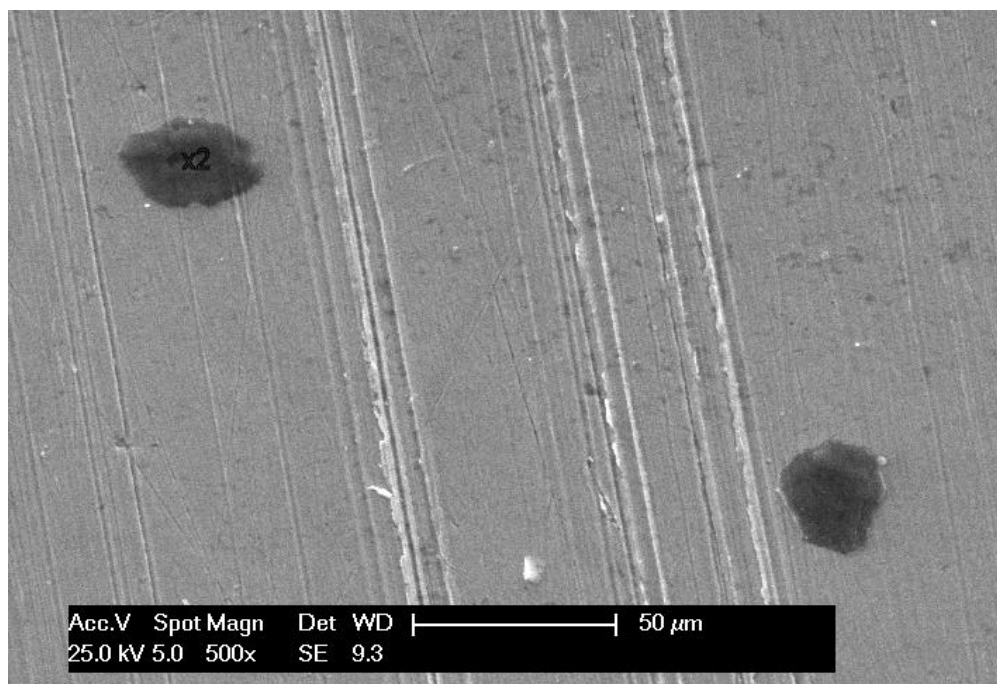
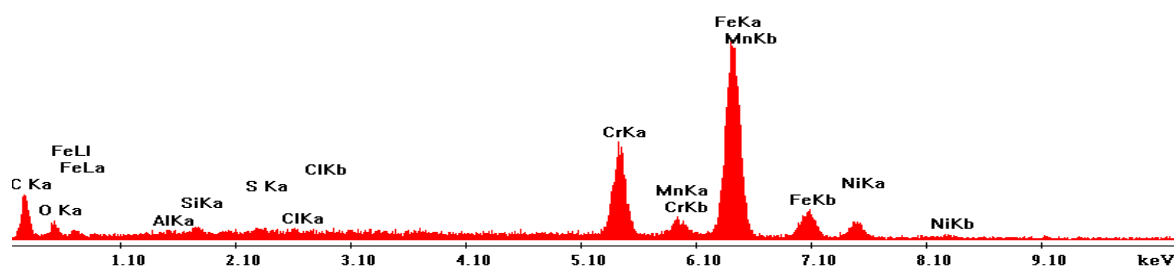
**NEREZ 30 HODIN – DNO**

Foto č. 25 Vzorek nerez ze dna (30 hodin)



Graf č. 17 Chemická analýza nerez ze dna (30 hodin)

<b>NEREZ 30 HODIN - DNO</b>		
Prvky z grafu č. 17	Wt [%]	At [%]
C	35,61	68,35
O	4,14	5,96
Al	0,19	0,16
Si	0,65	0,53
S	0,46	0,33
Cl	0,3	0,19
Cr	11,4	5,06
Mn	1,1	0,46
Ni	4,82	1,89
Fe	41,33	17,06
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 17

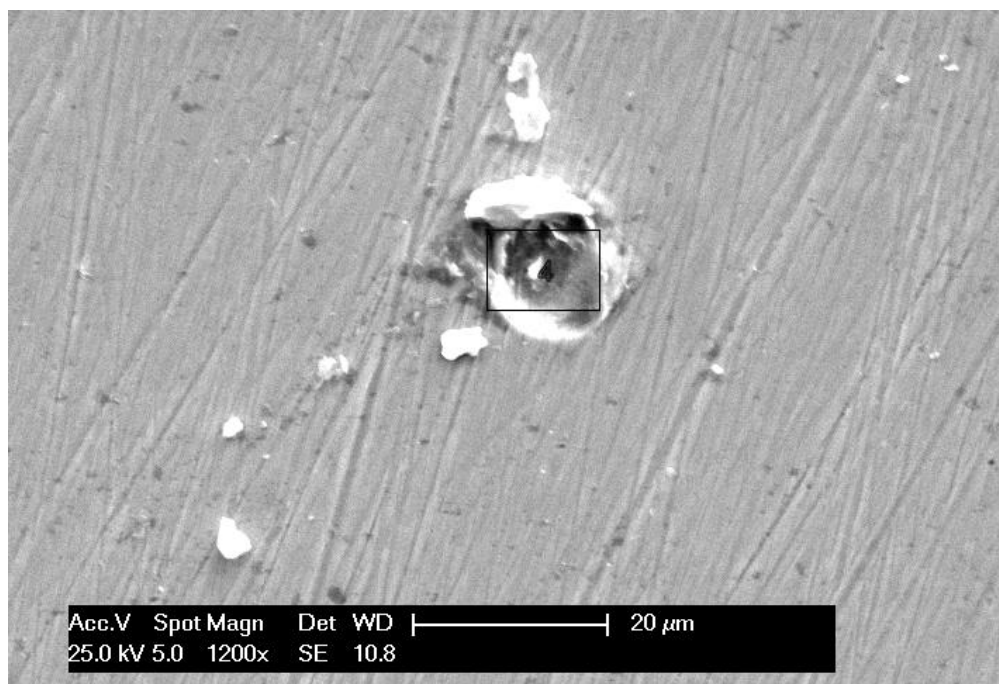
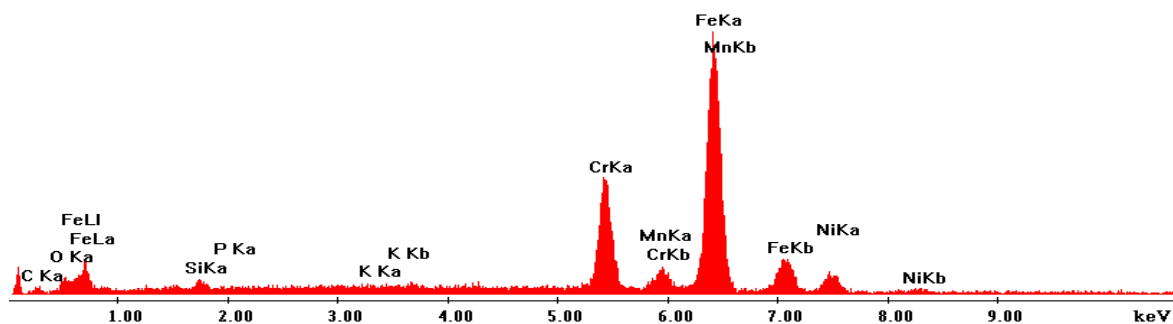
**NEREZ 30 HODIN – STĚNA**

Foto č. 26 Vzorek nerez ze stěny (30 hodin)



Graf č. 18 Chemická analýza nerez ze stěny (30 hodin)

<b>NEREZ 30 HODIN - STĚNA</b>		
Prvky z grafu č. 18	Wt [%]	At [%]
C	8,94	28,37
O	4,47	10,65
P	0,3	0,37
Si	1,45	1,97
K	0,43	0,42
Cr	16,42	12,04
Mn	1,84	1,28
Ni	6,82	4,43
Fe	59,33	40,49
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 18

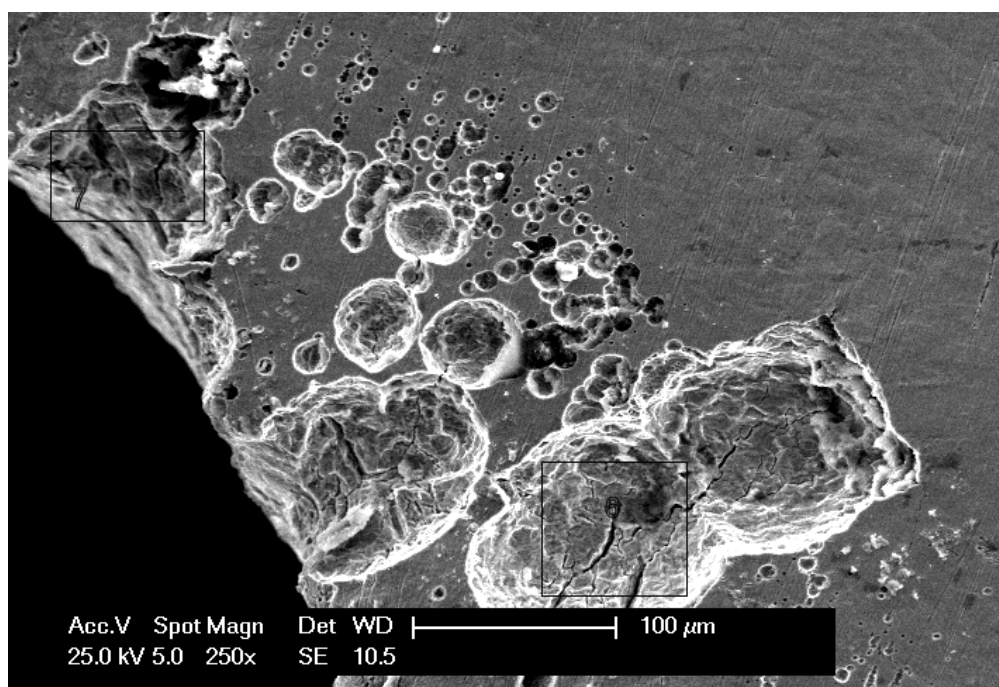
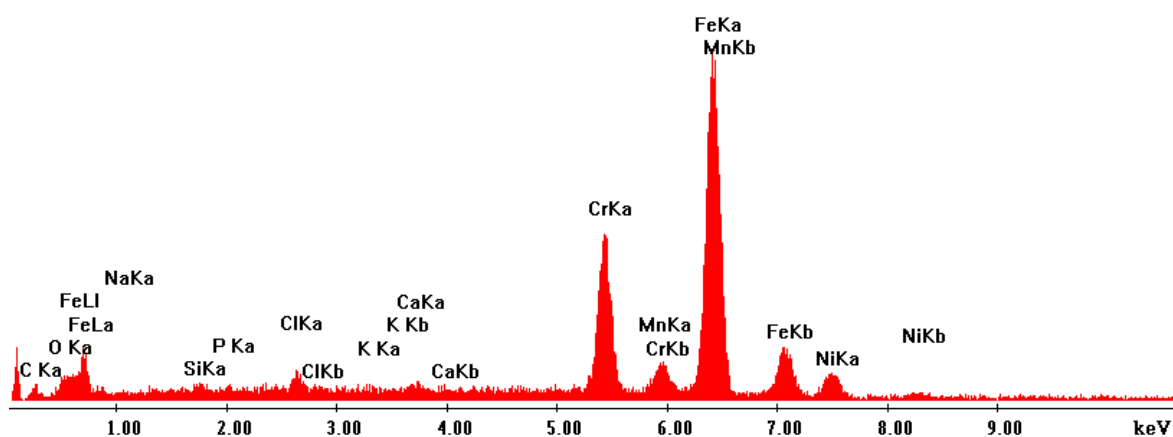
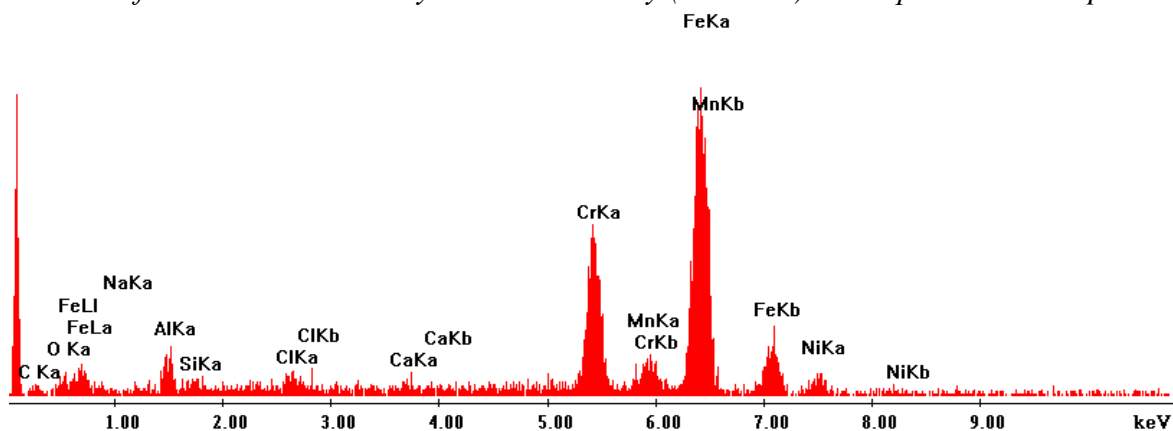


Foto č. 27 vzorek nerez ze stěny (30 hodin) – díra po držadle



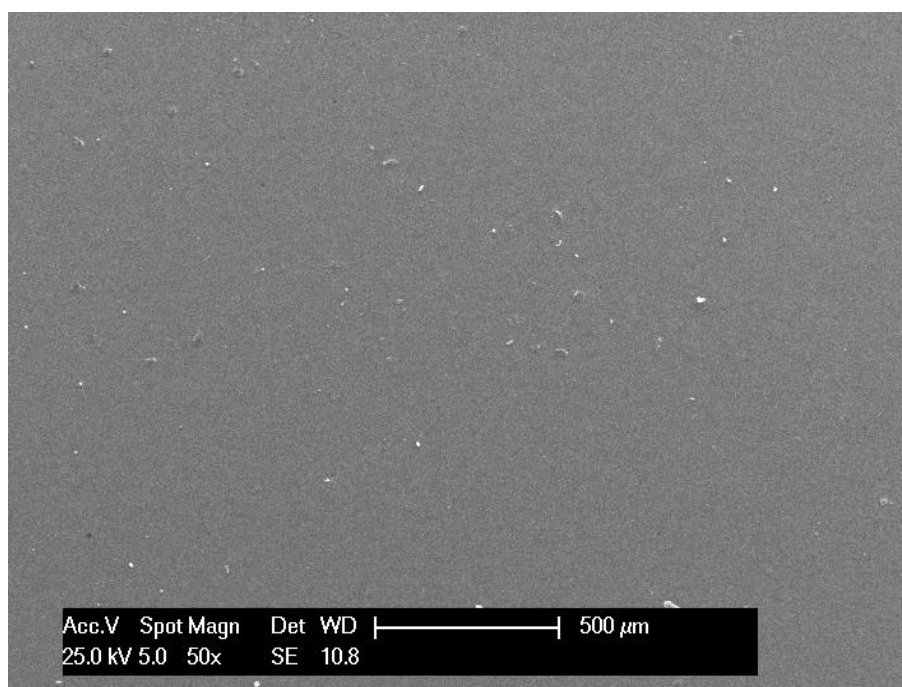
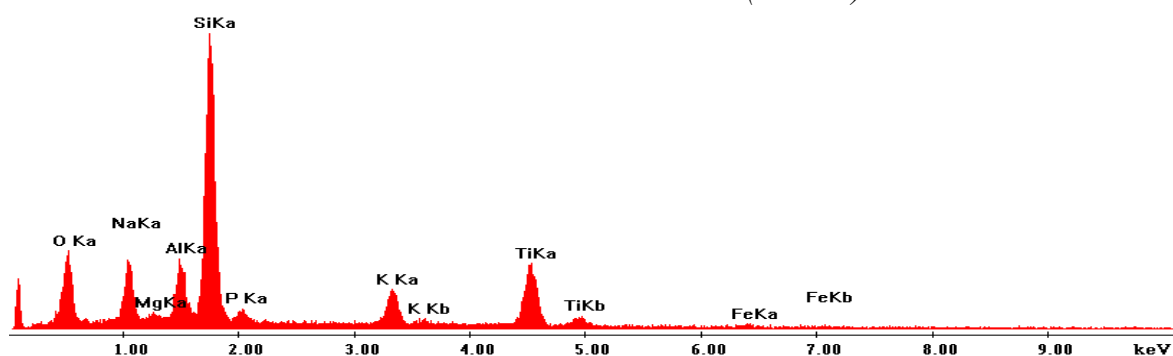
Graf č. 19 Chemická analýza nerez ze stěny (30 hodin) – díra po držadle č. 6p



Graf č. 20 Chemická analýza nerez ze stěny (30 hodin) – díra po držadle č. 7p

NEREZ 30 HODIN – STĚNA						PRŮMĚR	
Prvky z grafu č. 19	Wt [%]	At [%]	Prvky z grafu č.20	Wt [%]	At [%]	Wt [%]	At [%]
O	5,32	11,65	O	4,53	9,82	4,925	10,735
Na	1,46	2,23	Na	1,28	1,92	1,37	2,075
C	11,17	32,57	C	10,43	30,09	10,8	31,33
Al	0	0	Al	5,67	7,28	2,835	3,64
Si	1,05	1,31	Si	1,69	2,09	1,37	1,7
P	0,64	0,73	P	0	0	0,32	0,365
Ca	0,48	0,42	Ca	0,96	0,83	0,72	0,625
Cl	1,04	1,03	Cl	1,61	1,58	1,325	1,305
Cr	16,26	10,95	Cr	16,18	10,78	16,22	10,865
K	0,22	0,19	K	0	0	0,11	0,095
Mn	1,61	1,02	Mn	1,75	1,11	1,68	1,065
Ni	6,15	3,67	Ni	4,72	2,78	5,435	3,225
Fe	54,6	34,24	Fe	51,17	31,73	52,885	32,985
Celkem	100	100	Celkem	100	100	100	100

*Údaje ke grafu č. 19 a č. 20*

**SMALT 0 HODIN – DNO***Foto č. 28 Vzorek smaltu ze dna (0 hodin)**Graf č. 21 Chemická analýza smaltu ze dna (0 hodin)*

<b>SMALT 0 HODIN - DNO</b>		
Prvky z grafu č. 21	Wt [%]	At [%]
O	38,98	53,85
Na	10,72	10,31
Mg	0,84	0,76
Al	6,26	5,13
Si	28,55	22,47
P	1,47	1,05
K	3,7	2,09
Ti	8,92	4,11
Fe	0,56	0,22
Celkem	100	100

*Údaje ke grafu č. 21*

# SMALT 0 HODIN – STĚNA

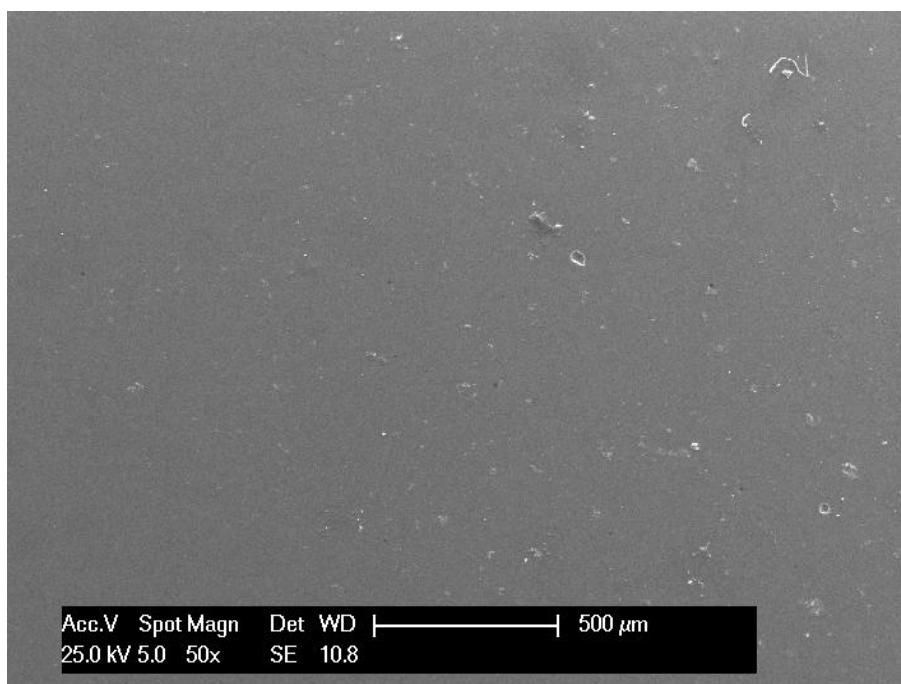
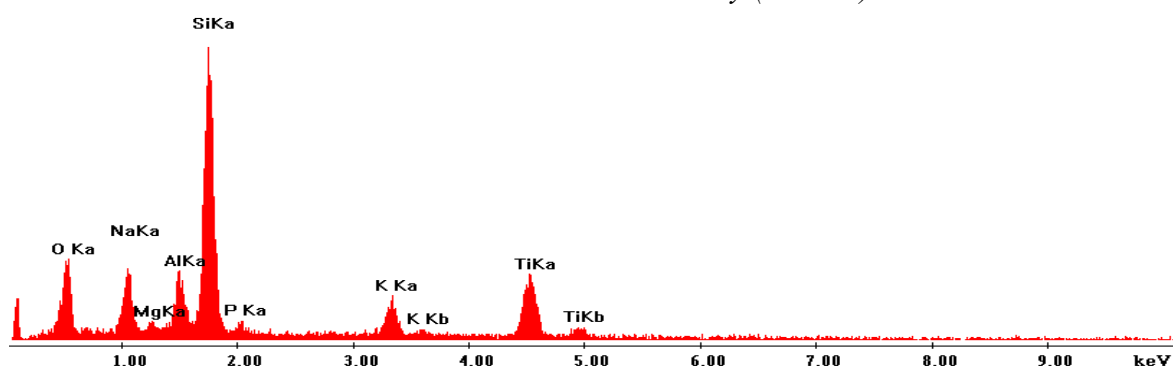


Foto č. 29 Vzorek smaltu ze stěny (0 hodin)



Graf č. 22 Chemická analýza smaltu ze stěny (0 hodin)

SMALT 0 HODIN - STĚNA		
Prvky z grafu č. 22	Wt [%]	At [%]
O	40,29	55,05
Na	10,83	10,3
Mg	0,99	0,89
Al	6,12	4,96
Si	28,1	21,88
P	1,23	0,87
K	3,64	2,04
Ti	8,79	4,01
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 22



# 1 HODINA – DNO

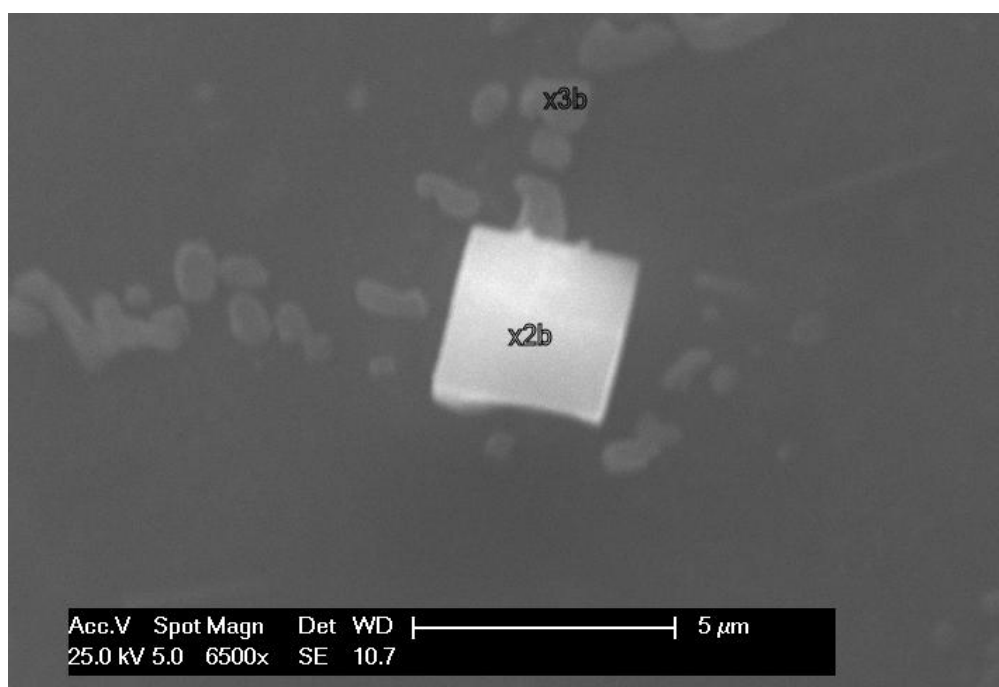
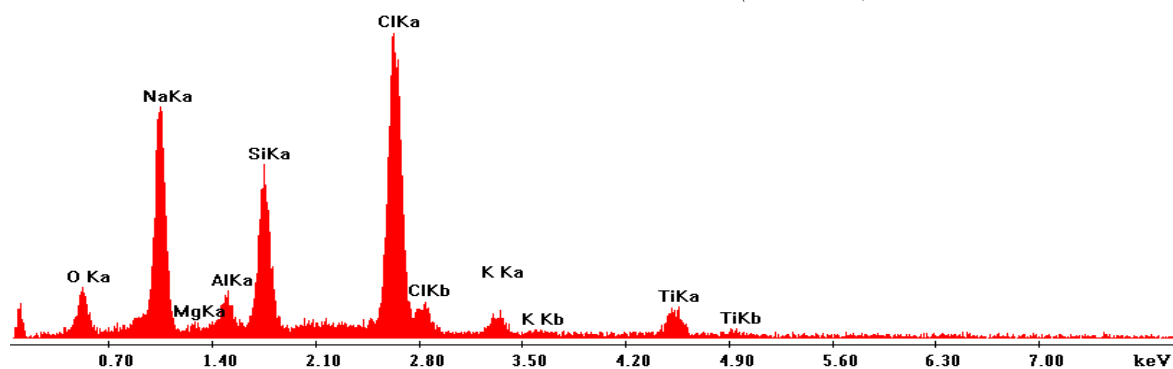
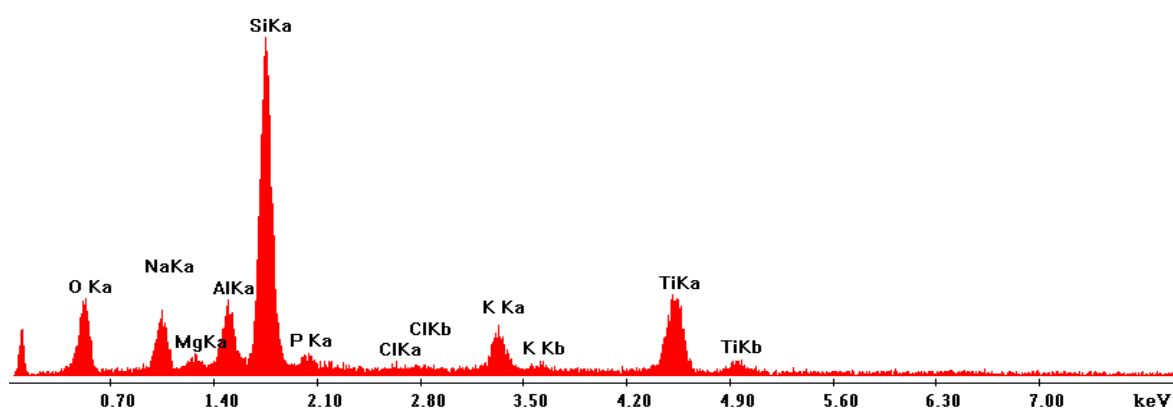


Foto č. 30 Vzorek smaltu ze dna (1 hodina)



Graf č. 23 Chemická analýza smaltu ze dna (1 hodina) – krystal č. 2b

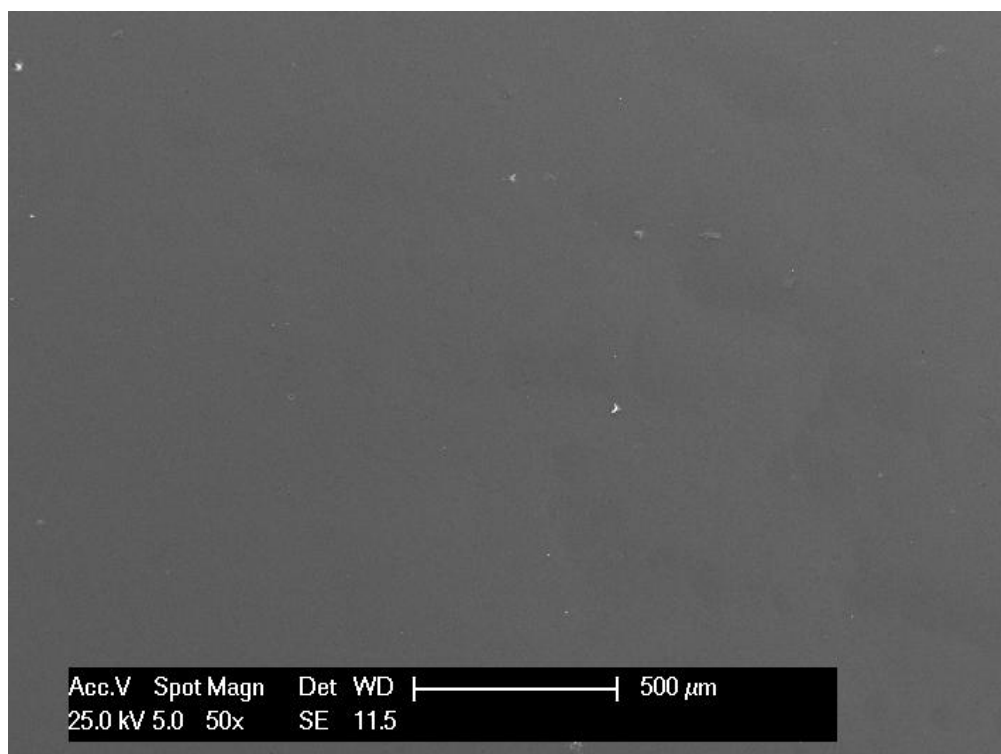


Graf č. 24 Chemická analýza smaltu ze dna (1 hodina) – č. 3b

SMALT 1 HODINA - DNO						PRŮMĚR	
Prvky z grafu č. 23	Wt [%]	At [%]	Prvky z grafu č. 24	Wt [%]	At [%]	Wt [%]	At [%]
O	21,64	32,9	O	38,58	53,81	30,11	43,355
Na	28,18	29,82	Na	9,15	8,88	18,67	19,35
Mg	0,77	0,77	Mg	1,09	1	0,93	0,885
Al	3,7	3,34	Al	5,72	4,73	4,71	4,035
Si	14,13	12,24	Si	29,35	23,32	21,74	17,78
Cl	26,07	17,89	Cl	0,23	0,15	13,15	9,02
K	2,05	1,27	K	3,86	2,2	2,955	1,735
Ti	3,46	1,76	Ti	10,8	5,03	7,13	3,395
P	0	0	P	1,21	0,87	0,605	0,435
Celkem	100	100	Celkem	100	100	100	100

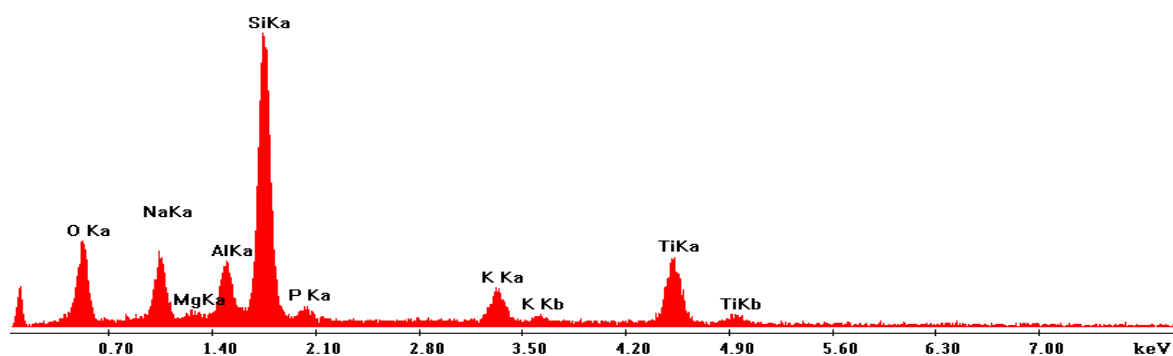
*Údaje ke grafu č. 23 a č. 24*

### **SMALT 1 HODINA – STĚNA**



*Foto č. 31 Vzorek smaltu ze stěny (1 hodina)*





Graf č. 25 Chemická analýza smaltu ze stěny (1 hodina)

SMALT 1 HODINA - STĚNA		
Prvky z grafu č. 25	Wt [%]	At [%]
O	40,71	55,47
Na	10,96	10,39
Mg	0,8	0,72
Al	6	4,85
Si	28,14	21,84
P	1,21	0,85
K	3,31	1,84
Ti	8,87	4,04
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 25

### SMALT 5 HODIN – DNO

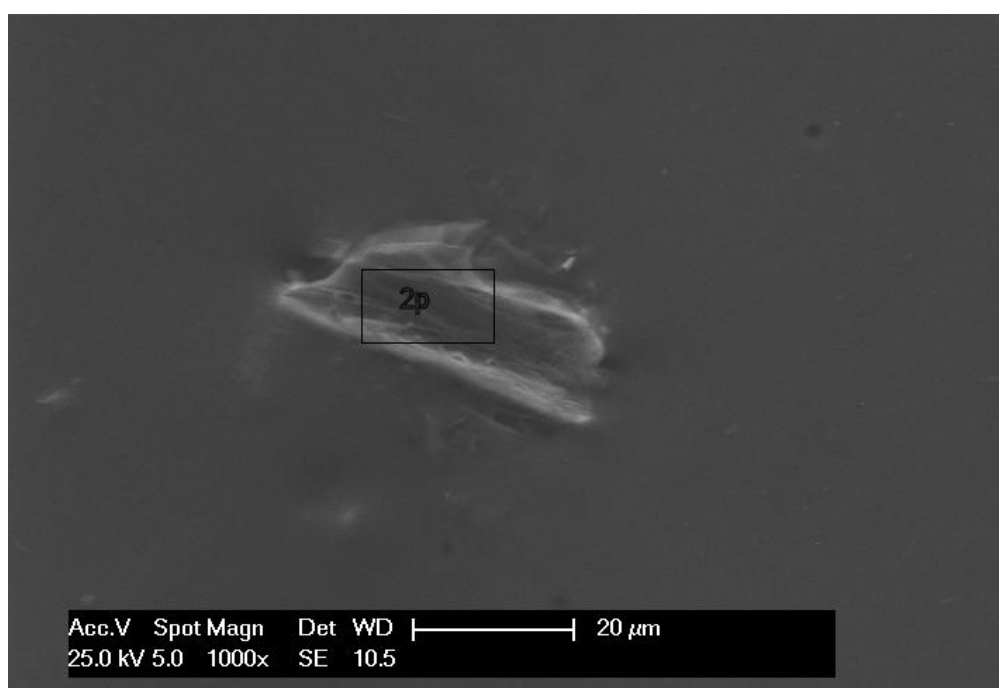
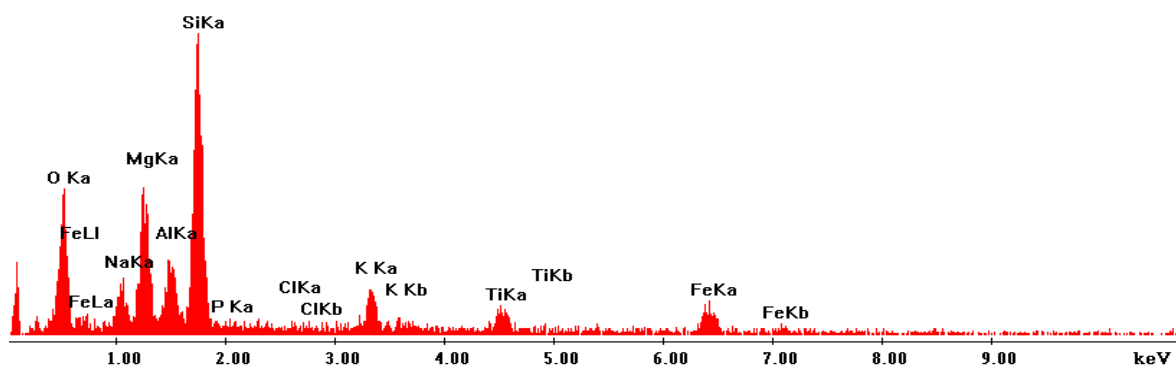


Foto č. 32 Vzorek smaltu ze dna (5 hodin)



Graf č. 26 Chemická analýza smaltu ze dna (5 hodin)

SMALT 5 HODIN - DNO		
Prvky z grafu č. 26	Wt [%]	At [%]
O	39,48	53,63
Na	6,2	5,86
Mg	13,2	11,8
Al	6,55	5,27
Si	24,01	18,58
P	0,35	0,25
K	2,84	1,58
Ti	2,54	1,15
Fe	4,83	1,88
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 26

### SMALT 5 HODIN – STĚNA

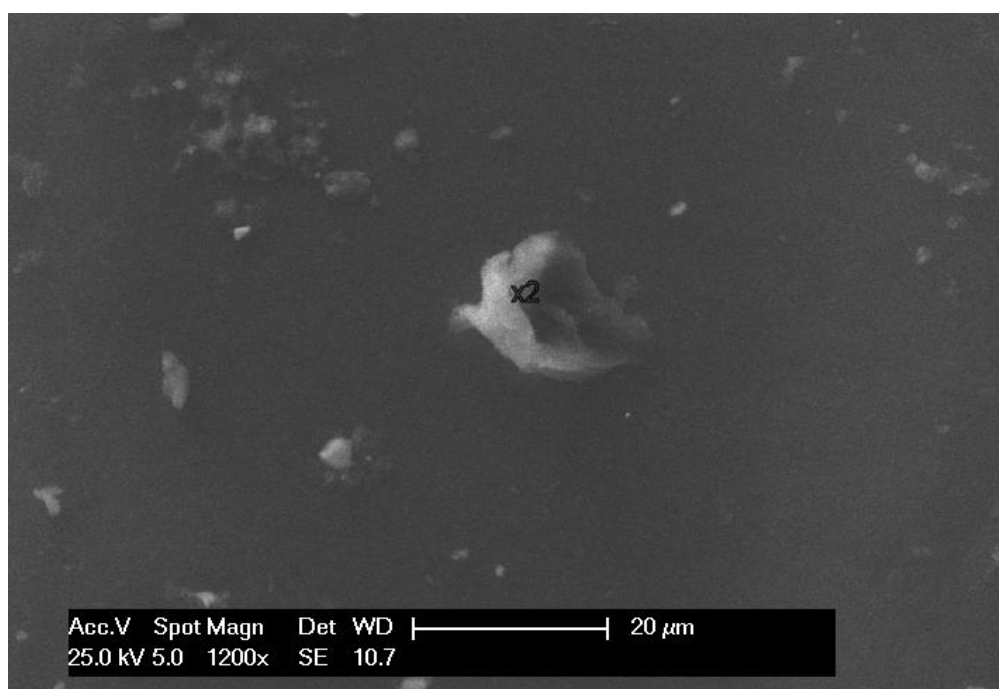
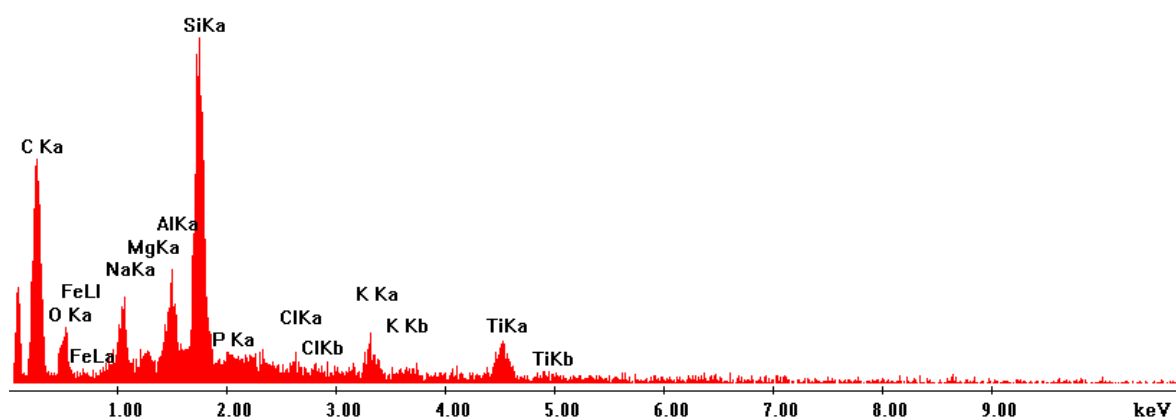


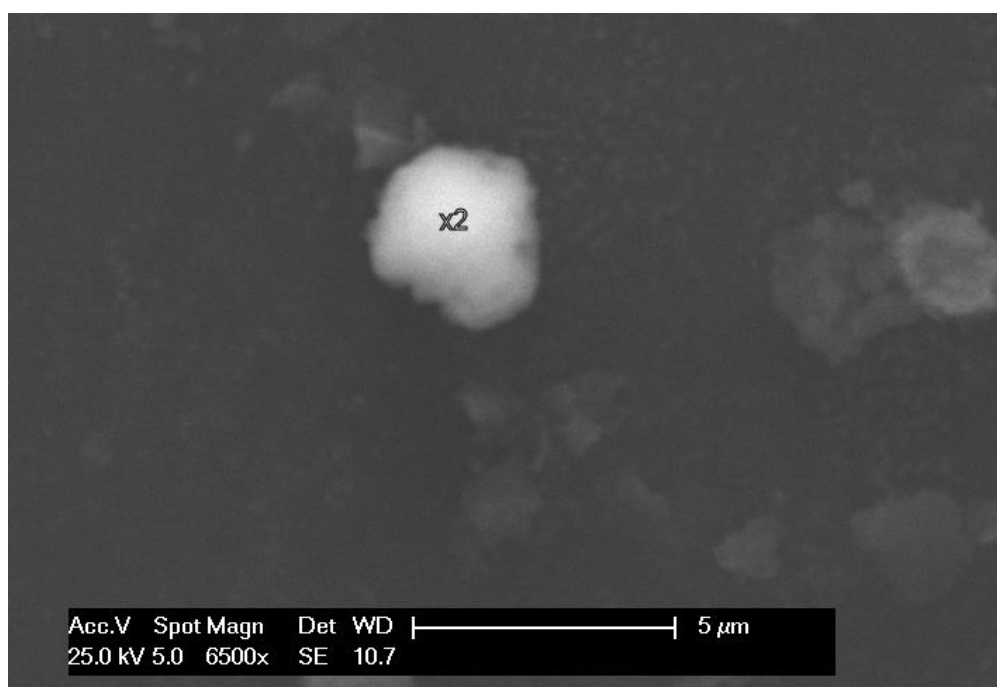
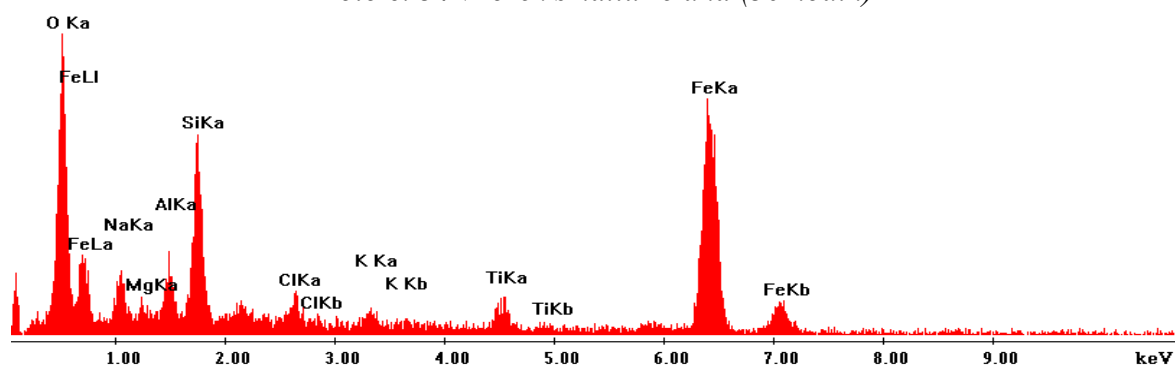
Foto č. 33 Vzorek smaltu ze stěny (5 hodin)



Graf č. 27 Chemická analýza smaltu ze stěny (5 hodin)

SMALT 5 HODIN - STĚNA		
Prvky z grafu č. 27	Wt [%]	At [%]
C	70	81
O	12,03	10,45
Na	3,13	1,9
Mg	0,45	0,26
Al	2,25	1,16
Si	8,26	4,09
Cl	0,12	0,05
P	0,22	0,1
K	0,66	0,24
Ti	1,4	0,4
Fe	1,48	0,37
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 27

**SMALT 30 HODIN – DNO***Foto č. 34 Vzorek smaltu ze dna (30 hodin)**Graf č. 28 Chemická analýza smaltu ze dna (30 hodin)*

<b>SMALT 30 HODIN - DNO</b>		
Prvky z grafu č. 28	Wt [%]	At [%]
O	45,46	59,92
Na	8,08	7,41
Mg	2,86	2,48
Al	8,53	6,67
Si	24,67	18,53
P	1,14	0,78
K	2,43	1,31
Ti	5,32	2,34
Fe	1,5	0,57
Celkem	100	100

*Údaje ke grafu č. 28*

# SMALT 30 HODIN – STĚNA

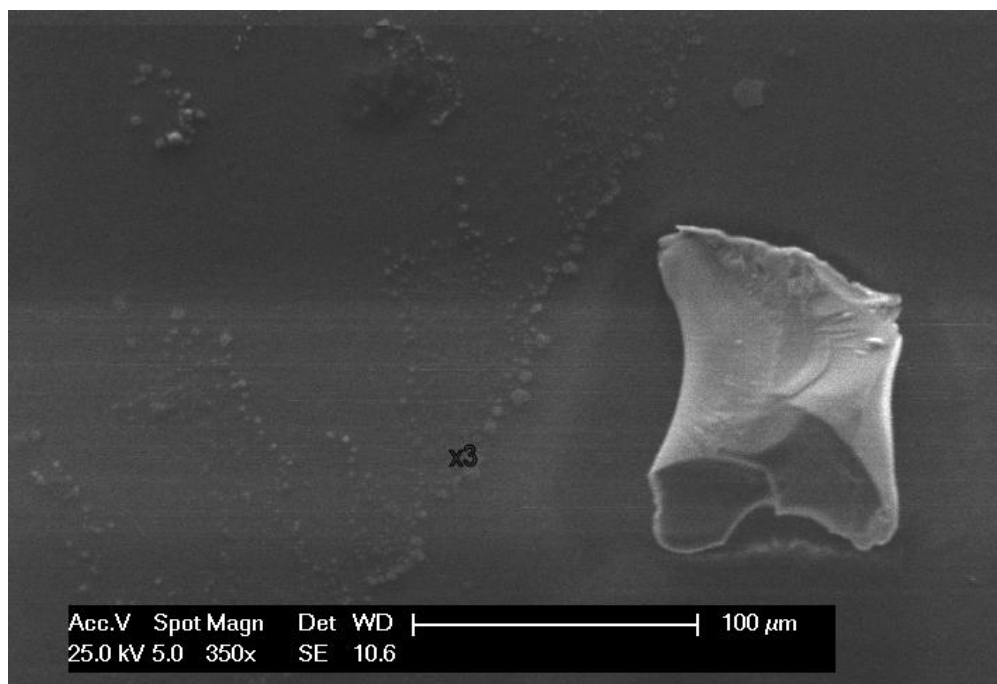
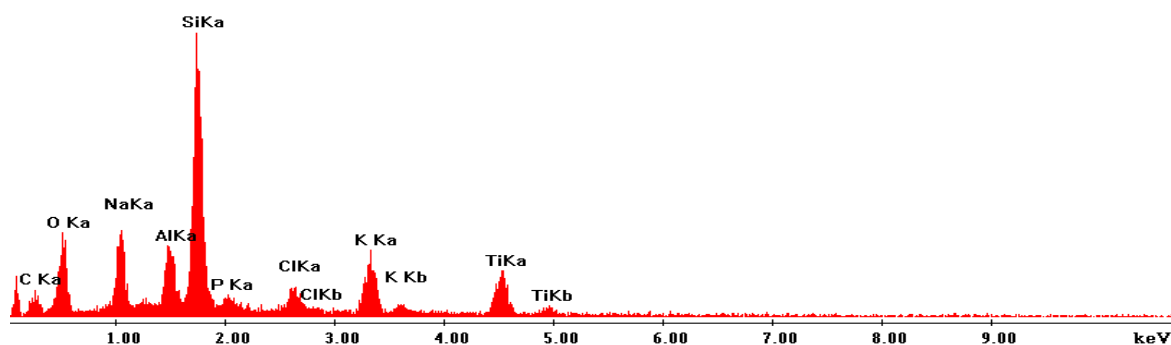


Foto č. 35 Vzorek smaltu ze stěny (30 hodin)



Graf č. 29 Chemická analýza smaltu ze stěny (30 hodin)

SMALT 30 HODIN - STĚNA		
Prvky z grafu č. 29	Wt [%]	At [%]
C	24,08	35,92
O	33,79	37,85
Na	9,64	7,52
Al	4,56	3,03
Si	17,05	10,88
Cl	1,68	0,85
P	0,88	0,51
K	4,02	1,84
Ti	4,29	1,61
Celkem	100	100

Údaje ke grafu č. 29

## **6.8 Srovnání výsledků z chemické analýzy tohoto experimentu s experimentem bakalářské práce z roku 2008**

### **6.8.1 Chemická analýza experimentu bakalářské práce 2008**

Na 16 vzorcích byl proveden chemický rozbor z míst, kde bylo zřejmé narušení materiálu nebo porušení povrchu smaltového povlaku. Porovnávaly se povrchy ze smaltu a nerezů zvlášť, před a po experimentu a z každého časového intervalu – po 1, 5 a 30 hodinách.

Při chemické analýze se u nerezových vzorků před zkouškou objevily tyto prvky: Cr, Fe, Mn, Ni, Cu a Si. U vzorků z korozivzdorné oceli s mírnou korozí po 1 hodině vaření se objevily oxidy a soli těchto prvků: C, Si, Cr, Ni, K, Mn, O. U vzorků po 5 hodinách vaření byla viditelná výraznější koroze a opět se objevily oxidy a soli prvků jako je: Fe, Mn, Cr, Si, K, O. Po 30 hodinách vaření byla na vzorcích výrazná koroze, vzorky byly popraskané, jako by praskaly po hranicích zrn. Objevily se oxidy a soli jako u dvou předchozích vzorků, navíc i vápenaté soli. Nejvíce se vyloučily oxidy chromu a železa. Jelikož byl povrch materiálu ochuzen o chrom, (přešel do výluhu), došlo k narušení materiálu popraskáním. Podle chemické analýzy se jednalo o feritickou ocel s obsahem 12 % - 22 % Cr.

Vzorky ze smaltových povrchů měly pouze póry a nerovnosti. U všech došlo po vaření k nepatrným výluhům, objevily se oxidy a soli prvků jako jsou: Ti, Na, Al, K, O, P, Si, Mg. Jen mírně zvýšené koncentrace byly u Ti, Al a vyšší koncentrace byly u Si. Žádný ze vzorků nevykazoval škodlivý Cr ani Ni.

### **6.8.2 Chemická analýza experimentu letošní diplomové práce**

Z celkem 17 vzorků byla provedena chemická analýza. Vždy se porovnávaly nerezové a smaltové vzorky před experimentem a po zkoušce, z každého časového intervalu zvlášť. Z každého nádoby byly 2 nebo i 3 vzorky - ze dna, ze stěny a navíc ze svařovaného místa úchyty po rukojeti (jen u nerezového nádoby).

Při chemické analýze u nerezových vzorků se před zkouškou objevily tyto prvky: více byly zastoupeny Fe, Cr, Ni a Al, méně pak Mn a Si. Po 1 hodině vaření se objevily

oxidy nebo soli různých chemických prvků, nejvíce byly zastoupeny prvky Fe, Cr, Ni, méně pak obsahovaly Al, Mn, Ca, K, Si, Na, a O. Po 5 hodinách vaření obsahovaly vzorky nejvíce Fe, Cr, C a Ni, méně Al, Mn, K, Cl, Ca, S, Si, Mg, Na a O. Po 30 hodinách vaření se nejvíce vyloučilo Fe, C, Cr, Ni a méně prvky O, Mn, Cl, S, Si, Al. Podle toho je zřejmé, že nejvýrazněji došlo k vyluhování oxidů a solí Cr, Ni, Fe a C. Vyluhováním Cr dochází k ochuzení povrchu, a tím k narušování materiálu korozí. Nejhorší je, že se tyto prvky dostávají do výluhů a následně pak do lidského organismu, kde můžou poškodit zdraví.

Při chemické analýze smaltových vzorků došlo před zkouškou k vyloučení oxidů a solí prvků: Si, Al, Mg, Na, Cl a O. Menší zastoupení měly prvky P, K a Ti. Po 1 hodině vaření se vyloučení prvků nezměnilo, pouze hodnoty měly minimální rozdíl. Po 5 hodinách vzorek vykazoval změnu. Nejvíce se vyloučily O, C, Si, Mg, Na, Al, méně pak prvky Cl, P, K, Ti a Fe. Po 30 hodinách to bylo podobné jako při vyloučení po 5 hodinách. Nejvíce se vyloučily prvky: O, Si, Na, C a Al, méně prvky Cl, Mg, P, K, Ti a Fe. Při vyluhování se objevují stále stejné oxidy a soli, které reagovaly mezi chloridovým roztokem a smaltem. Mírně zvýšené koncentrace byly hlavně u prvků Si, Al, Mg, C a O. Avšak u žádného vzorku se neobjevil nebezpečný Cr a Ni.

### 6.8.3 Srovnání obou experimentů

Pro tuto experimentální práci jsem zakoupila nádobí od českých výrobců, kteří nám zaručují prvotřídní kvalitu použitých materiálů a dokonalé zpracování výrobků. Podle chemického rozboru vzorku nerezové oceli se jednalo o austenitickou ocel s obsahem 18 % Cr a 8 % Ni.

Nerezový povrch na vzorcích byl čistý, hladký a vyleštěný. Na povrchu nebyly viditelné trhlinky, známky koroze, otřepky ani rýhy. Pouze se po vaření objevilo pár menších skvrn. Na vzorcích byl proveden chemický rozbor z míst, kde bylo možné narušení materiálu, nebo kde se objevily skvrny po vaření. Chemická analýza ukázala, že se ve větší míře vyloučily oxidy a soli chemických prvků - Cr, Ni, C a Fe a v menší míře prvky jako Al, Mn, K, Cl, Ca, S, Si, Mg, Na a O. Z výsledků je patrné, že i když bylo zakoupeno kvalitní nerezové nádobí, k výluhům chromu a niklu po delší době vaření stejně dochází. Toto nádobí bylo vhodné pouze pro krátkodobé vaření. Při dlouhodobém vaření dochází k vyluhování chromu a niklu do potravin a tekutin a následnému poškození zdraví.

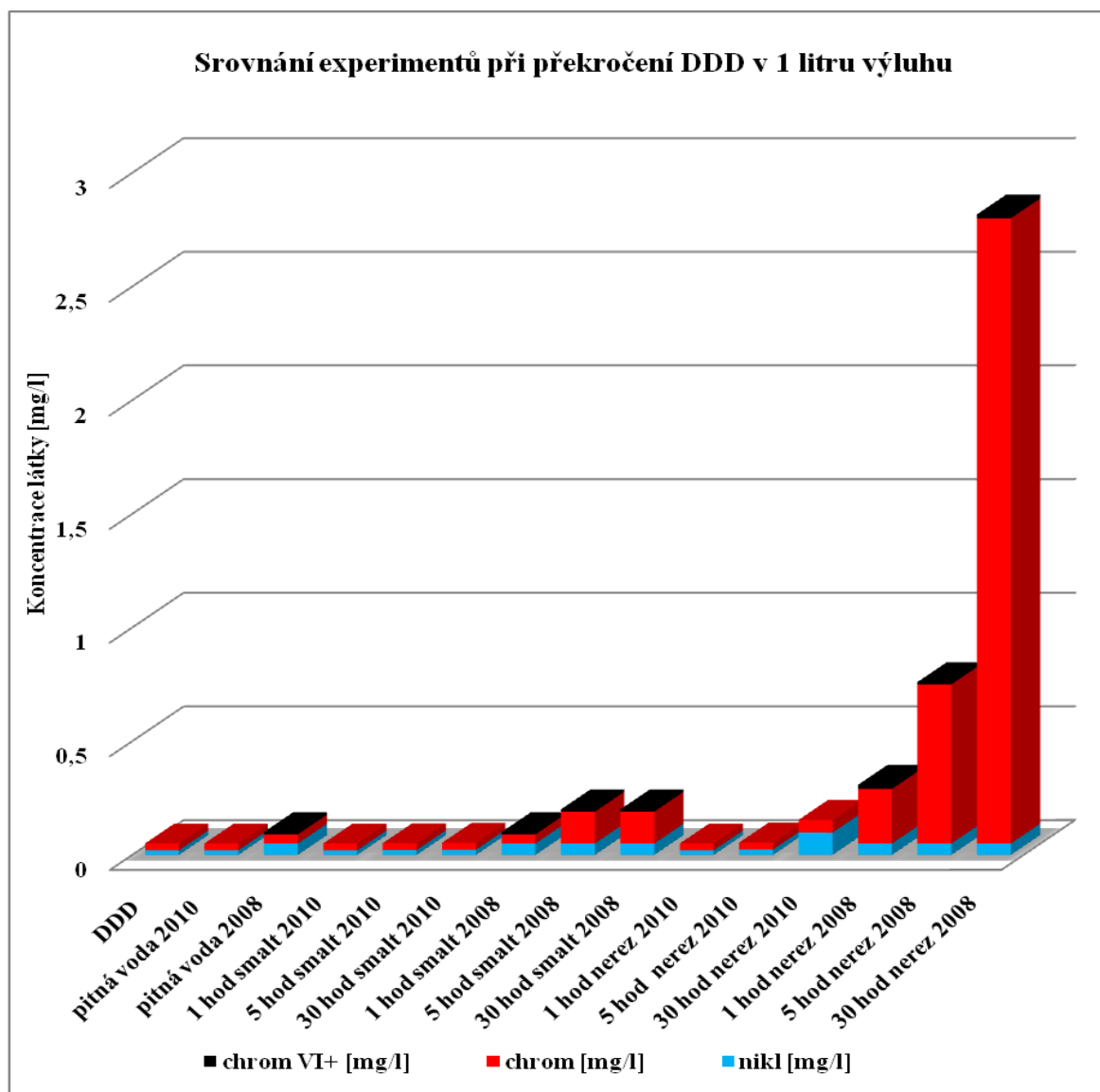
Smaltový povrch byl na vzorcích stejně nanesený, souvislý a dobře ulpělý na povrchu. Nejevil žádné rýhy ani viditelné trhlinky nebo jiné porušení povrchu sklovitého smaltového povlaku. Po chemické analýze se výrazněji vyloučily oxidy a soli těchto chemických prvků: O, Si, Na, C a Al. Pouze zvýšené koncentrace měly prvky: Cl, Mg, P, K, Ti a Fe. U smaltu k porušení povrchu nedošlo, u chemické analýzy se neobjevil nebezpečný chrom ani nikl. Toto nádobí je vhodné jak pro krátkodobé, tak i pro dlouhodobé vaření.

Pro bakalářskou práci v roce 2008 jsem zakoupila nádobí v běžné obchodní síti za průměrné ceny, bez udání výrobce (byl uveden pouze dovozce). Podle chemického rozboru

Nerezové nádobí bylo po vizuální stránce dobré kvality, ovšem po experimentu se ukázalo, že je vlastně nevhodné. U vzorku po hodině vaření se objevila mírná koroze a vyloučily se ve zvýšeném množství oxidy a soli prvků O, C, Si, Cr, nižší koncentrace měly prvky Ni, K a Mn. Po 5 hodinách vaření byla koroze nadále mírná, ale vyloučilo se větší množství oxidů a solí prvků Fe, Cr, Si, K a O, nižší koncentraci měl Ni, Mn, Na, Si, K a Ca. Po 30 hodinách byl povrch zcela popraskaný a nejvíce se vyloučilo Fe a Cr, zvýšené koncentrace měl Mn, O, Si a Cl a nízké koncentrace Mg, K, Ca, Ni a Cu. Jelikož byl povrch vzorku ochuzen o chrom, protože se vyluhoval do vody, došlo k porušení materiálu a následnému popraskání. Toto nádobí bylo zcela nevhodné.

Smaltové nádobí bylo zakoupeno taktéž v běžné obchodní síti, ale bylo vyrobeno v ČR. Povrch byl rovný, bez známek poškození, byly viditelné pouze nerovnosti. Při chemické analýze se vyloučily stále stejné oxidy a soli prvků. Zvýšené koncentrace měl pouze prvek Si, snížené koncentrace byly u Ti, K, Na, O, K, P, Mg, Al. Ani u jednoho vzorku se neobjevil Cr ani Ni, proto toto nádobí bylo vhodné jak pro krátkodobé, tak pro dlouhodobé používání.





Graf č. 30 Celkové srovnání 2 experimentů

## 7. ZÁVĚR

Zřejmě všichni jsme viděli zfilmované americké drama „Erin Brokovich“ z roku 2000 natočené podle pravdivé události. Ve filmu hraje hlavní představitelku Erin Júlia Roberts. Jako právní asistentka v advokátní kanceláři Eda Masryho narazila na stopu globálního znečišťování podzemních vod bohatou elektrárenskou společností. Následky na zdraví lidí bydlících v okolí elektrárny, které zanechal jedovatý chrom, byly katastrofální - od potratů a genetických změn, až ke zhoubným nemocem, na které trpěly stovky lidí. Erin získává důvěru poškozených lidí i svého šéfa, začne bojovat za práva jiných a dávat dohromady důležité podklady pro velký případ. Pomůže vyhrát soudní spor pro více jak 600 místních rodin v celkové výši 333 miliónů dolarů.

Tento příběh patří mezi ty šťastnější, jelikož viník byl odhalen, podařilo se zastavit znečišťování přírody, vyčistit zamořené území a byli odškodněni všichni poškození lidé. Ovšem poškozené zdraví si už nikdo z nich za peníze nekoupí. Film nám zřetelně ukázal, co šestimocný chrom napáchal. Je dobře rozpustný a tak obvyklým způsobem sanace je odtěžení zeminy nebo odčerpání podzemní vody. Právem patří mezi nejnebezpečnější škodlivé látky vypouštěné průmyslem do životního prostředí. Musíme se poučit z chyb napáchaných v minulosti a být velice obezřetní v případech, kde by mohlo k vylučování škodlivého chromu a jiných jedovatých látek docházet, ať už do přírodních nebo jiných zdrojů.

Tato skutečnost upozornila na fakt, že zdravotní závadnost šestimocného chromu může neodvratně poškodit zdraví, zatímco trojmocný chrom je pokládán za převážně prospěšný a je nezbytnou součástí stravy. Šestimocný chrom je zpravidla dobře rozpustný a tak obvyklým způsobem sanace je odtěžení nebo odčerpávání podzemní vody. Proto právem patří k nejnebezpečnějším škodlivým látkám vypouštěným průmyslem do životního prostředí. Dalším škodlivým prvkem je nikl, který se ještě dodnes ve většině nerezového nádobí vyskytuje. Z varných konvic v roce 2005 bylo ve vodě naměřeno až 1000 krát více niklu než připouští nová evropská směrnice pro pitnou vodu. Jelikož čím dál více lidí trpělo alergií na nikl, výrobci začali vyrábět nerezové nádobí bez niklu. Já sama jsem si zakoupila nerezovou varnou konvici, kde bylo uvedeno, že materiál již nikl neobsahuje.

Aby byla zajištěna zdravotní nezávadnost nádobí, musí mít materiál vhodné chemické složení. Dalším důležitým faktorem u nerezového nádobí je, že musí být povrch

materiálu co nejlépe opracován, aby k výluhům chemických prvků do potravin a nápojů docházelo co nejméně. Povrch musí být čistý, hladký, lesklý a bez viditelného poškození. Při nesprávném postupu při výrobě, zpracování a expedici dochází k poškození stavu povrchů materiálu. Aby se dodržela požadovaná jakost povrchu korozivzdorné oceli, musí se dodržovat výrobní postupy dle normy ČSN EN 10088 – 2. U smaltových materiálů nanesením 2 až 3 vrstev smaltu na podkladový materiál dojde k vytvoření celistvého, hladkého, skelného povlaku. Záleží na vhodném ocelovém plechu a chemickém složení smaltéřské břečky, na dokonalém sušení a vypálení. Tento postup nám zaručí nejlepší užitné vlastnosti, zdravotní nezávadnost, dlouhou životnost a dobrou energetickou účinnost.

Na všechny výrobky, které jsou určeny pro přímý styk s potravinami, se vztahují legislativní předpisy a normy platné pro členské státy Evropské unie. Dnes už o škodlivosti chromu a niklu víme, proto není problém nechat provést kontrolními orgány důležité testy či chemické rozborů, které nám spolehlivě odhalí, zda se z nádobí do pitné vody či jiného nápoje nebo potraviny nevyluhovaly pro lidský organizmus nebezpečné látky. Celkovým srovnáním této práce a práce bakalářské je výsledek, že se nerezové nádobí hodí spíše pro krátkodobé vaření. Při dlouhodobém vaření dochází k vyluhování chemických prvků z oceli do nápoje či potraviny. Důkazem toho je i chemická analýza vzorků, z které je zřetelně vidět uvolňování škodlivých chemických prvků a vytváření různých oxidů a solí na povrchu materiálu. Pokud si zakoupíme špatné nerezové nádobí, tak jak tomu bylo při mém experimentu v roce 2008, může se uvolňovat až několikanásobek DDD jedovatého chromu do výluhu. U smaltového nádobí došlo při vyluhování chromu do výluhu jen k nízkému zvýšení hodnoty, a to při delším vaření. Pak se proces vyluhování chromu zastavil. Nikl se nezvyšoval oproti pitné vodě ani v jednom nádobí. Letos zakoupené nerezové nádobí, které nám zaručovalo prvotřídní kvalitu, se při krátkodobém vaření nezměnilo oproti pitné vodě. Při delším vaření se hodnota niklu maličko zvedla, ale při dlouhém vaření se objevily zvýšené hodnoty jak u chromu tak i niklu. U smaltového nádobí se letos ve výluhu neobjevila žádná zvýšená hodnota chromu oproti pitné vodě. Pouze při delším vaření se objevily maličko zvýšené hodnoty niklu. Proto smaltové nádobí stále považuji za zdravotně nezávadnější a bezpečnější než je nádobí nerezové.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [ 1 ] BOUŠE, V. a kol. *Smalty a jejich použití v protikorozi ochraně*, SNTL, Praha, 1986, 216 s.
- [ 2 ] PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty, VŠB – TU Ostrava, 1994, 58-69 s.
- [ 3 ] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2000, 150 s.
- [ 4 ] Luděk Ptáček a kolektiv, *Nauka o materiálu I*. CERM, s.r.o., 2003, 516 s.
- [ 5 ] Ing.Dr.A.Novotný, *Smaltovaná chemická zařízení*. SNTL, 1959, 86 s.
- [ 6 ] Ing. M.Zezulová, *Plechý z korozivzdorných ocelí*, Praha, 1972, 233s.
- [ 7 ] Grygová, M.:Studium zdravotní nezávadnosti nerezových ocelí a sklovitých smaltových povlaků. Bakalářská práce obhájená na VŠB-TU Ostrava, 2008, 62 s
- [ 8 ] *40 let výroby nerezavějících a žáruvzdorných ocelí v TŽ, a.s.*, tiskárna T-print Třinec, 1997
- [ 9 ] Ing. J. Bárta, CSc.,*Austeniticko manganové oceli*, STEELS Consult, duben 1999
- [ 10 ] MUDr. František Kožíšek, CSc., *Pitná voda a práva spotřebitele*, Státní zdravotní ústav Praha ([voda@szu.cz](mailto:voda@szu.cz))
- [ 11 ] , Arnošt Silbernagel,*Struktura a vlastnosti kovových materiálů*, Kovosil Ostrava, 2004
- [ 12 ] hlavní autor Pavel Klener *Vnitřní lékařství*, druhé doplněné vydání, UNIVERSITA KARLOVA V PRAZE, NAKLADATELSTVÍ KAROLINUM
- [ 13 ] MACHÁČEK, P.:*Studium vlastností povrchu antikorozi oceli a sklovitého smaltového povlaku po kontaktu s kapalinami*. Diplomová práce, VŠB – TU Ostrava, 2005, 53 s.
- [ 14 ] Sbírka zákonů ČR, vyhláška č. 37 / 2001, § 9, částka 13
- [ 15 ] Sbírka zákonů ČR, vyhláška č. 37 / 2001, *Výluhový test*, částka 13

## WEBOVÉ STRÁNKY NA INTERNETU

- [ 16 ] <http://www1.tescoma.com/cz/>
- [ 17 ] Pavel Novák, Protikoroční ochrana volbou materiálu, 2009,
- [ 18 ] Ing. Otakar Brenner, <http://www.mmspektrum.com/clanek/vliv-kvality-povrchu-na-korozni-odolnost-korozivzdornych-oceli>
- [ 19 ] Ušlechtilá nerezavějící ocel, dostupný z WWW:  
<http://209.85.135.132/search?q=cache:j7IylDwKaSOJ:www.strand.cz/dokumenty/uslechtila-nerezavejici-ocel-102/+%C4%8CSN+antikorozn%C3%AD+ocel&cd=20&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>
- [ 20 ] <http://jhamernik.sweb.cz/Koroze.htm>
- [ 21 ] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD\\_strana](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana)
- [ 22 ] <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2006/sb069-06.pdf>.)
- [ 23 ] <http://centrumprev.sweb.cz/MANUAL/MANUALII-1.htm>
- [ 24 ] Vyhláška č. 409/2005 Sb. o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody, dostupné z <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=15&i=461>
- [ 25 ] MUDr. František Kožíšek, CSc., Státní zdravotní ústav, NRC pro pitnou vodu, dostupné z : <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=6109>

## **PŘÍLOHY**

- |              |   |
|--------------|---|
| Příloha č. 1 | Protokol o provedení výluhových zkoušek   |
| Příloha č. 2 | Protokol o zkoušce – zkušební laboratoře č. 1156 akreditované ČIA<br>č. TZ/2010/267 |



**CENTRUM NANOTECHNOLOGIÍ**  
VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
17. LISTOPADU 15, 708 33 OSTRAVA – PORUBA

tel.: 597 321 549 (1545)  
e-mail: jana.seidlerova@vsb.cz

fax: 597321640

## PROTOKOL O PROVEDENÍ ZKOUŠEK

Číslo protokolu: 062/10

Strana č.: 1  
Počet stran protokolu: 3  
Počet stran příloh: 0

Zákazník: Doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc., Katedra 345, VŠB-TU, 17. listopadu 15, Ostrava – Poruba, 708 33

Číslo zakázky CNT: 032-10

Předmět zkoušek: voda

Původní označení	Číslo vzorku CNT
Pitná voda vodovod	442/09
Nerez po 1h	443/09
Nerez po 5h	444/09
Nerez po 30h	445/09
Smalt po 1h	446/09
Smalt po 5h	447/09
Smalt po 30h	448/09

Požadované analýzy: Stanovení Cr, Ni, Fe, Pb, Cd a Mn

Datum přijetí vzorků: 10.2. 2010

Datum provedení zkoušek: 10.2. – 1.3. 2010

Popis odběru vzorků: Vzorky byly odebrány zadavatelem, CNT neručí za chyby vzniklé nesprávným vzorkováním.

Použité metody:

SOP č.	Modifikace metody	Metoda
OAA-05-01		Stanovení Cr, Ni, Fe, Pb, Cd, Mn metodou plamenové AAS



**CENTRUM NANOTECHNOLOGIÍ**  
 VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
 17. LISTOPADU 15, 708 33 OSTRAVA – PORUBA

tel.: 597 321 549 (1545)  
 e-mail: jana.seidlerova@vsb.cz

fax: 597321640

## PROTOKOL O PROVEDENÍ ZKOUŠEK

Číslo protokolu: 062/10

Strana č.:2  
 Počet stran protokolu: 3

Výsledky zkoušek:

Číslo vzorku CNT	Cr [ mg/l ]	nejistota	Ni [ mg/l ]	nejistota	Fe [ mg/l ]	nejistota	Mn [ mg/l ]	nejistota
442/10	< 0,03		< 0,02		0,048	0,004	< 0,03	
443/10	< 0,03		< 0,02		0,12	0,01	0,054	0,004
444/10	< 0,03		0,024	0,002	0,13	0,01	0,076	0,005
445/09	0,056	0,009	0,098		0,36	0,03	0,12	0,01
446/10	< 0,03		< 0,02		0,20	0,02	0,048	0,003
447/10	< 0,03		0,021	0,002	0,13	0,01	0,052	0,004
448/10	< 0,03		0,023	0,002	0,099	0,008	0,073	0,005

Číslo vzorku CNT	Cd [ mg/l ]	nejistota	Pb [ mg/l ]	nejistota
442/10	< 0,005		< 0,05	
443/10	< 0,005		< 0,05	
444/10	< 0,005		< 0,05	
445/09	< 0,005		< 0,05	
446/10	< 0,005		< 0,05	
447/10	< 0,005		< 0,05	
448/10	0,009	0,001	< 0,05	

Uvedené nejistoty byly stanoveny jako rozšířené nejistoty ( $k=2$ ), pro konfidenční úroveň 95%.





**CENTRUM NANOTECHNOLOGIÍ**  
VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
17. LISTOPADU 15, 708 33 OSTRAVA – PORUBA

tel.: 597 321 549 (1545)  
e-mail: jana.seidlerova@vsb.cz

fax: 597321640

## PROTOKOL O PROVEDENÍ ZKOUŠEK

Číslo protokolu: 062/10

Strana č.:3  
Počet stran protokolu: 3

Datum vystavení protokolu: 1.3. 2010

Výsledky zkoušek se týkají pouze předmětu zkoušky a nenahrazují jiné dokumenty (např. správního charakteru), které jsou orgány státního odborného dozoru podle specifických předpisů požadovány.

Protokol může být reprodukován jedině celý, jinak pouze s písemným souhlasem ředitele CNT VŠB-TUO.

Protokol vypracoval:  
Ing. Šárka Tomisová

Odpovědný pracovník:  
Doc. Ing. Jana Seidlerová, CSc.

Ředitelka CNT  
Prof. RNDr. Pavla Čapková, DrSc.



**TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY**

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s.  
Zkušebny a laboratoře  
Průmyslová 1000  
739 70 Třinec

Tel : 558 532 156, 558 535 277  
558 535 578, 558 535 575  
Fax : 558 537 383  
E-mail : Stanislav.Zielina@trz.cz

**PROTOKOL O ZKOUŠCE**  
zkušební laboratoře č. 1156 akreditované ČIA  
č. TZ/2010/268

Jméno zákazníka:	Lubomír Návrat
Adresa zákazníka:	Slévárny Třinec, a.s.
Popis vzorku:	Nerezová ocel – vzorek č.2 (TC9869)
Datum přijetí vzorku:	28.04.2010
Datum provedení zkoušky:	29.04.2010 – 12.05.2010
Identifikace zkušební metody:	
C	- metodou infračervené absorpce po spálení v indukční peci PPo TŽ-QZ-10/246 akredit. zk. č. 3
S	- metodou infračervené absorpce po spálení v indukční peci PPo TŽ-QZ-10/246 akredit. t. zk. č. 4
Mn	- fotometricky PPo TŽ-QZ-10/202 akredit. zk. č. 12
Ni	- vážkově PPo TŽ-QZ-10/202 akredit. zk. č. 14
Cr	- titračně PPo TŽ-QZ-10/202 akredit. zk. č. 13
Mo, V, Cu	- OES s induktivně vázanou plazmou PPo TŽ-QZ-10/255, PPo TŽ-QZ-10/256 akredit. zk. č. 9

Označení vzorku		C [%]	S [%]	Mn [%]	Cr [%]
TC9869	č. 2	0,059	0,003	1,23	18,3
		Ni [%]	Mo [%]	V [%]	Cu [%]
		8,43	0,027	0,12	0,24

Zkušebny a laboratoře prohlašují, že se výsledky zkoušek týkají pouze dodaného zkušební vzorku (dodaných zkušebních vzorků). Bez písemného souhlasu Zkušeben a laboratoří nesmí být protokol reprodukován jinak, než celý.

V Třinci dne:  
13.5.2010

Schválil:  
Stanislav Zielina  
vedoucí Zkušeben a laboratoří



Vypracoval / Přezkoušel  
Lipovská / Loskotová

Protokol o zkoušce zkušební laboratoře č. 1156 akreditované ČIA č. TZ/2010/268

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji za odbornou pomoc a cenné rady při řešení diplomové práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc. a Ing. Kateřině Pelikánové.

Bc. Monika Grygová