



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

INTEGRITA POVRCHU VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI PRO SANITÁRNÍ TECHNIKU A MOŽNOSTI ZLEPŠOVÁNÍ JEJÍ KVALITY

SURFACE INTEGRITY OF PRODUCED PART FOR SANITARY TECHNIQUE
AND METHOD OF IMPROVEMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MARTIN PEŇÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. MIROSLAV PÍŠKA, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martin Peňák

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Integrita povrchu vyráběné součásti pro sanitární techniku a možnosti zlepšování její kvality

v anglickém jazyce:

Surface Integrity of Produced Part for Sanitary Technique and Method of Improvement

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Integrita povrchu vyráběné součásti pro sanitární techniku, analýza stávajících výrobních technologií, materiálu, návrhy možnosti zlepšování její kvality.

Cíle bakalářské práce:

Úvod

1. Teoretický rozbor problému
2. Návrhy řešení pro zlepšení kvality
3. Závěry a doporučení

Seznam odborné literatury:

MONROE R. Porosity in Castings. AFS Transactions 2005 American Foundry Society, Paper 05-245(04).pdf, Page 1 of 28 Schaumburg, IL USA

Davim J. Paulo Surface Integrity in Machining. Dostupné na World WideWeb: <http://api.ning.com/files/A2GPx1yIYzQeNntSM8rkoz7WbINeXT1QGaeZ1fpBclt9zHRHZHaj8w2N4MNDSgmaon1ARBFmbm-UQXRyeeSbuKVkLM6SBQwU/SurfaceIntegrityinMachining.pdf>. [cit. 25.10.2012]

VINARCIK, E.J. High Integrity Die Casting Processes. [cit. 25. 10 2012]. Dostupné na World WideWeb:

http://upload.vnuki.org/books/c22_211111_c7dfd623dd6deb472e427455_3a3b15886eb0a421062b9332b2d43dea/Edward_J_Vinarcik_High_Integrity_Die_Casting_Processes.pdf

FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno. Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2006. ISBN 80-214-2374-9.

SCHRADER, G.F., ELSHENNAWY A.K., DOYLE, L.E. Manufacturing processes and materials. [cit. 25. 10 2012]. Dostupné na World WideWeb:

http://books.google.cz/books?id=Nz2wXvmkAF0C&pg=PT214&dq=metal+casting+materials+isbn&hl=cs&ei=bnLJTsD1Mlr1sgbtoejqBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CEgQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false

OTÁHAL, V. Vady odlitku. Atlas Vad. Železné a neželezné slitiny. Technicko-ekonomické poradenství

MetalCasting and Foundry Consult, Otáhal Vlastislav, Brno, Horská 27. [cit. 25. 10 2012]. Dostupné na World WideWeb (zkrácená verze):

<http://otahalconsult.cz/wp-content/pdf/Vady_odlitku_vytah.pdf>

Identifying Casting Defects. [cit. 25. 10 2012]. Dostupné na World WideWeb: <<http://www.afsinc.org/content.cfm?ItemNumber=6944>>

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 28.1.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na integritu povrchu během dokončovacích operací výroby těl vodovodních baterií a identifikací jejich možných vad. Cílem je prokázat charakter této vady metodou opakovatelnosti a určit možnosti jejího vzniku. Součástí práce je návrh nápravných opatření vedoucích k její eliminaci nebo úplnému odstranění během výrobního procesu u dodavatele.

Klíčová slova

integrita povrchu, vady odlitku, vměstky, odlévání, leštění

ABSTRACT

This thesis is focused on surface integrity during finishing operations in the manufacture of faucet's bodies and identifying of its possible defects. The aim is to demonstrate the nature of the defect by method of repeatability to determine the possibility of its occurrence. Part of this work is to offer corrective actions lead to its elimination or its complete removal during the manufacturing process at the supplier.

Key words

surface integrity, casting defects, inclusions, casting, polishing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PEŇÁK, Martin. *Integrita povrchu vyráběné součásti pro sanitární techniku a možnosti zlepšování její kvality*. Brno 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 17 s. příloh. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Integrita povrchu vyráběné součásti pro sanitární techniku a možnosti zlepšování její kvality** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

18.5.2013

Datum

Martin Peňák

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce prof. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce, kolegům za spolupráci při řešení problémů týkajících se práce a Františku Vašíčkovi za cenné připomínky a rady. V neposlední řadě potom rodině a přátelům za jejich podporu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1. Technologický rozbor současného stavu	9
1.1 Technologie výroby těla vodovodní baterie.....	9
1.2 Mosaz	12
1.3 Odlévání do trvalých kovových forem.....	14
1.4 Vady odlitku.....	15
1.4.1 Vměstky	15
1.4.2 Horké trhliny.....	16
1.4.3 Bubliny a bodliny.....	16
1.4.4 Staženiny.....	17
1.4.5 Nedolití	17
1.4.6 Strupovitost.....	18
2 Analýza těl vodovodních baterií	19
2.1 Výběr vzorků k analýze	19
2.2 Vizuální identifikace vady	20
2.3 Chemické složení	20
2.4 Identifikace vady mikroskopem.....	21
2.5 Bodová analýza prvků.....	22
3 DISKUZE	23
ZÁVĚR	24
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	25
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	26
SEZNAM PŘÍLOH.....	27

ÚVOD

Sanitární technika provází novodobého člověka téměř na každém kroku. Stala se nedílnou součástí domácností, komerčních i veřejných prostor. Málokdo, ale ví, co vše se pod tímto pojmem skutečně skrývá. Obecně řečeno je to veškeré vybavení našich koupelen. Umyvadla, vany, sprchové kouty a vaničky, WC, bidety a vodovodní armatury. Právě výroba vodovodních armatur, známějších pod názvem vodovodní baterie jsou předmětem této práce.

Při výběru vodovodní baterie zákazník zvažuje mnoho aspektů, které výrazně ovlivní finální volbu.

- umístění (veřejné prostory, domácnost, komerční prostory...)
- použití (umyvadlo, vana, dřez, bidet...)
- způsob ovládání (páková, kohoutková, bezdotyková...)
- způsob montáže (nástěnná, stojánková, podmítková...)
- funkčnost
- bezpečnost
- design
- zpracování
- kvalita povrchu



Obr.1 Ukázky vodovodních baterií [7].

Vodovodní baterie ve většině případů dotvářejí celkový vzhled prostoru, v němž jsou umístěny nebo jsou přímo jejich dominantou. Celkový vzhled a kvalita jejich zpracování důležitým aspektem při jejich výběru.

Cílem této práce je zaměřit se na vadu povrchu těchto těl vodovodních baterií. Metodou opakovatelnosti určit povahu této vady a možné příčiny jejího vzniku. Návrhu nápravného opatření vedoucí k její eliminaci či úplnému odstranění u dodavatele, který zajišťuje výrobu odlitků. Následující operace na odlitcích jsou prováděny v českém výrobním závodě.

1. TECHNOLOGICKÝ ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU

Inkriminované vady povrchu se vyskytují pouze na tělech baterií, která jsou odlévána gravitačním kokilovým litím, nikoliv objemový tvářením. Těla jsou nakupována jako mosazné odlitky od výrobce z Dálného východu, další technologické operace prováděny ve vlastním výrobním závodě. Od tohoto výrobce bylo koupeno již několik dodávek, které vykazovaly vždy stejnou vadu. I při opakovaném broušení a leštění se vady objevovaly na náhodných místech a v rozdílných hloubkách po celém těle.

1.1 Technologie výroby těla vodovodní baterie

Slévání mosazi

Slévání mosazných ingotů pro následné odlévání se provádí u dodavatele svépomocí v elektrické indukční tavicí peci. Jako základ (obr.2,3) slouží druhotný měděný materiál zejména měděné dráty. Následně ingoty zinku, olova a hliníkové dráty. Složení slitiny je kontrolováno na X-Ray analyzátoru na odebraném vzorku v průběhu tavby a na konci tavného procesu. Čistota slitiny závisí na čistotě vstupního materiálu a zejména na zkušenostech taviče, jenž slitinu průběžně leguje, promíchává a sbírá strusku.



Obr. 2,3 Základní materiál pro tavbu

Výroba pískových jader

Jádrovací směs je připravována svépomocí smícháním pískové směsi s pojivem. Písková jádra jsou formována na automatických jádrařských vstřelovacích strojích (obr.4) z nichž jsou jádra dopravována na páse k operátoru stroje. Operátor vizuálně zkontroluje celistvost a kvalitu jádra a poté ho ručně začistí. Odstraní ostřiny vzniklé nedokonalým dosednutím forem v dlíci rovině a části jádra po vstupních otvorech formy (obr.5). Začištěná jádra uloží do plastových beden ke skladování.



Obr. 4,5 Výroba pískových jader

Odlévání těl

Tavenina pro slévací pracoviště (obr.6) je připravována z již slévaných ingotů v dvoukomorové tavící indukční peci. Dále jsou do taveniny přidávány neupravené či neočištěné odřezky (obr.7) (nálitky, vtokové soustavy, neshodné výrobky) z již odlitých těl. Těla vodovodní baterií jsou odlévána technologií gravitačního lití do měděných kokil. Kokily jsou uchyceny v poloautomatickém slévárenském stroji. Operátor stroje ručně vloží do formy příslušné pískové jádro, vyfoukne vydrolený písek a dá pokyn stroji k uzavření kokily. Ručním kelímkem nabere příslušné množství taveniny, a při současném klopení kokily o 90° lije do formy. Po předem nastavené době stroj otevře kokilu a operátor z ní vyjme odlitek.



Obr. 6 Odlévání těl baterií



Obr. 7 Druhotný materiál přidávaný do taveniny

Čištění a testování odlitků

Zchladlé odlitky jsou naházeny do omílacího stroje (obr.8). Zde je vytlučen písek z rozpadlých jader. Poté se ručně odlitky dočistí, jsou odřezány nálitky, výfuky a ostatní technologické výstupky. Tyto odřezky se vracení zpět do odlévací pece. Při této operaci je prováděna vizuální kontrola odlitků (obr.9). Testování těsnosti odlitků je prováděno na jednoduchých testovacích stolicích tak, že na odlitku jsou uzavřeny veškeré otvory, odlitek je natlakován stlačeným a ponořen do vody. Když operátor zaznamená bubliny unikajícího vzduchu z odlitku je odlitek považován za neshodný a naopak.



Obr. 8,9 Čištění odlitků

Obrábění

Otestované odlitky jsou přepraveny na obrobnu, kde jsou vytvořeny veškeré funkční či technologické otvory. Malé série jsou obráběny na jedno či dvou vřetenových strojích (obr.11), kde je možnost rychlého nastavení stroje, výměny nástrojů či upínacích čelistí. Obrábění velkých sérií je prováděno na třívřetenových obráběcích NC strojích (obr.10). Doplňkové operace jako stružení výtokových otvorů a srážení hran děr jsou prováděny na stojanových vrtačkách.



Obr. 10,11 Obráběcí stroje

Broušení a leštění obrobku

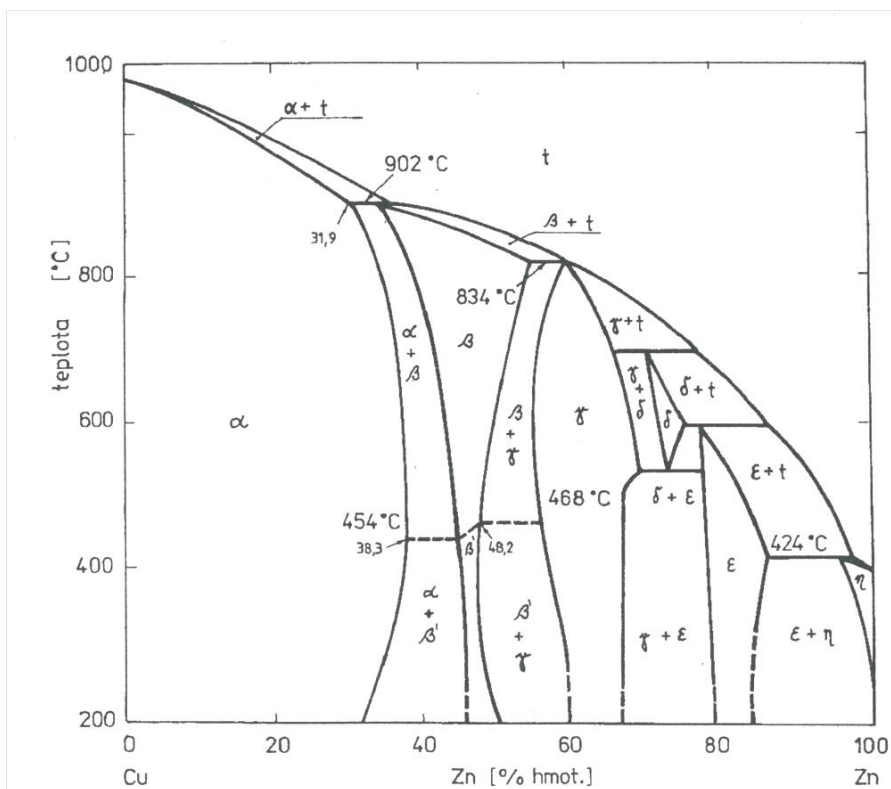
Otestované odlitky jsou přepraveny na obrobnu, kde jsou do odlitku vytvořeny veškeré funkční či technologické prvky. Po obrobení je obrobek přepraven na brusírnu (obr.12,13), kde je povrch odlitku ručně broušen a leštěn. Hrubý obrobek je nejprve obroušen brusnými pásy postupně od hrubého po jemný. Tento proces končí po obroušení pásem drsnosti P400. Poté nastává operace leštění pro dosažení lesklého povrchu s co nejmenší drsností. Leštění probíhá ve dvou fázích. První – úběrová, kde je použito leštící pasty se středním zrnem. Poté druhá fáze – leštící, kde nedochází k úběru materiálu, ale pouze k rozleštění stop po předchozích operacích.



Obr. 12,13 Brusírna.

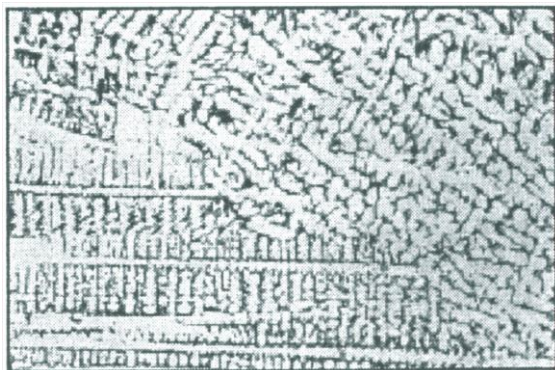
1.2 Mosaz

Slitiny mědi se obvykle rozdělují dle způsobu použití na slitiny pro tváření a pro odlitky. Základem mosazí je binární soustava Cu-Zn patřící k fázově nejsložitějším (obr. 14)

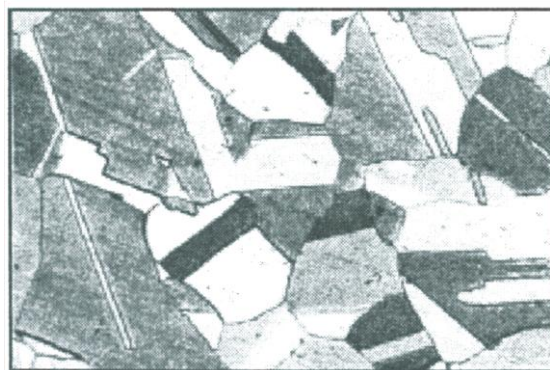


Obr. 14 Soustava Cu-Zn [1].

Jednofázové slitiny, tvořené tuhým roztokem α , mohou obsahovat maximálně asi 38 hm.% Zn (za teploty 454°C), a toto množství lze při rychlém ochlazení mosazi udržet v metastabilním tuhém roztoku do pokojové teploty. Struktura mosazí α v litém stavu je dendritická (obr.15a). Tvářením a následujícím rekrytalizačním žháním se mění ve strukturu polyedritických zrn s deformačními dvojčaty (obr.15b). Mosazi α vykazují v rozmezí teplot 300 až 700°C pokles tvárnosti. Proto obvykle bývají tvářeny za studena.



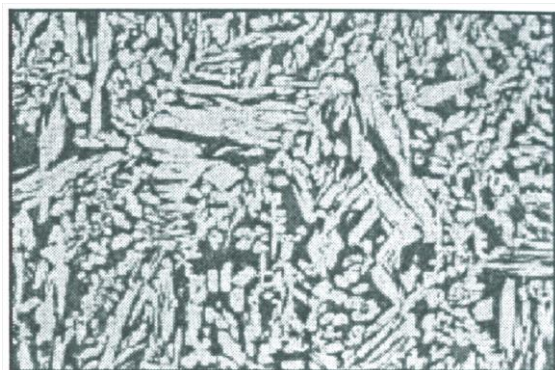
a) litá



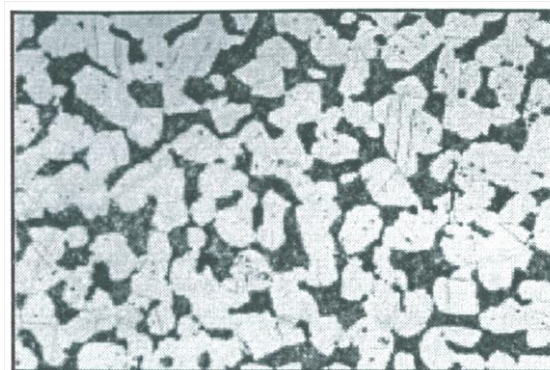
b) tvářená

Obr. 15 Struktura lité a tvářené α mosazi, 200x [1].

Slitiny o vyšším obsahu zinku, slitiny heterogenní obr.16, mají ve struktuře kromě α zrn fázi β' (uspořádaný tuhý roztok). Při ohřevu heterogenní mosazi se tato tvrdá a křehká fáze mění ve fázi β (neuspořádaný roztok) s lepší tvárností, takže heterogenní mosazi lze tvářet za teplot asi 700°C. Vliv obsahu zinku na fázové složení, a tedy i na mechanické vlastnosti mosazí, je znázorněn na obr.17.



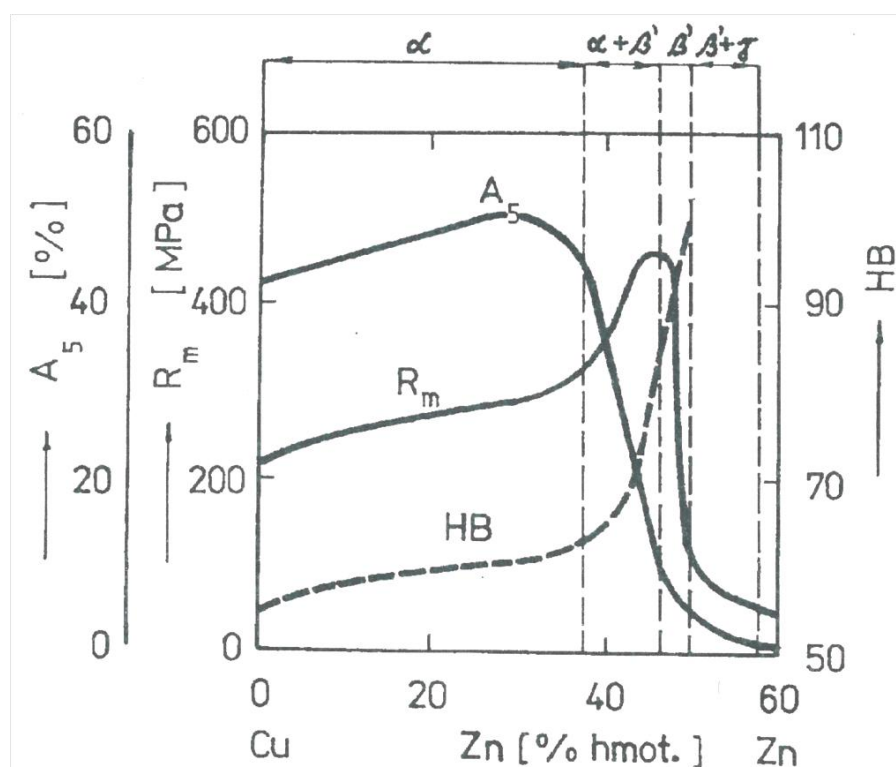
a) litá



b) tvářená

Obr. 16 Struktura lité a tvářené $\alpha+\beta'$ mosazi, 200x[1].

Mosazi pro tváření obsahují od 5 do 42 hm. % Zn a mohou tedy být homogenní i heterogenní. Jednofázové mosazi α se používají převážně ve formě plechů, pásů nebo drátů. S rostoucím obsahem zinku se jejich pevnost a současně tažnost zvyšuje, takže mají optimální vlastnosti pro zpracování za studena. Dvoufázové mosazi $\alpha+\beta'$ vznikají překročením mezní rozpustnosti zinku v tuhém roztoku. Přísada 1 – 2 hm. % Pb zlepšuje jejich obrobiteľnosť. Nedostatkem dvoufázových mosazí je náchylnost ke korozi za napětí označovaná jako sezónní praskání.



Obr. 17 Vliv zinku na fázové složení a mechanické vlastnosti slitin Cu-Zn[1].

Mosazi pro odlitky mají obvyklý obsah mědi 58 až 63 hm. %. Jsou to tedy mosazi heterogenní. Vyznačují se dobrou zabíhavostí a malým sklonem k odměšování. Mají však velké smrštění (i přes 1,5%), jsou proto náchylné k tvoření dutin a staženin, některé v roztaveném stavu pohlcují značná množství vzdušných plynů. Jejich obrobiteľnost zlepšuje olovo (1 až 3%). [1]

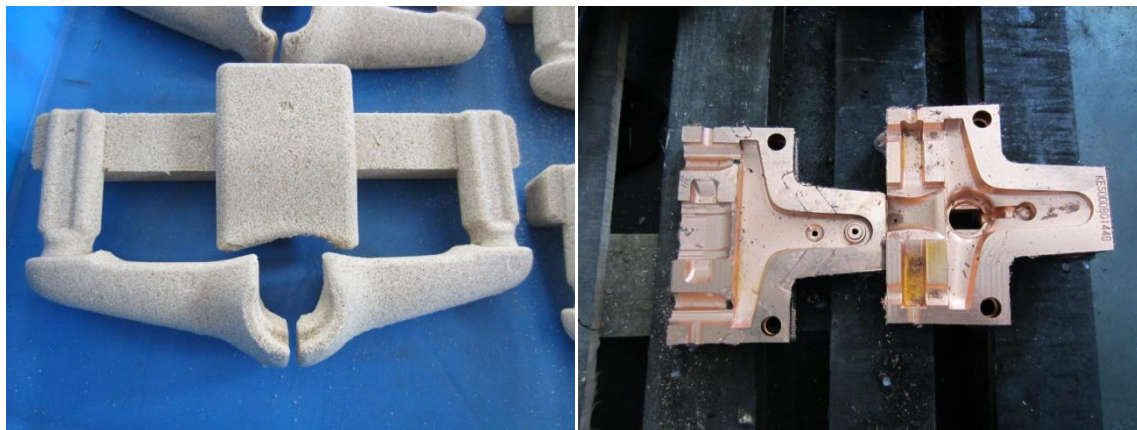
1.3 Odlévání do trvalých kovových forem

Dva procesy používající kovové formy jsou: odlévání do trvalých kovových forem a tlakové lití. Z praktických důvodů je odlévání do kovových forem omezeno pouze pro odlévání materiálů s nízkou až střední teplotou tavení. Odlévání některých ocelí je prováděno do žáruvzdorných forem.

Jestliže se tavenina vlévá do kovové formy a působí na ni pouze hydrostatický tlak, potom je tento proces nazýván *odlívání do kovových forem*. Forma je během procesu sevřena a po nějaké době oddělena na dvě nebo více částí pro vyjmutí ztuhlého odlitku. Mezi takto odlévané kovy obvykle patří olovo, zinek, hliník, hořčíkové slitiny, bronzы a litina. Typickými výrobky jsou části kompresorů ledniček, hlavy automobilové písty, hlavy válců a kuchyňské vybavení. Většina trvalých forem je vyrobena z litiny, která je tepelně odolná vůči opakovaným teplotním změnám. V některých případech jsou použity bronzové formy pro odlévání olova, cínu a zinku. Tepané ocelové formy jsou používány pro bronzы. Jádra jsou obvykle vyrobena z litiny, ale mohou být též i písková. Formy a jádra jsou omývána přílnavým žáruvzdorným roztokem, obvykle grafitem nebo jílem. To napomáhá zabránění přilnutí odlitku, umožňuje jeho lepší vyjmutí, a prodlužuje životnost formy. Životnost

formy se pohybuje od 3 000 do 10 000 cyklů pro železné odlitky, ale může být až 100 000 cyklů pro měkké kovy.

Jestliže jsou použita písková jádra, tento proces se nazývá *odlévání do polotrvalých forem* (obr.18). Písková jádra jsou levná a jednoduše odstranitelná z nepravidelných děr, ale naopak struktura, přesnost a výsledný povrch ve styku s jádrem je pouze tak dobrý, jako pískové jádro. [3]



Obr. 18 Ukázka polo-trvalé formy.

1.4 Vady odlitku

Na odlitcích je možno pozorovat různé druhy vad. Tyto vady mohou mít vazbu k odlévanému materiálu, formám či obojímu. Specifické vady se mohou společně setkat díky komplexnosti složení materiálu, návrhu odlitku a postupu odlévání. Nejčastější vady odlitků [3]:

- vměstky,
- horké trhliny,
- bubliny a bodliny,
- staženiny,
- nedolití,
- strupovitost.

1.4.1 Vměstky

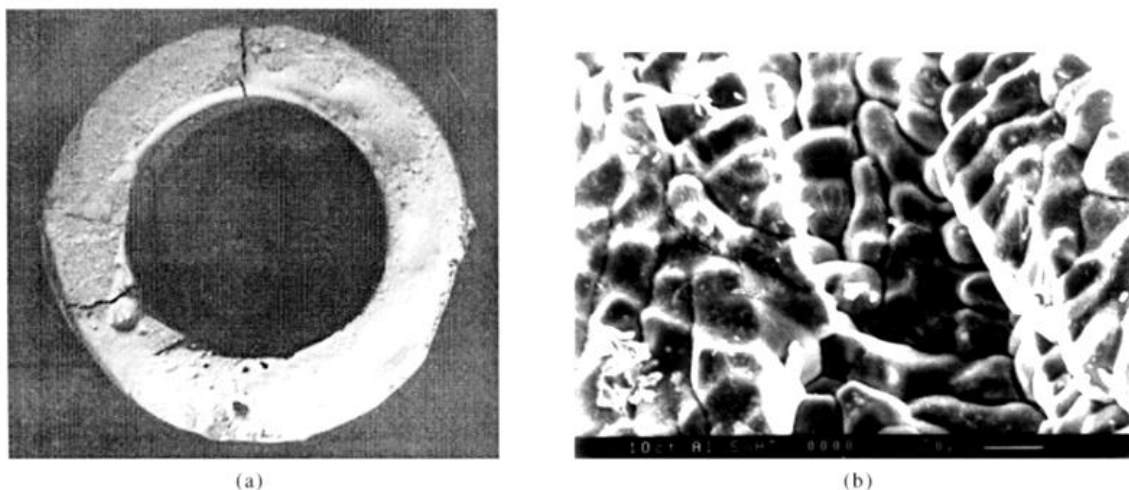
Vměstky jsou povrchové nebo podpovrchové části písku, strusky, nečistot, oxidů nebo jiných materiálů vmísené do kovu (obr.19). Vměstky způsobují problémy při odlévání jakýchkoliv kovů. Vměstky z vnějších zdrojů jsou zachyceny ze strusky, erodovaných formovacích směsí, žáruvzdorného materiálu atd. Vměstky se také tvoří uvnitř taveniny, např. oxidy jsou velmi často zachyceny v odlitcích hliníkových a hořčíkových slitin. Vměstky oxidů způsobují možné trhliny [2]. Během leštění není možné dosáhnout bezvadného povrchu. Ve většině případů je nadměrný obsah vměstků nebo přítomnost podobných druhů znečištění zaznamenán problematickým leštěním. V okolí těchto tvrdých bodů se leštící kotouč zadržává a vzniká charakteristický jev „ocas komety“ [6].



Obr. 19 Vměstek na povrchu lomu odlitku šedé litiny [2].

1.4.2 Horké trhliny

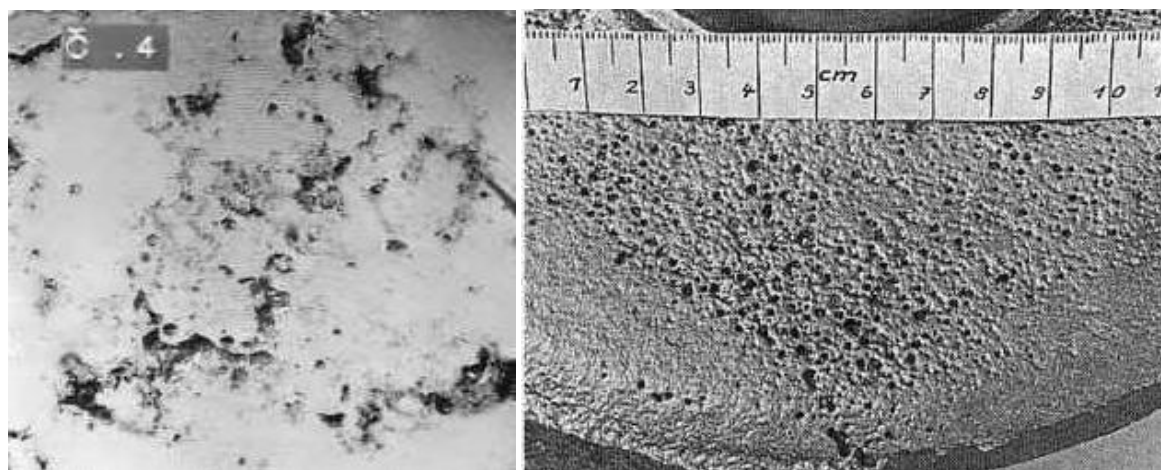
Horké trhliny jsou obvykle vážný problém během odlévání dlouho chladnoucích slitin. Trhliny jsou výsledkem kombinace vlivů tekutého povlaku na hranicích zrn v pozdní fázi tuhnutí a současným napětím v této fázi. Obvykle se objevují právě nad křivkou solidu. Když jsou přítomny prvky s nižší tavicí teplotou nebo eutektikum, horké trhliny mohou vznikat při teplotě pod křivkou solidu hlavních prvků. Jejich tvar je nepravidelný, rozvětvený a hlavní trhlina s jejími malými trhlínkami se táhne po hranicích zrn (obr.20) [2].



Obr. 20 Horká trhlina ve slitině Al-Sn, a) prasklý kroužek, b) fraktografie povrchu praskliny [2].

1.4.3 Bubliny a bodliny

Bubliny a bodliny v odlitcích jsou obvykle zapříčiněny pohlcením plynů. Plynem může být oxid uhelnatý, H₂, N₂ nebo páry. Malé bubliny jsou obvykle označovány jako bodliny (obr.21). Žádný oxid uhelnatý vzniklý v pozdější fázi tuhnutí ocelových odlitků není schopný uniknout, protože na povrchu odlitku je již vytvořen pevný povlak. Obdobné bodliny se mohou vyskytnout během tuhnutí hliníkových slitin díky vzniku vodíku. U slitin mědi je obvyklým důvodem vzniku bublin pára [2].



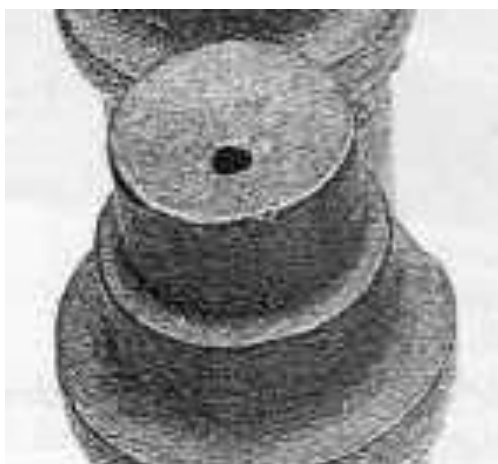
a) bubliny v odlitku šedé litiny

b) bodliny v odlitku temperované litiny

Obr 21 Bubliny a bodliny v odlitku [4].

1.4.4 Staženiny

Plynové staženiny jsou dutiny v odlitku, na jejichž vzniku se podílí vyvíjející se plyny vznikající ve formě. Vyskytují se v místech vysoce prohřátých jader nebo ostrých hran formy, kde je doba tuhnutí odlitku delší. Na jejich vzniku se podílí plyny vyloučené z jader, formovacích směsí, nátěrů a rozkladem vody. Staženiny vzniknou tlakem plynů v tomto tepelném uzlu odlitku (obr.22). Jelikož okolní oblast odlitku tuhne dříve, tuhne tato část odlitku při nedostatečném dosazování taveniny, takže vzniká dutina-staženina s vyloučenými jemnými dendrity.[4]



Obr. 22 Šroubení ze šedé litiny s plynovou staženinou vzniklou z propadliny [4].

1.4.5 Nedolití

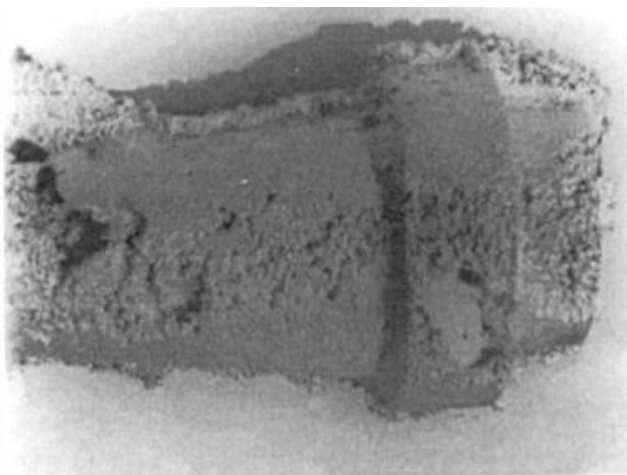
Nedolití je vada zapříčiněná nedokonalým vyplněním dutiny formy. Mohou chybět některé části odlitku nebo potřebně ostré rohy mohou být zakulacené (obr.23). Tyto vady jsou spojeny s konstrukcí formy, ale také postupem odlévání. Všechny metody odlévání jsou citlivé na tyto vady (zelený písek, chemicky vázaný písek, trvalé i polo-trvalé formy). [5]



Obr.23 Vada nedolítí na odlitku z červené mosazi [5].

1.4.6 Strupovitost

Strupovitost je vada roztažnosti formy zapříčiněná nízkou pevností vlhké kondenzační vrstvy. Povrch formy praskne díky roztažení. Proud kovu strhne tyto úlomky a nese je dutinou formy. Hrubý povrch odlitku vznikne v místě, kde se tento úlomek odtrhnul (obr.24). Tomuto jevu může být zabráněno přidáním uhelného prachu do formy, který snižuje expanzi písku za tepla a zlepšuje vazbu mezi jednotlivými zrny. Ta se stává plastickou [2].



Obr.24 Strupovitost povrchu odlitku [3].

2 ANALÝZA TĚL VODOVODNÍCH BATERIÍ

Nejčastější povrchovou úpravou vodovodních baterií je galvanické pokovení vrstvou dekorativního chromu s podkladovou vrstvou niklu. Jelikož tloušťka těchto vrstev je velmi malá, $Ni \approx 12\mu m$ a $Cr \approx 0,3\mu m$, je nezbytné, aby povrch těl byl dokonale vyleštěný. Integrita povrchu společně s jeho drsností je základním kritériem pro schválení konformního dílu při mezioperační kontrole.

2.1 Výběr vzorků k analýze

K analýze byly vybrány tři těla vodovodních baterií (obr. 25), u kterých bylo během leštění prakticky nemožné dosáhnout úplné integrity povrchu vyžadované pro finální galvanické pokovení. Výběr vzorků byl prováděn jedním subjektem s jednotnou povahou vady, jež se vyskytovala na mnoha kusech výrobní dávky. Vzorky byly označeny 1,2,3.



Obr. 25 Vybraná těla.

Na tělech byla vyznačena místa, kde se vady vyskytovaly. Pro lepší manipulaci byly oblasti vad vyříznuty a označeny jako původní těla (obr.26).



Obr. 26 Části těl k následné analýze.

2.2 Vizuální identifikace vady

Pro určení dalšího postupu analýzy bylo nutné určit, o jaký druh vady se jedná (obr. 27). Vybrané vzorky byly předloženy odborným pracovníkům k jejich posouzení.



Vzorek č. 1

Vzorek č.2

Vzorek č.3

Obr. 27 Vada a její okolí.

Při bližší vizuální kontrole bylo zjištěno, že vada na všech vzorcích měla stejný charakter, což splňovalo nutnou podmínku výběru. Charakteristickým znakem byl tmavý bod v základním materiálu odlitku. V jeho blízkém okolí se vyskytovala prohlubeň začínající právě v tomto bodě, odkud postupně přecházela do ztracena ve směru leštění. Z toho vyplývalo, že materiál v tomto bodě je tvrdší než základní materiál - mosaz. Tvar prohlubně připomínající „ocas komety“ byl znakem, poukazujícím, že by se mohlo jednat o nekovový vměstek.

2.3 Chemické složení

Pro potvrzení předpokladu byla provedena analýza chemického složení v okolí vady. Do spektrometru (obr.28) byly postupně vloženy vzorky v místech vady a provedena analýza chemického složení přednastaveným programem.



Obr.28 EDX spektrometr- Shimadzu [9].

Vyhodnocení:

V softwaru EDX analyzátoru je přednastavena analýza vybraných prvků mosazi, Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sn, Pb. Měřené pole na vzorku je plocha o průměru 10 mm, která svou velikostí může výsledky značně zkreslit. Množství vybraných prvků je velmi

omezené. Z výsledků měření, které jsou uvedeny v tabulce č.1, nebylo možné prokazatelně určit, o jaký druh vměstku se jedná.

Tab.1 Chemické složení vzorků.

Prvek	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3
	hm. %	hm. %	hm. %
Al	0,555%	0,648%	0,661%
Cr	0,011%	0,016%	0,020%
Mn	0,000%	0,000%	0,000%
Fe	0,059%	0,073%	0,082%
Ni	0,069%	0,078%	0,094%
Cu	59,814%	59,730%	59,316%
Zn	38,013%	38,037%	38,282%
As	0,002%	0,000%	0,032%
Sn	7,100%	0,091%	0,131%
Pb	1,406%	1,328%	1,383%

2.4 Identifikace vady mikroskopem

K určení charakteru vady, byly vzorky podrobeny analýze rastrovacím elektronovým mikroskopem (obr.29). Při pořizování snímků jednotlivých vad byly zároveň provedeny plošné prvkové analýzy v místě vady a jejím okolí.



Obr.29 Rastrovací elektronový mikroskop Tescan VEGA SEM [8].

Vyhodnocení:

Analýza ukázala vady o velikostech od 50 do 100 μ m. Na všech snímcích, uvedených v přílohách 1 až 3, v místech jednotlivých vad byly identifikovány cizí částice. Vady byly podobného charakteru. Při současně provedených plošných prvkových analýzách byl v místech vad zjištěn zvýšený výskyt prvků, jež se v jejich okolí nevyskytovaly nebo pouze v malém množství. Jedná se zejména o uhlík, křemík, železo, chrom a hliník.

2.5 Bodová analýza prvků

Laboratoř provádějící plošnou prvkovou analýzu má ve vlastnictví též EDX spektrometr (obr.30). Na něm byla provedena spektrální analýza v několika bodech uvnitř vad i mimo ně.



Obr. 30 EDX spektrometr NORAN System 7 [10].

Vyhodnocení:

Z výsledků náhodně umístěných bodových analýz, uvedených v přílohách 7 až 10, je patrný výskyt nežádoucích prvků. Jestliže byl bod měření umístěn mimo vadu, do základního materiálu, nežádoucí prvky objevené v místě vady se ve spektrálním rozložení nevyskytují.

3 DISKUZE

Provedená analýza vad odlitků těl vodovodních baterií potvrdila předpoklad obsahu nežádoucích vměstků. Na jednotlivých snímcích vad pořízených na rastrovacím elektronovém mikroskopu (SEM), je patrné, že se jedná zejména o vadu typu vměstek, jež je tvrdší než základní materiál. Na výsledcích plošné prvkové analýzy vystupují zejména prvky křemík, chrom a železo. Všechny tyto prvky vykazují větší tvrdost než mosaz. Dle zkušeností se tyto vměstky vyskytují náhodně v celém objemu odlitku nezávisle na množství odebraného materiálu, tudíž je velmi pravděpodobné, že jsou již obsaženy v tavenině nebo se do ní vmísí během odlévání těl. Na základě tohoto předpokladu se nabízí několik možností jejich vzniku:

- a) uvolněním zrn z pískových jader během odlévání. To může být zapříčiněno nesprávným poměrem pojiva a pískové směsi. A to právě z důvodů ručního dávkování směsi, nikoliv automaticky a zároveň nepřítomnosti kontroly správné konzistence. Jako další aspekt se nabízí uvolnění pískových zrn z očištěných ploch na již zformovaných jádrech. Při tomto procesu operátor při začišťování naruší celistvý povrch pískového jádra, jež není nijak dále upravováno. Rovněž skladování jader, vzhledem ke geografické poloze výrobního závodu a vlhkému podnebí této oblasti jsou jádra skladována na volném prostranství bez kontroly okolní teploty a vlhkosti může mít vliv na jejich soudržnost. V neposlední řadě správné rozměry a návrh zámků pro jádra v kokile a jejich vizuální kontrola těsně před uzavřením formy,
- b) přidáváním nečistého druhotného materiálu do odlévací pece. V tomto případě se jedná o nálitky, vtokové soustavy, které nejsou nijak separované od nečistot a písku. Dále jsou do pece přidávána těla vodovodních baterií, jež byla uznána jako nekonformní v následných procesech. Jedná se také o již pokovené výrobky, ze kterých byl odstraněn galvanický povlak,
- c) již znečištěný materiál během slévání mosazných ingotů. Základní materiál měď pro výrobu mosazi je nakupován jako šrot bez jakéhokoliv materiálového osvědčení a složení, je tedy možné, že již zde je příčina možného znečištění slitiny. Zinek společně s olovem je nakupován ve formě ingotů, jež jsou rafinovány slévárnou a dodávány společně s osvědčením o čistotě materiálu.

Bodové analýzy provedené na vadách mají v tomto případě pouze informativní charakter, a to vzhledem k reliéfu povrchu vady. Slouží pouze jako potvrzení předpokladu výskytu pískových zrn a jiných nežádoucích látek. Pro přesnou charakterizaci velikosti a tvaru částice je výhodnější volit nepřímou metodu pozorováním repliky studovaného objektu za pomoci transmisního elektronového mikroskopu (TEM).

Za účelem prokázání povahy nečistot v odlitku a předložení výsledků dodavateli je použita metoda opakovatelnosti dostačující. A to i k povaze technologie výroby odlitků u dodavatele. Vzhledem ke globalizaci, jež nás plně obklopuje, je zákazník nucen nakupovat tyto výrobky na Dálném východě. Z hlediska finanční zainteresovanosti zákazníka u dodavatele je v jeho zájmu mu poskytnout dostatečnou podporu při řešení problémů, která je v místě výroby odlitků značně omezena. Při klasickém vztahu dodavatel – zákazník by bylo zcela dostačující předložení několika vzorků s narušenou integritou povrchu.

ZÁVĚR

Téma bakalářské práce bylo zaměřeno na integritu povrchu obráběné součásti sanitární techniky, jež je důležitým faktorem pro některé operace na ní prováděné a zejména pro finální vzhled. Nezanedbatelným aspektem zjištěných vad je finanční efekt. Mzdové i materiálové náklady na vícepráce se negativně promítají do ceny výrobku, výrazně ovlivňují její cenotvorbu a následnou prodejnost.

Návrhy zlepšení kvality odlitku a integrity povrchu:

- zamezit přidáváním druhotného materiálu do taveniny pro odlévání,
- kontrola usazení pískového jádra v kokile a případné úpravy zámků,
- zajištění celistvosti jádra úpravou forem či ochranným povlakem,
- používání základního materiálu od renomovaných sléváren.

Pro zlepšení kvality integrity povrchu je z ekonomického hlediska důležité apelovat na dodavatele, aby zvýšenou pozornost věnoval zamezení kontaminace taveniny druhotným materiálem a zpracovával jej již během slévání.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002, 392 s. ISBN 80-7204-248-32.
2. CHAKRABARTI, A.K. *Casting technology and cast alloys*. 2. opr. a rozš. vyd. New Delhi: Prentice-Hall of India, 2005, 392 s. ISBN 81-203-2779-9.
3. SCHRADER, G.F., ELSHENNAWY A.K., DOYLE, L.E. *Manufacturing processes and materials*. [cit. 25. 10 2012]. Dostupné na World WideWeb: http://books.google.cz/books?id=Nz2wXvmkAF0C&pg=PT214&dq=metal+casting+materials+isbn&hl=cs&ei=bnLJTSD1Mlr1sgbtoejqBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CEgQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false
4. OTÁHAL, Vlastislav. *MetalCasting and Foundry Consult*, Otáhal Vlastislav, Brno, Horská 27. [cit. 25. 10 2012]. Dostupné na World WideWeb (zkrácená verze): http://otahalconsult.cz/wp-content/pdf/Vady_odlitku_vytah.pdf
5. NEFF, D. *Casting Defects Handbook: Copper & Copper Base Alloys*. [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné na World WideWeb: http://www.afsinc.net/wintercatalog/defects-copper_ch05preview.pdf
6. OTT, Dieter. *Handbook of casting defects In Gold Jewellery manufacture*. [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné na World WideWeb: http://www.gold.org/download/pub_archive/pdf/WOR8295_Handbook_of_casting_defects.pdf
7. NOVASERVIS spol s r. o. [online]. [cit. 2013-05-13]. Dostupné na World WideWeb: <http://www.novaservis.cz>
8. TESCAN, a.s. [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné na World WideWeb: <http://www.tescan.com/cz>
9. Shimadzu Scientific Instruments. [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné na World WideWeb: <http://www.ssi.shimadzu.com/products>
10. Thermo Fisher Scientific Inc. [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné na World WideWeb: <http://www.thermoscientific.com>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

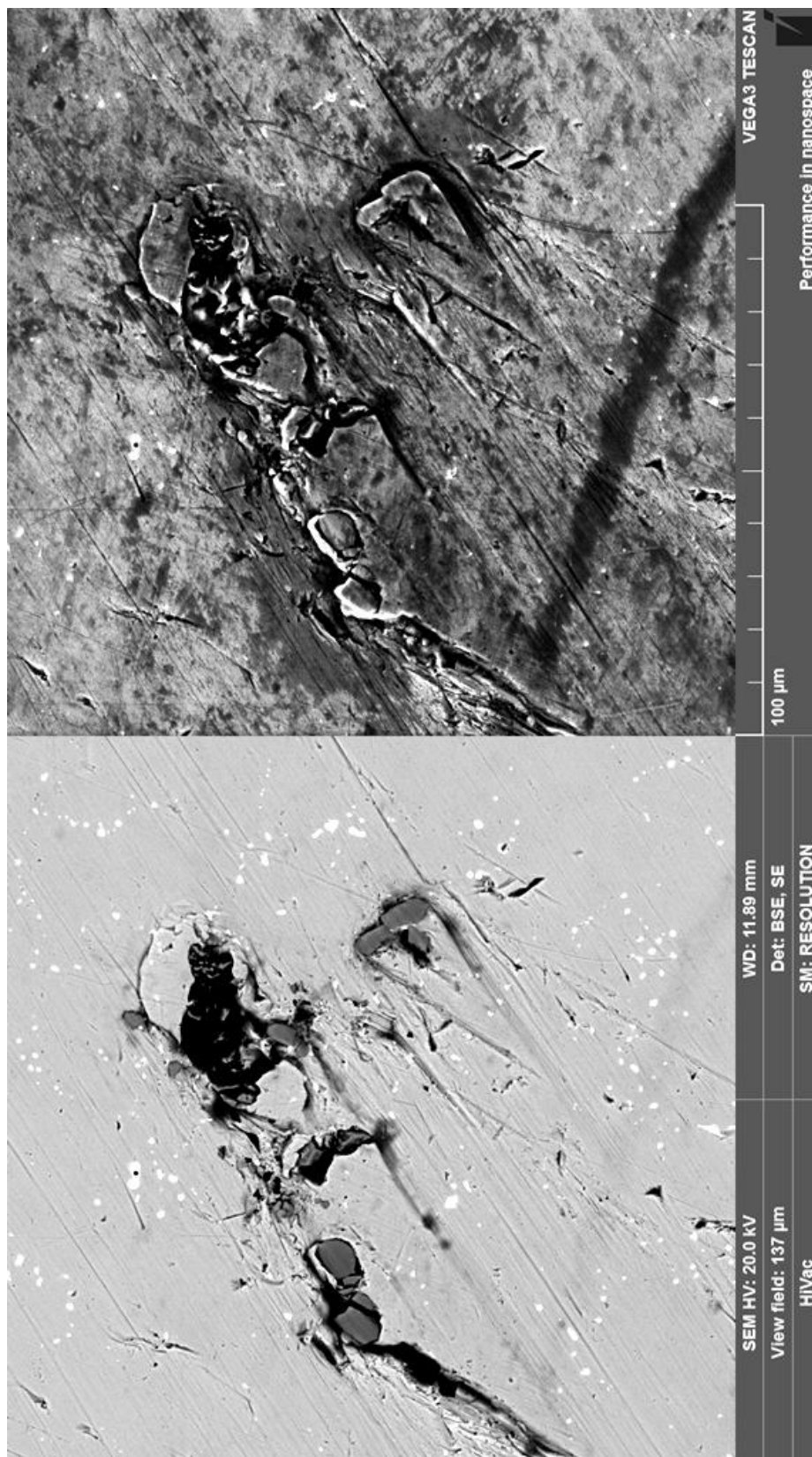
Zkratka	Jednotka	Popis
EDX	[-]	Energy Disperse X-ray
NC	[-]	Numeric control
TEM	[-]	Transmission Electron Mircoscopy
SEM	[-]	Scanning Electron Microscopy

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Vzorek č.1 – snímek vady
Příloha 2	Vzorek č.2 – snímek vady
Příloha 3	Vzorek č.3 – snímek vady
Příloha 4	Vzorek č.1 – plošná prvková analýza
Příloha 5	Vzorek č.2 – plošná prvková analýza
Příloha 6	Vzorek č.3 – plošná prvková analýza
Příloha 7	Vzorek č.1 – bodová prvková analýza v 1. bodě vady
Příloha 8	Vzorek č.1 – bodová prvková analýza v 2. bodě vady
Příloha 9	Vzorek č.1 – bodová prvková analýza mimo vadu
Příloha 10	Vzorek č.2 – bodová prvková analýza v 1. bodě vady
Příloha 11	Vzorek č.2 – bodová prvková analýza v 2. bodě vady

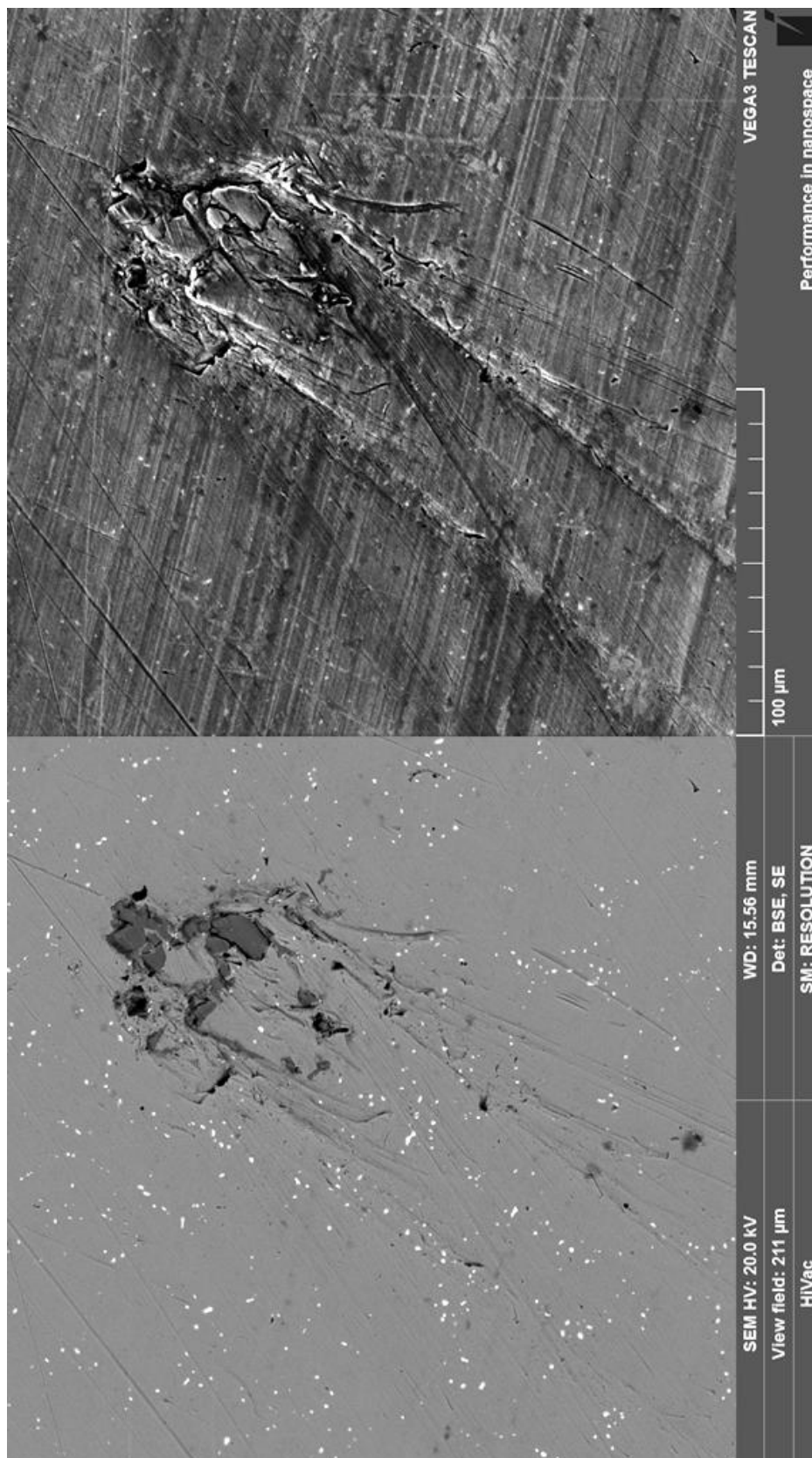
PŘÍLOHA 1

Vzorek č.1 – snímek vady



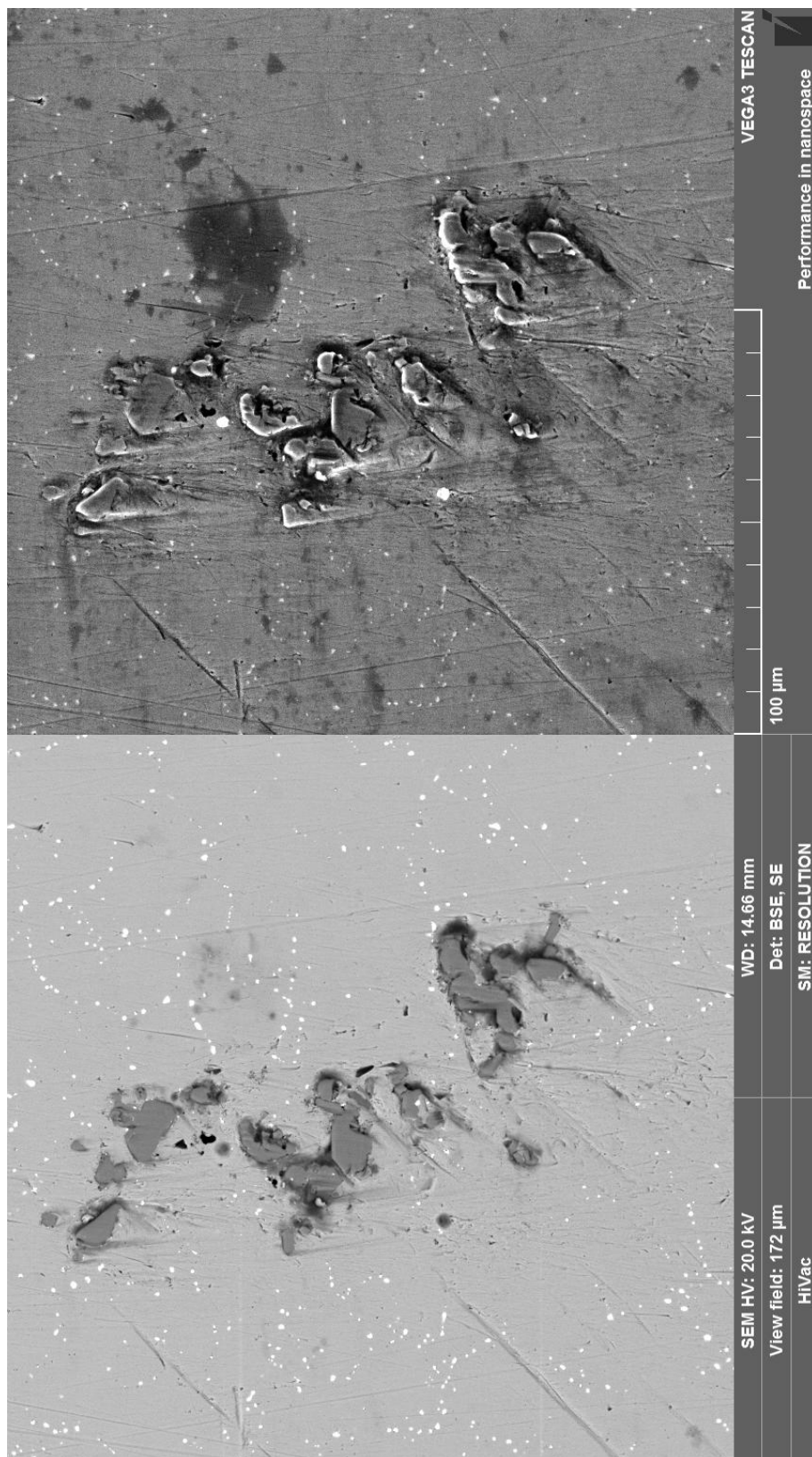
PŘÍLOHA 2

Vzorek č.2 – snímek vady



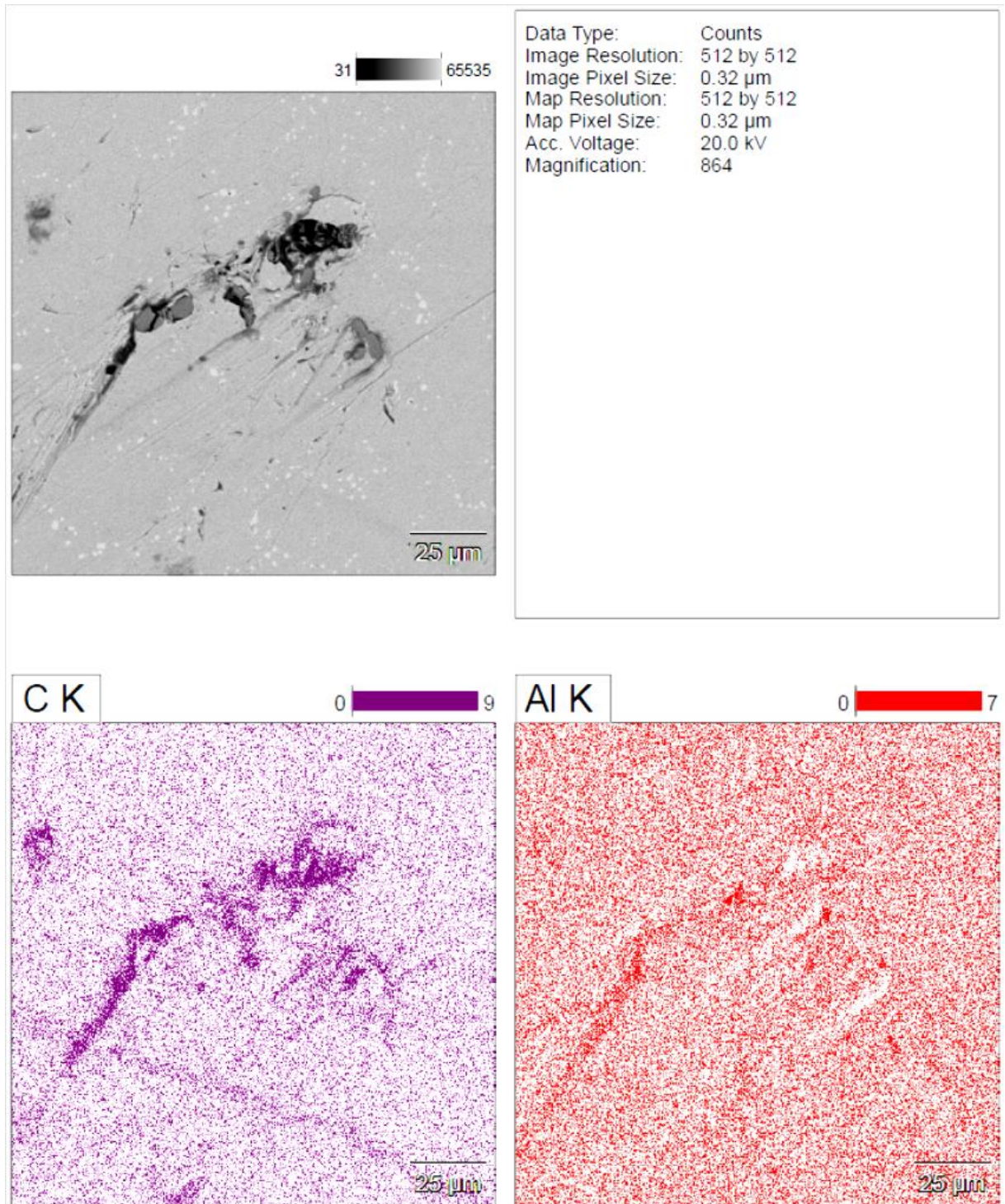
PŘÍLOHA 3

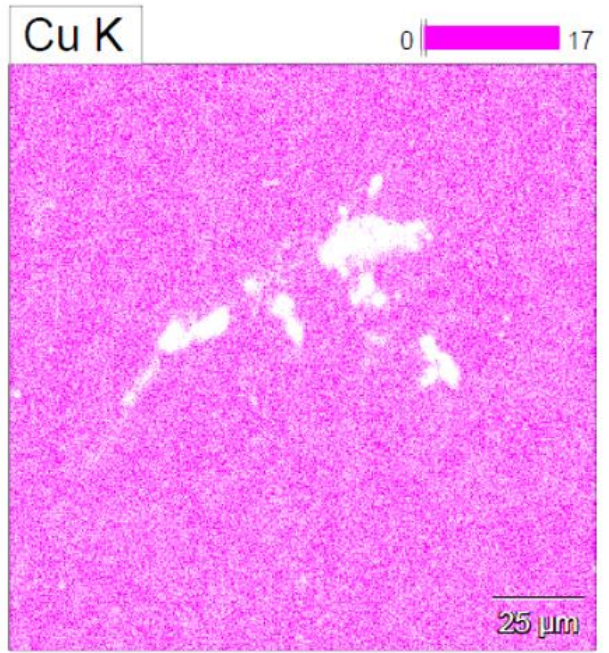
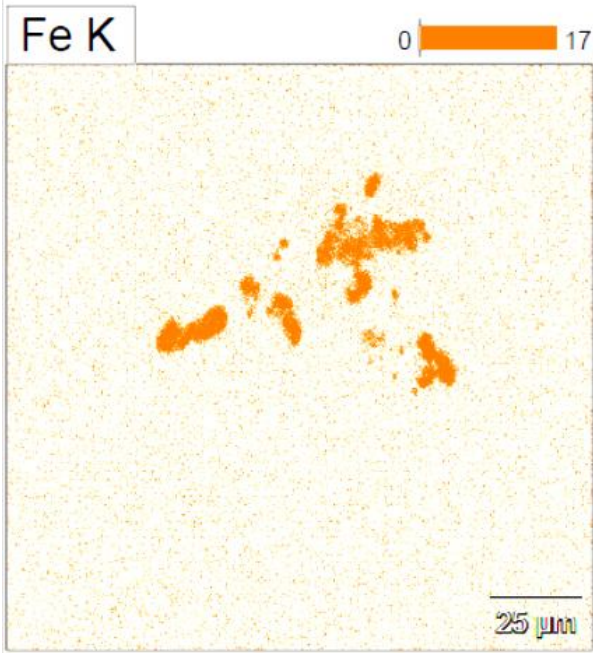
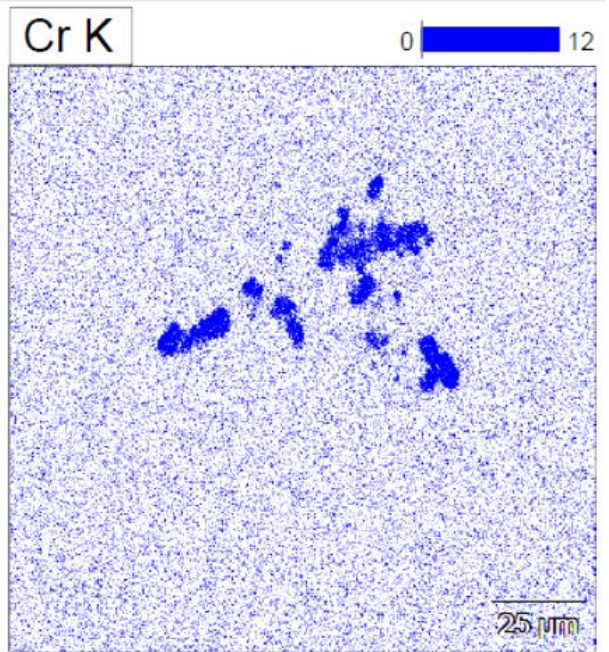
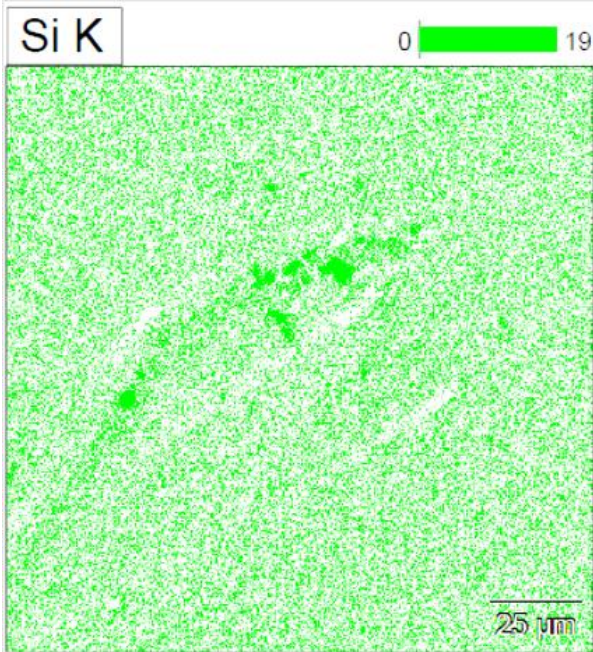
Vzorek č.3 – snímek vady



PŘÍLOHA 4

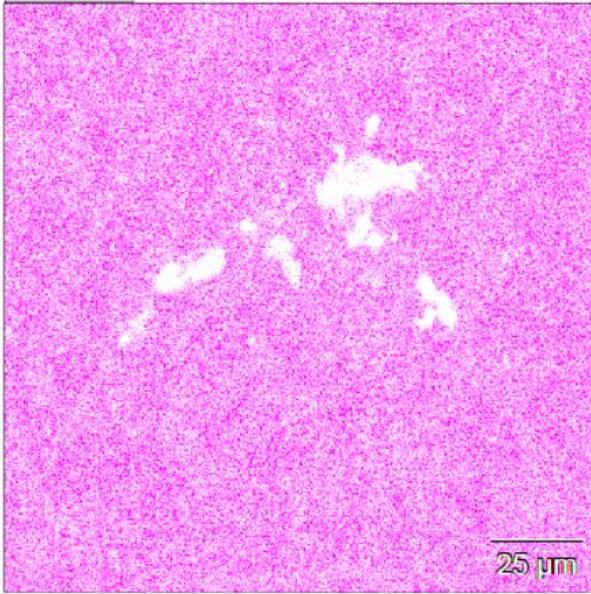
Vzorek č.1 – plošná prvková analýza





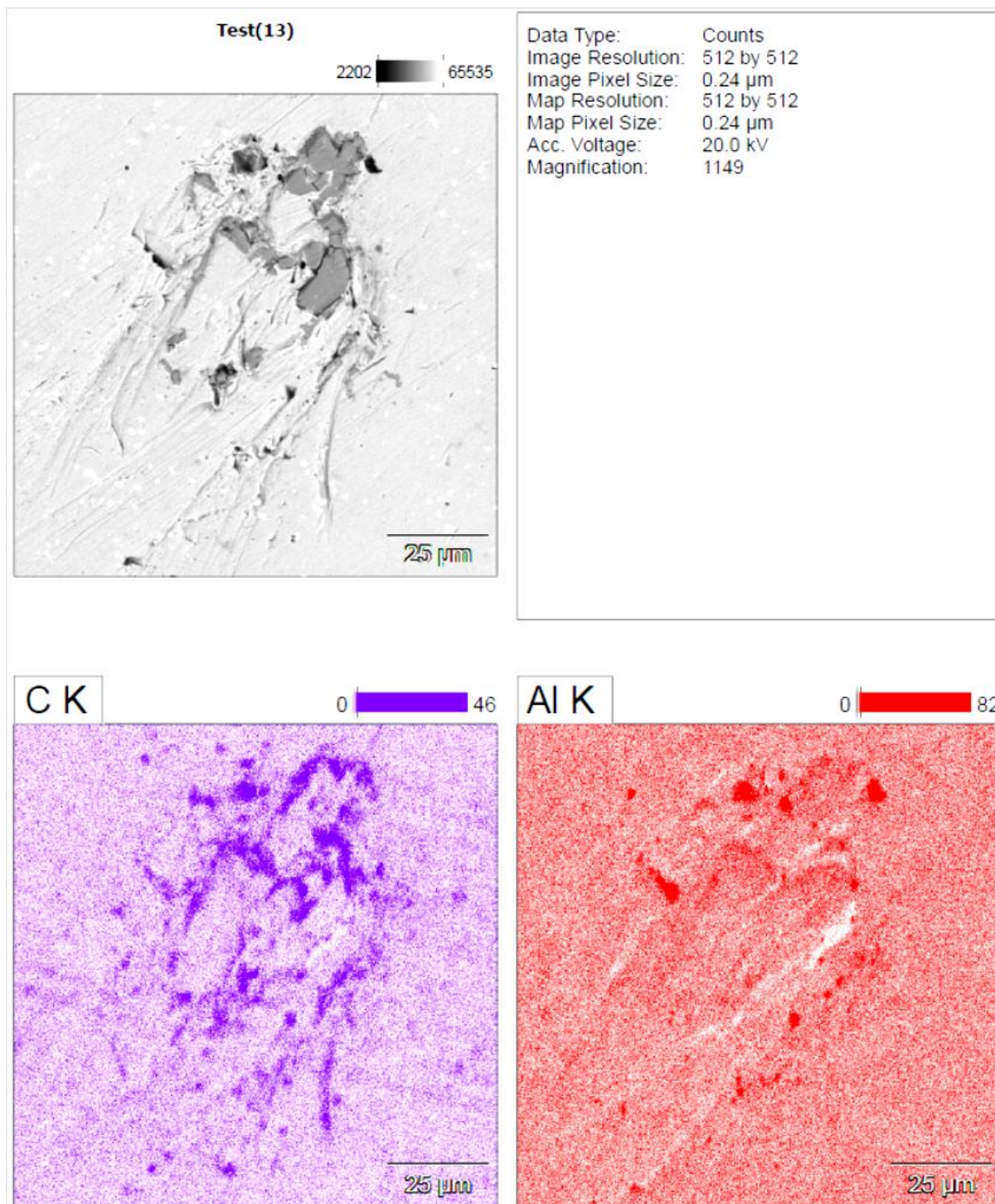
Zn K

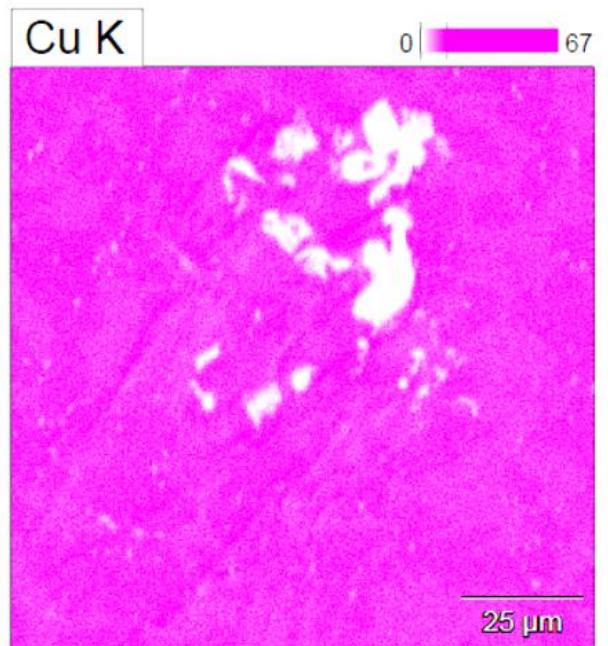
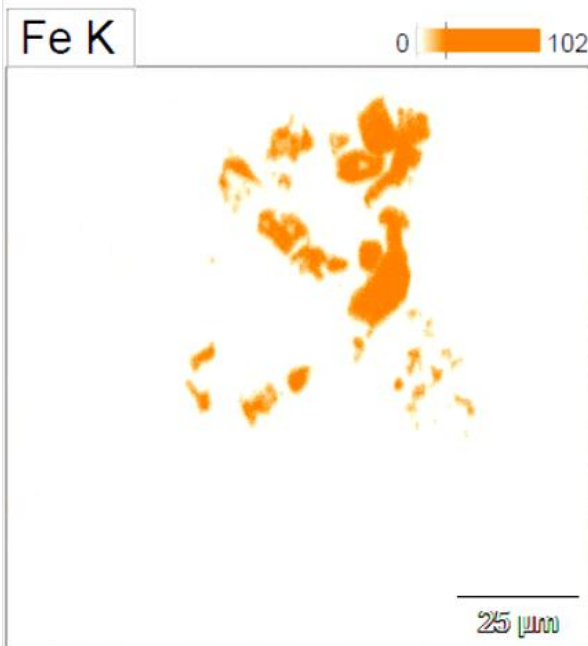
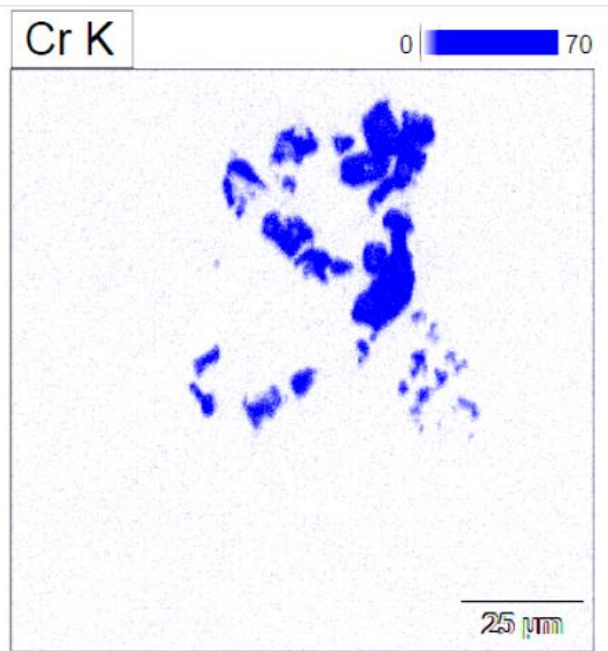
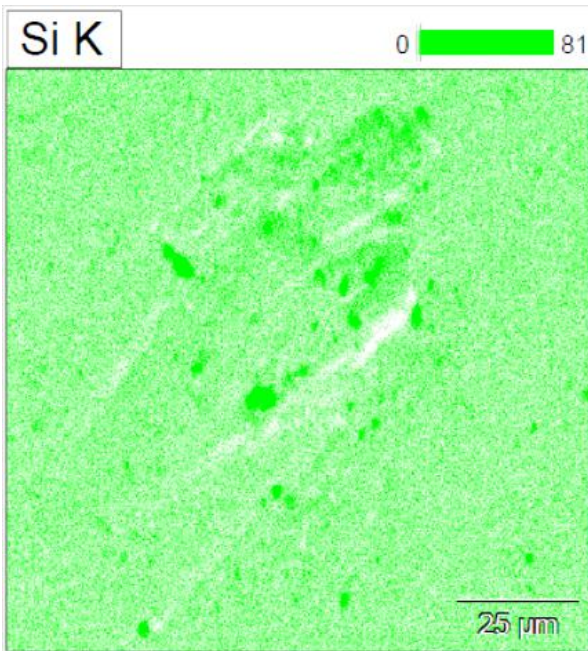
0 13



PŘÍLOHA 5

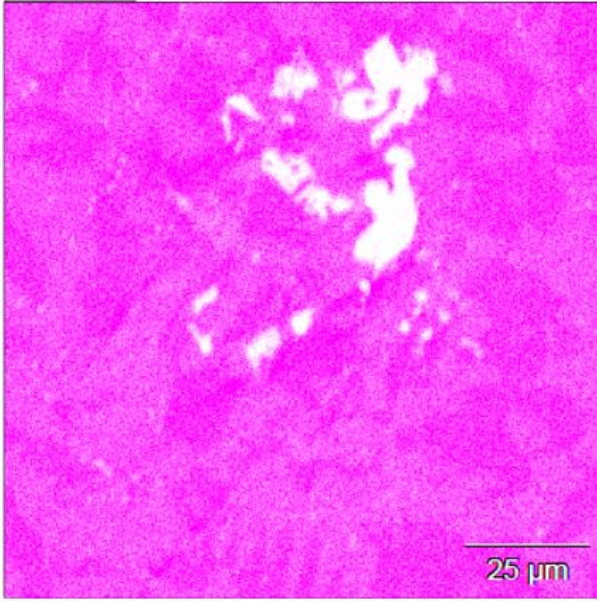
Vzorek č.2 – plošná prvková analýza





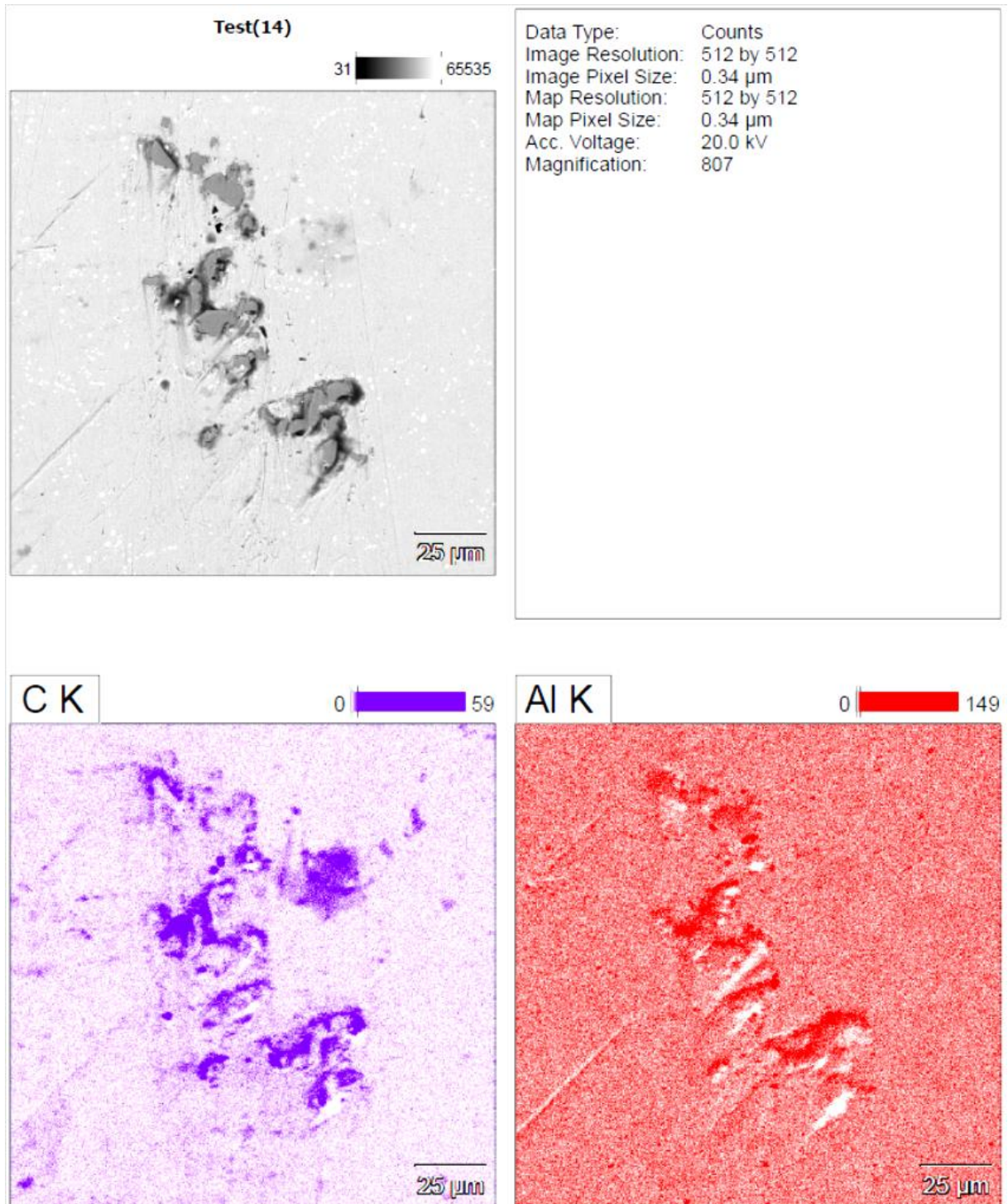
Zn K

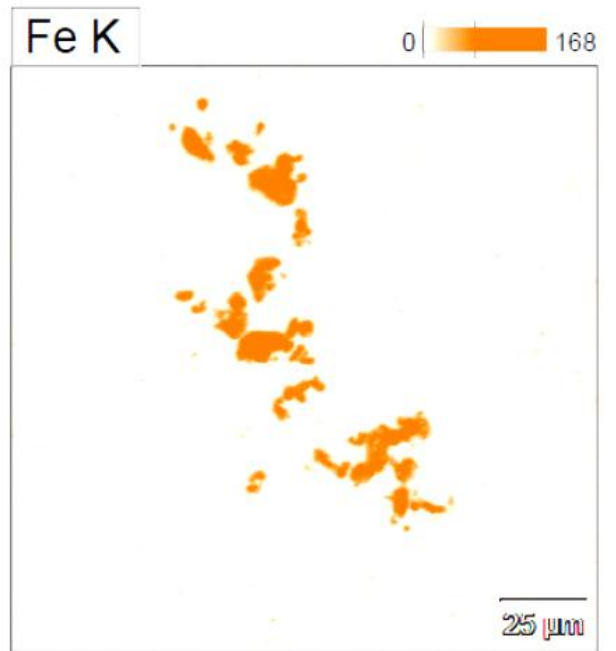
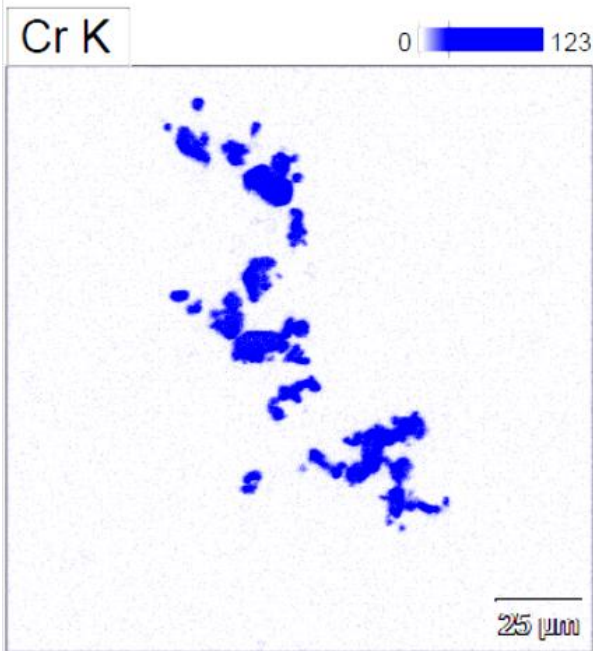
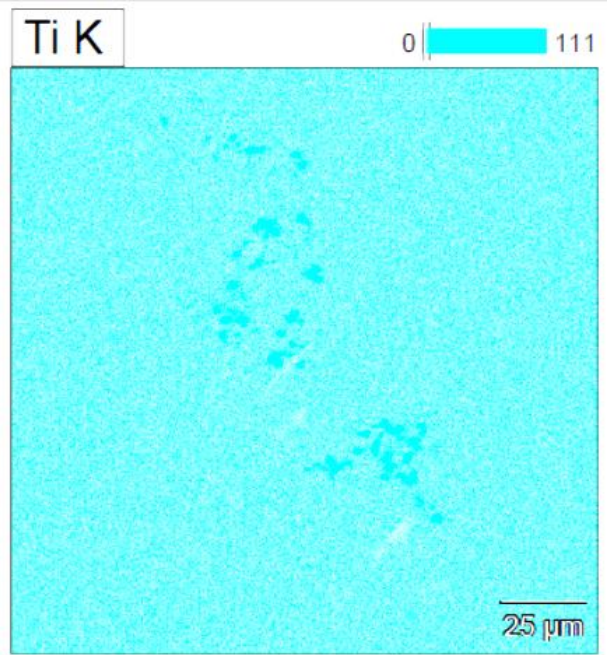
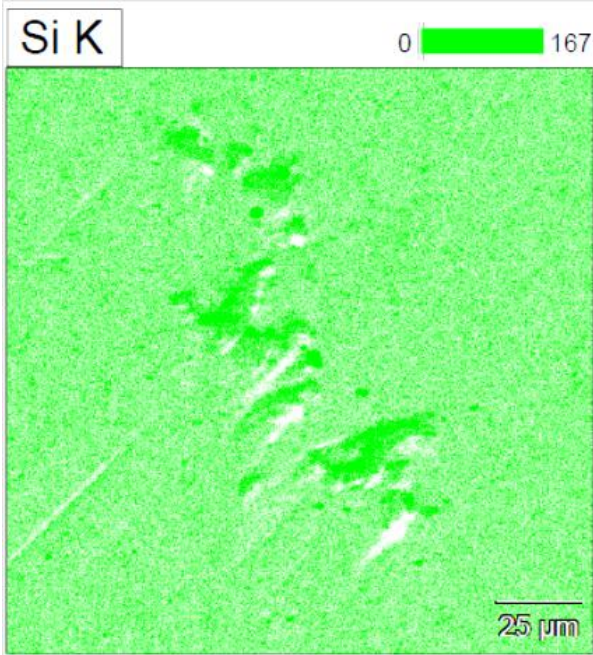
0 46



PŘÍLOHA 6

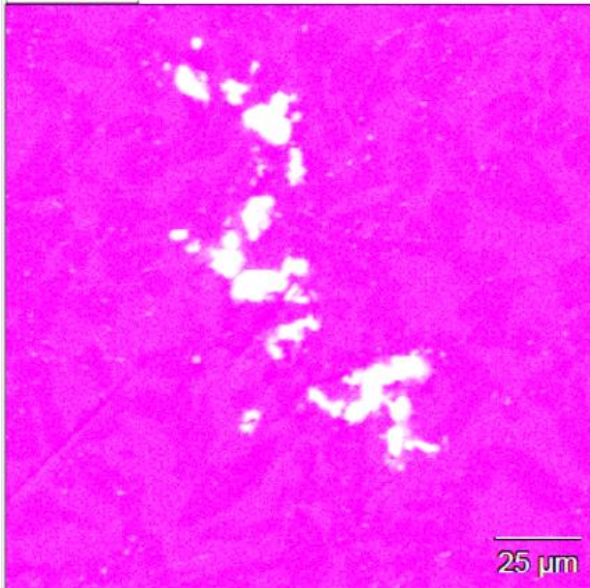
Vzorek č.3 – plošná prvková analýza





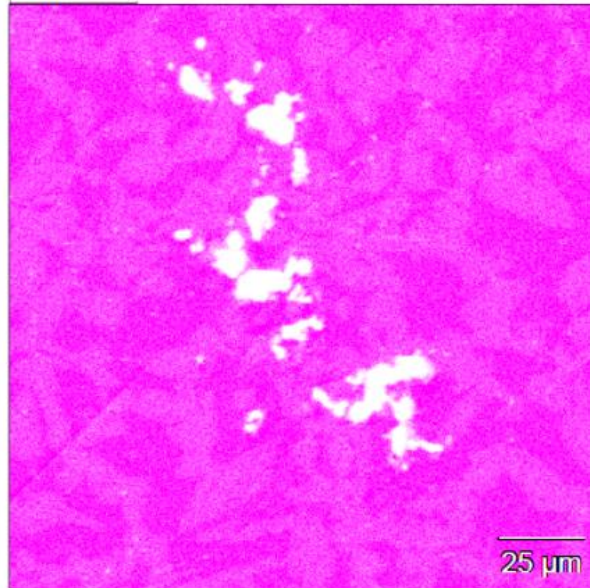
Cu K

0 121



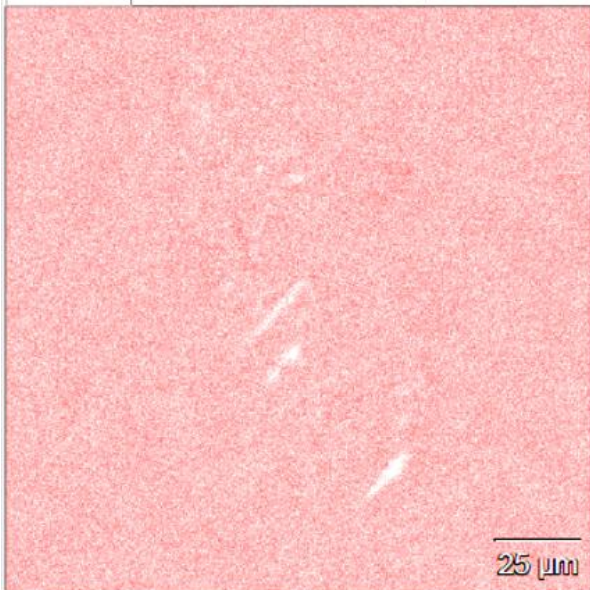
Zn K

0 77



Sn L

0 26



PŘÍLOHA 7

Vzorek č.1 – bodová prvková analýza v 1. bodě vady

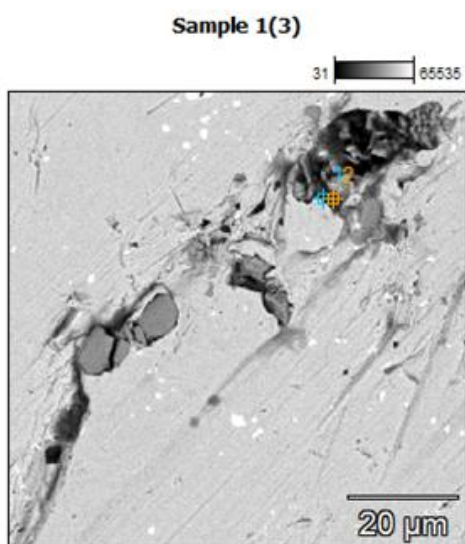
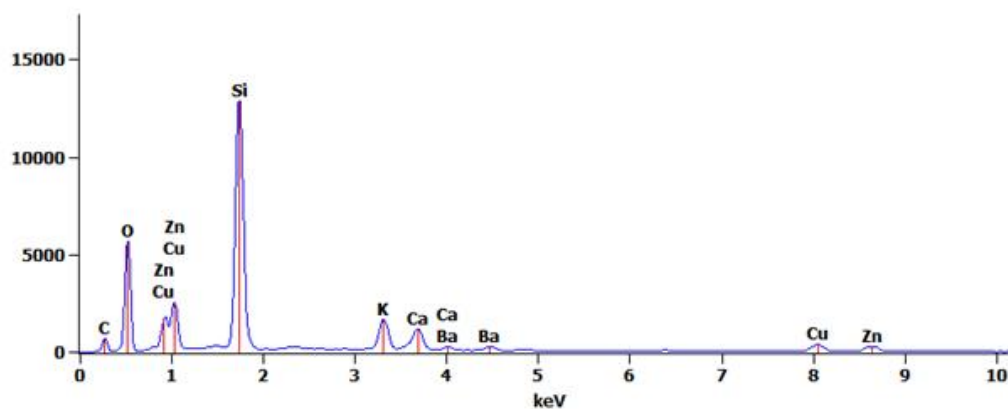


Image Name: Sample 1(3)
 Image Resolution: 512 by 512
 Image Pixel Size: 0.16 μm
 Acc. Voltage: 20.0 kV
 Magnification: 1659

Full scale counts: 12847

Sample 1(3)_pt2



Element	Net	Net	Element	Atom %
Line	Counts	Error	Wt. %	
C K	3806	+/-71	6.59	12.07
O K	32546	+/-226	40.71	55.99
Si K	116069	+/-506	27.92	21.88
K K	17625	+/-285	4.94	2.78
Ca K	13111	+/-272	4.00	2.19
Cu K	6393	+/-230	7.25	2.51
Zn K	4963	+/-229	6.81	2.29
Ba L	2804	+/-274	1.78	0.29
Total			100.00	100.00

PŘÍLOHA 8

Vzorek č.1 – bodová prvková analýza v 2. bodě vady

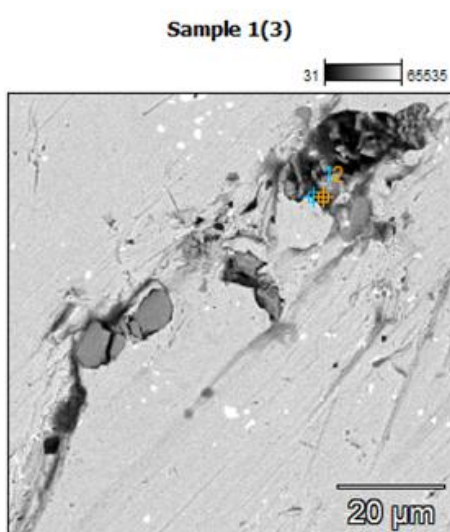
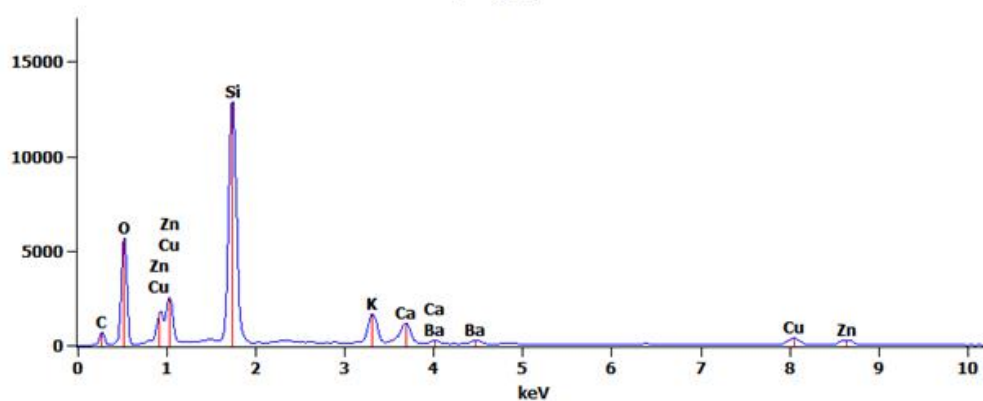


Image Name: Sample 1(3)
 Image Resolution: 512 by 512
 Image Pixel Size: 0.16 µm
 Acc. Voltage: 20.0 kV
 Magnification: 1659

Full scale counts: 12847

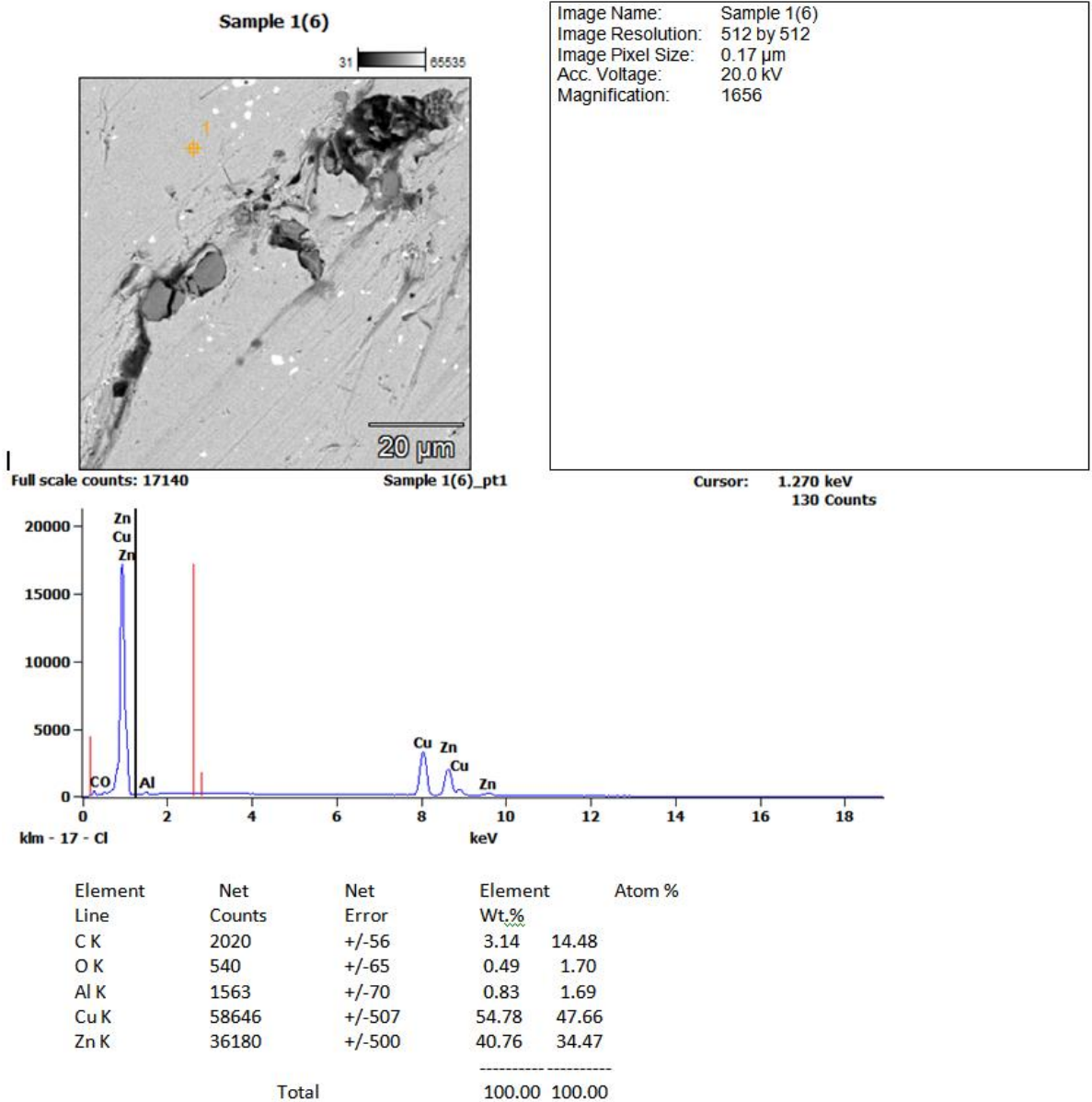
Sample 1(3)_pt2



Element Line	Net Counts	Net Error	Element Wt. %	Atom %
C K	3806	+/-71	6.59	12.07
O K	32546	+/-226	40.71	55.99
Si K	116069	+/-506	27.92	21.88
K K	17625	+/-285	4.94	2.78
Ca K	13111	+/-272	4.00	2.19
Cu K	6393	+/-230	7.25	2.51
Zn K	4963	+/-229	6.81	2.29
Ba L	2804	+/-274	1.78	0.29
		Total	100.00	100.00

PŘÍLOHA 9

Vzorek č.1 – bodová prvková analýza mimo vadu



PŘÍLOHA 10

Vzorek č.2 – bodová prvková analýza v 1. bodě vady

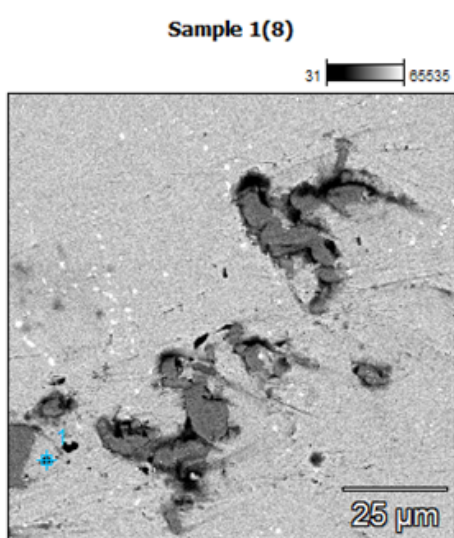
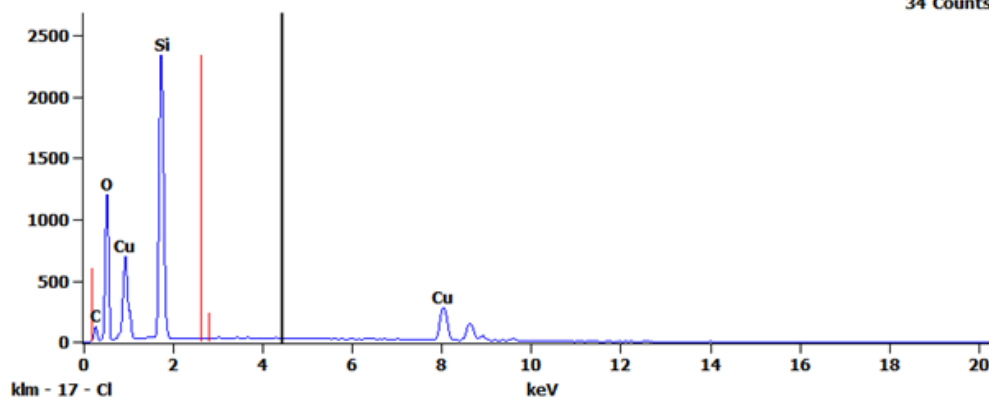


Image Name: Sample 1(8)
 Image Resolution: 512 by 512
 Image Pixel Size: 0.21 μm
 Acc. Voltage: 20.0 kV
 Magnification: 1304

Full scale counts: 2333

Sample 1(8)_pt1

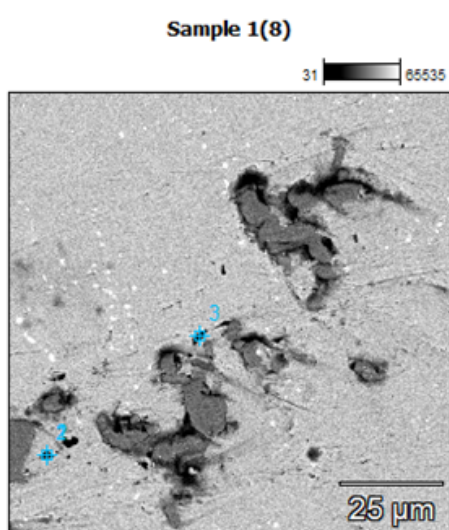
Cursor: 4.437 keV
 34 Counts



Element Line	Net Counts	Net Error	Element Wt. %	Atom %
C K	530	+/-28	4.75	10.15
O K	6947	+/-82	31.67	50.76
Si K	20171	+/-154	26.66	24.35
Cu K	4605	+/-155	23.25	9.38
Zn K	2240	+/-144	13.67	5.36
Total			100.00	100.00

PŘÍLOHA 11

Vzorek č.2 – bodová prvková analýza v 2. bodě vady

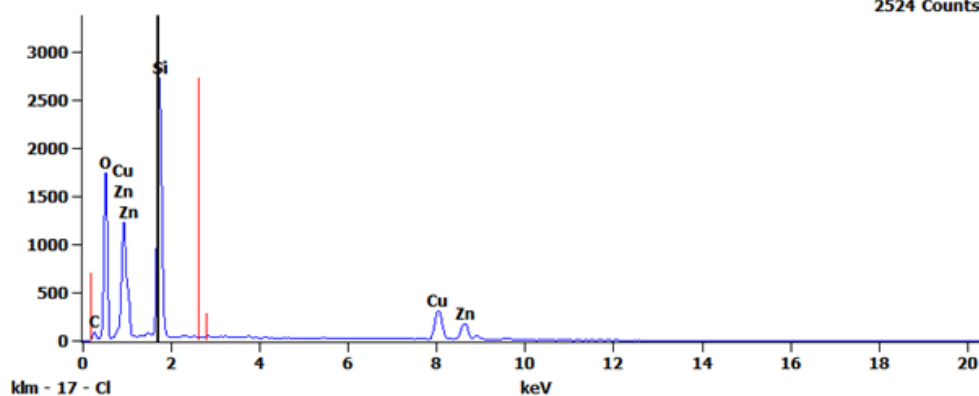


Full scale counts: 2729

Image Name:	Sample 1(8)
Image Resolution:	512 by 512
Image Pixel Size:	0.21 μm
Acc. Voltage:	20.0 kV
Magnification:	1304

Sample 1(8)_pt3

Cursor: 1.728 keV
2524 Counts



Element Line	Net Counts	Net Error	Element Wt. %	Atom %
C K	479	+/-29	3.36	7.18
O K	9894	+/-101	34.17	54.77
Si K	24096	+/-176	25.53	23.31
Cu K	5465	+/-170	21.93	8.85
Zn K	3089	+/-162	14.99	5.88
Total			100.00	100.00