ODHALOVÁNÍ TAJEMSTVÍ SMALTU A EMAILU V TECHNICKÉM MUZEU V BRNĚ

Přístupy k muzejnímu zpracování dokladů průmyslu, techniky a řemesel ve spolupráci s Metodickým centrem konzervace na příkladu unikátní kazety s práškovými emaily

/ Pavla Stöhrová / Karel Rapouch /

Technické muzeum v Brně (TMB) se věnuje systematickému mapování vývoje průmyslu, výzkumu a technických odvětví především na území Moravy a Slezska, u některých oborů s přesahem mimo tento region. Časový záběr sledované problematiky není omezen, logicky je však největší pozornost věnována období posledních 100–150 let, kdy se rozvíjelo průmyslové podnikání v návaznosti na v 19. století založené podniky a firmy. Sledovány a zpracovávány muzejními prostředky jsou peripetie vývoje jednotlivých producentů. Jejich produkce je předmětem akviziční činnosti a následně i námětem prezentačních aktivit muzea. Například prvorepublikové období , je periodou, jež je z tohoto hlediska vděčným a nevyčerpatelným zdrojem informací a podnětů.

Témata expozic a krátkodobých výstav, která jsou pro návštěvníky více atraktivní, opakovaně přivádějí do muzejních prostor zájemce o historii lokality, navíc s bonusem určité osobní reflexe, neboť téměř každý návštěvník najde souvislost vystavovaného s jeho osobní nebo rodinnou historií.[1] I když žádná z expozic Technického muzea v Brně není prioritně zaměřena pouze na jeden konkrétní podnik, neboť koncepce prezentací byla už v době jejich vzniku volena s ohledem na představení rozsáhlejších souvislostí celých oborů či jejich částí v širším časovém průřezu, byl logicky využit soubor nejdůležitějších a nejreprezentativnějších akvizic z průmyslových podniků, ať již se jedná o turbíny či parní stroje užívané jako pohony v továrnách, kolekce výrobků či jejich reprezentativní solitéry (například unikátní automobily, věžní hodinové stroje, litinové artefakty, aj.) nebo komplexní muzejní instalace (zejména v expozici Ulička řemesel, kde však jde o dílenské a drobné provozovny, nikoliv průmyslové podniky, případně stereovize – Panorama). Podobně je tomu u výstav, kdy zatím až na výjimky nejsou přednostně sledovány osudy určitých firem či továren, i když – zvláště při příležitosti významných výročí z historie těchto podniků – by i takto pojaté prezentace mohly být divácky úspěšné.

Nejvýznamnější prezentační a výzkumné projekty s tímto zaměřením z posledních let jsou projekty podpořené z programu výzkumu národní a kulturní identity Ministerstva kultury ČR (tzv. NAKI) řešené ve spolupráci s Národním památkovým ústavem, ÚOP Ostrava „Industriální dědictví Moravy a Slezska" a „Průmyslové dědictví z pohledu památkové péče" a výstavní projekt ke 100. výročí vzniku Československa

1 Souvislost ve smyslu „ v takové fabrice pracoval můj děda", „takové věci jsme měli doma taky", „sousedi měli stejné auto jako je tady v expozici" apod. V akviziční a prezentační činnosti muzeum rovněž aktivně pracuje s fenoménem tzv. dotýkaných předmětů (exponáty jsou pro návštěvníky atraktivnější, pokud se jedná o autentické kusy dotýkané například známými osobnostmi). Nezanedbatelný je pak přínos kampaní, kdy je veřejnost vyzvána, aby napomohla s muzejní dokumentací konkrétní problematiky, protože jednak se jejich prostřednictvím daří vcelku příhodně doplňovat sbírkový fond, jednak se tímto procesem buduje kladný postoj jedince k paměťové instituci s cílem docenění hodnoty kulturního dědictví.

„Průmysl na Moravě 1918".[2] Ale i další výstavní projekty, u kterých to nelze explicitně předpokládat, problematiku rozvoje techniky a průmyslu v Československu reflektují, a to i s dlouhodobým dopadem na muzejní akviziční a výzkumnou strategii. V následujícím textu je jeden z příkladů popsán a jako takový ilustruje i specifika muzejní práce a muzeologický přístup uplatňovaný v Technickém muzeu v Brně. Ve druhé části textu se podrobněji zabýváme jednou z unikátních akvizic vzešlých z tohoto výstavního projektu, jež slouží jako příklad muzejní identifikace předmětu na základě jeho materiálových a funkčních specifik s využitím moderního přístrojového vybavení pracoviště Metodického centra konzervace TMB.

CESTA KAZETY S PRÁŠKOVÝMI EMAILY DO TECHNICKÉHO MUZEA V BRNĚ

V letech 2017 a 2018 Technické muzeum v Brně prezentovalo úspěšnou výstavu *Umění emailu / Technika smaltu*, která návštěvníkům přiblížila technologii povrchové ochranné a výzdobné úpravy kovových materiálů, a to jak v umělecké tvorbě, tak v průmyslu. Výstava byla doplněna katalogem *Umění emailu / Technika smaltu* a workshopem s ukázkami rekonstrukcí emailérských technik v umělecké tvorbě. Koncept výstavy umožnil doslova pod jednou střechou soustředit tak vzdálené světy, jako je svět průmyslové tovární produkce běžného zboží každodenní potřeby a svět excelentních výtvarných děl, uměleckořemeslných artefaktů a souborů kulturního dědictví nedozírné hodnoty, včetně jejich ochrany. Tento unikátní přístup[3] byl ovlivněn dvěma zásadními východisky. Jednak se na vzniku, přípravách výstavy a zejména workshopu experimentálních rekonstrukcí různorodých postupů práce se smaltem podílelo Metodické centrum konzervace Technického muzea v Brně (MCK), jež se dlouhodobě specializuje na výzkum a ochranu historických kovových artefaktů a právě smalt/email zde byl již dříve předmětem zájmu například i v rámci výzkumu výzdobných technik a povrchových úprav kovů a jejich slitin. Druhým východiskem pak byl fakt, že právě Brno a jeho bezprostřední okolí sehrálo významnou roli při inovacích vedoucích k aplikaci smaltu na slitinách železa a tím i k jeho rozšíření jako průmyslové technologie do masové tovární výroby. „Továren na výrobu smaltovaného zboží zde (v Brně – pozn. aut.) působilo hned několik a nejstarší z nich je zároveň pionýrem ve využívání technologie nezávadného smaltu v rámci středoevropského regionu. Zdejší výrobci se primárně soustředili na produkci smaltovaného nádobí a zboží denní potřeby, počátkem 20. století se mezi klíčové zákazníky zařadila armáda. Brněnské firmy pravidelně slavily se svými výrobky úspěchy na průmyslových výstavách, o zboží byl enormní zájem v zahraničí, kam byla orientována podstatná část produkce. Z hlediska objemu výroby a podílu na trhu byly zdejší továrny na vrcholu od druhé poloviny 19. století do poloviny následujícího století. Po restrukturalizacích na přelomu čtyřicátých a padesátých let 20. století význam brněnských smaltoven opadl."[4]

Nečekaný zájem veřejnosti i odborníků o výstavu byl potěšující. Podle návštěvnických průzkumů a zápisů v knize návštěv lze konstatovat, že nemalá část příchozích byla zaujata právě tou polovinou prezentace, která se zabývala tovární produkcí. Poměrně nedávný útlum výroby je příčinou toho, že smaltérská tradice regionu je ještě stále přítomná v povědomí veřejnosti. V rámci příprav výstavy se podařilo kontaktovat současné výrobce, ale i sběratele či majitele starších předmětů, díky kterým vznikl reprezentativní průřez dokladů rozličného užití smaltu, a to doslova od smaltovaného hrnce po architektonické segmenty velkokapacitních zásobníků a montovaných staveb. Tímto způsobem se podařilo obohatit nejen prezentaci, ale i tezaurus sbírek muzea. Vzhledem k velké šíři oblastí, ve kterých se smalt uplatňuje, není

2 http://www.technicalmuseum.cz/veda-vyzkum/projekty-granty/; http://www.technicalmuseum.cz/akce/prumysl-na--morave-1918/

3 Výstava podobného rozsahu a zaměření dosud nebyla realizována v rámci středoevropského prostoru a i v širší geografické oblasti je unikátní. Paralelu lze nalézt například v italském Bergamu, kde na podnět ředitele místní smaltovny vznikla drobná prezentace (avšak bez historických dat, doplňujících informací k technologii apod., jedná se pouze o ukázky produkce středně velké smaltovny), přičemž hlavní program výstavní činnosti je zde zaměřen na současnou výtvarnou tvorbu.

4 STÖHROVÁ, Pavla (ed.): *Smalt/email.* Uměleckořemeslná technika i moderní povrchová úprava kovů. Brno, Technické muzeum v Brně 2018, s. 191.

samozřejmě možné, aby tyto byly koncentrovány do jedné oborové sbírky, ale smalt je vykazován v celé škále dalších kolekcí, zejména pak technika domácnosti, jemná mechanika, litina a slévárenství apod. Do akviziční strategie se i přesto smalt/email a přírůstky související s výstavou promítly, a to rozšířením sbírky oboru řemesla, přesněji umělecká řemesla. Ačkoliv muzeum nevěnuje pozornost dílům uměleckých řemesel jako takovým (což je v kompetenci uměleckořemeslných muzeí a galerií), dokumentuje doklady jejich vytváření, tedy nářadí, pomůcky, materiály a technologické postupy. Naprosto ojedinělým počinem bylo získání kazety s paletou práškových emailů se základními nástroji, která sloužila zřejmě v první polovině 20. století. Obsahuje samotné emaily, v některých případech ještě zapečetěné a nepoužité, a také několik pomůcek k jejich nanášení. Do výstavy a posléze sbírky byla získána v průběhu výstavy, a ačkoliv je evropské provenience, do fondu muzea byla zakoupena až z Austrálie. Přírůstek okamžitě vzbudil zájem veřejnosti, zejména pak odborné a samotných tvůrců, a dosud nemá v českém prostředí obdoby. Bohužel se nepodařilo při kontaktu s původní majitelkou získat další upřesňující informace k historii předmětu, proto byla kurátorka při dalším muzejním zpracovávání a deskripci odkázána na dokumentaci na základě pramenního průzkumu (jež je z povahy věci velice torzovitá), a především pak materiálového průzkumu ve spolupráci s kolegy z MCK. V následující části textu je popsáno, jakým způsobem lze materiálovou analýzu a odborné činnosti konzervátorského pracoviště využít při procesech muzejní tezaurace – tento proces je ve studii podán jako modelový příklad.

ANALÝZA SBÍRKOVÉHO PŘEDMĚTU NA KONZERVÁTORSKÉM PRACOVIŠTI

Posláním Metodického centra konzervace je mimo jiné poskytování poradenských služeb v oblasti péče o sbírkové materiály, jejichž základní bází je kvalitní zpracování materiálových průzkumů. V případě unikátní kazety s paletou práškových emailů bylo testováno, zda lze pomocí metod instrumentální chemické analýzy, kterými je MCK vybaveno, zjistit chemické složení emailu/smaltu. V tomto smyslu je výsledek testování zajímavý také z toho důvodu, že polotovary používané při uměleckořemeslné tvorbě jsou různými dodavateli poskytovány bez detailního rozpisu chemického složení, neboť ty jsou chráněným know-how producenta (stejně tak, jako tomu bylo v minulosti). Navíc vzhledem k tomu, že není možné zpravidla u předmětů zdobených smaltem odebrat vzorek materiálu, musí být metoda neinvazivní a nedestruktivní a vyžadující jen minimální úpravu vzorku. Možnost prozkoumat emailérskou surovinu proto byla velice zajímavou příležitostí. Laboratoř MCK je vybavena mobilním rentgenofluorescenčním spektrometrem (XRF) určeným k analýze anorganických materiálů, kterými smalty jsou. Kazeta historických práškových smaltů obsahuje 86 skleněných ampulí, což je dostatečný soubor, díky němuž můžeme zhodnotit vhodnost analytické metody. Kazeta obsahuje smalty různých značek a provenience (Obr. 1), jejichž datace se odhaduje na přelom 19. a 20. století. Z evropské provenience se jedná o dvě firmy – *Á Lacroix Chimiste á Paris* a *Reeves and Sons London*, z americké pak *Boston China Decorating Works* (Obr. 2).

Firma *Reeves and Sons London* byla významným podnikem, který vyráběl potřeby pro umělce, a to především barvy různých druhů (pastely, křídy, olejové barvy), a dokonce je mu připsán objev akvarelu. Firma byla založena již v roce 1766 Wiliamem Reevesem a jako taková fungovala až do roku 1976. Poté byla začleněna pod americkou společnost Colart.[5] O historii dalších dvou firem se bohužel nepodařilo nic dohledat.

Po dokumentaci souboru bylo zjištěno, že některé práškové smalty se nachází ve více exemplářích a některé ampule byly prázdné. Výsledný počet vzorků tedy poklesl na 52.

5 https://www.gracesguide.co.uk/Reeves_and_Sons.

Obr. 1: Kazeta s uměleckými emaily (výrobci: Á Lacroix Chimiste á Paris, Reeves and Sons London, Boston China Decorating Works)

Obr. 2: Detail tří vybraných ampulí s emaily

Ruční rentgenofluorescenční spektrometr (kterým je vybaveno i pracoviště MCK) je dobrým pomocníkem ke zjištění prvkového složení při nálezech *in situ* nebo k analyzování velkých předmětů, které nelze demontovat. Principem metody je vybuzení energetických stavů elektronů v blízkosti jádra atomů pomocí rentgenového záření vyslaného ze zdroje v přístroji. Elektrony ve vybuzeném stavu se zbaví přebytečné energie vyzářením rentgenového záření, které je charakteristické pro dané prvky. Toto záření je pak zachyceno detektorem a vyhodnoceno softwarem přístroje. Protože ale mobilní XRF nepracují ve vakuu, jako například stolní XRF nebo elektronové mikroskopy s mikrosondou, jsou jejich možnosti omezené. V první řadě je to problém s detekcí lehkých prvků, kdy u mobilního XRF (konkrétně Olympus Innov-X Delta) je nejlehčím detekovaným prvkem hořčík[6] (atomové číslo 12). Oproti tomu laboratorní přístroje umožňují detekovat prvky od bóru (atomové číslo 5). Tím při analýze silikátů – smaltů pomocí ručního XRF chybí prvky jako je sodík a fluor, které v nich bývají přítomny. Další nevýhodou mobilního XRF je rozlišení detektoru, které je cca 150 eV (elektronvoltů). Laboratorní XRF a skenovací elektronové mikroskopy (zkr. SEM) bývají vybaveny i jiným typem detektoru, který dosahuje rozlišení až 5 eV.[7] Při horším rozlišení detektorů tak může docházet k překryvu signálů některých prvků a přístroj je vyhodnotí nesprávně. Další vyhodnocení je pak závislé na software přístroje.

Problémem při analýze smaltů se ukázaly dva druhy překryvu signálů. V první řadě to byl překryv spektrálních čar pro síru a olovo, který se při analýze vzorků značně projevoval – tato problematika bude řešena v další části článku. Druhým problémem byla chybějící kalibrace XRF na baryum a překryv signálů s titanem, kdy při měření standardu NIST 1412 bylo baryum zaměněno za titan. Jelikož se oba prvky mohou ve smaltech nacházet, nelze pak rozlišit, o který se jedná.

Kalibrace přenosného XRF

Pro analýzu smaltů byl použit ruční XRF spektrometr Olympus Innov-X Delta (Obr. 3). Software přístroje má přednastavené tři měřicí módy, z nichž byl vybrán *Mining plus*, kterému materiálová podstata vzorku nejvíce odpovídá. Navíc lze v tomto režimu korigovat obsah prvků pomocí uživatelských faktorů. Pro kalibraci na prvky obsažené v silikátech byl použit standard multikomponentního skla NIST 1412.

Obr. 3: XRF spektrometr Olympus Innov-X Delta ve stativu, ovládaný přes PC

6 *Ruční spektrometr a ruční analyzátor kovů DELTA PROFESSIONAL*. Dostupné z: https://www.bas.cz/innov-x-systems/rucni_analyzator_kovu_delta_professional.php, [cit. 8. 9. 2020].

7 *X-ray Compositional Microanalysis: EDS and WDS.* Dostupné z: http://www.geology.wisc.edu/~johnf/660.html, [cit. 7. 9. 2020].

Abychom mohli ověřit správnost výsledků XRF spektrometru kalibrovaného pomocí standardu NIST 1412, bylo proměřeno pět novodobých uměleckých práškových smaltů (fa Hiller) a porovnáno s metodou SEM EDS. Protože XRF spektrometr byl schopný detekovat prvky až od atomového čísla 12 (hořčíku), byly lehčí prvky (sodík, fluor a kyslík) z výsledků SEM EDS odečteny. Při analýze pomocí XRF byla u vzorků s obsahem olova naměřena i síra, což bylo způsobeno překryvem signálu prvků. Empiricky bylo zjištěno, že sečtením obsahu olova a síry výsledek odpovídá stanovenému obsahu olova pomocí SEM EDS.

Vzorky smaltů pro porovnání XRF a SEM EDS:

1. 1120 – medium grey opaque
2. 800 – sky blue opaque
3. 8007 – purple opaque
4. 19A – leaf green transparent
5. 6945 – violet transparent

Při porovnání výsledků byly zjištěny v řadě případů větší odchylky ve složení, proto byly uživatelské faktory upraveny a uloženy jako režim XRF (smalt). Porovnání rozdílu výsledku změřeného složení pomocí SEM EDS s XRF dle standardu NIST 1412 a mód „smalt" pro vybrané prvky (křemík, olovo a draslík) je shrnuto v Tab. 1. Uvedeny jsou zde střední hodnoty z měření pěti vzorků.

Tab. 1: Porovnání výsledků SEM EDS s XRF (NIST1412) a XRF (smalt)

Prvek	Rozdíl obsahu prvku XRF (NIST1412) a SEM EDS / hm.%	Rozdíl obsahu prvku XRF (smalt) a SEM EDS / hm.%
křemík	9,9	3,9
olovo	3,2	0,8
draslík	6,4	1

Analýza historických smaltů

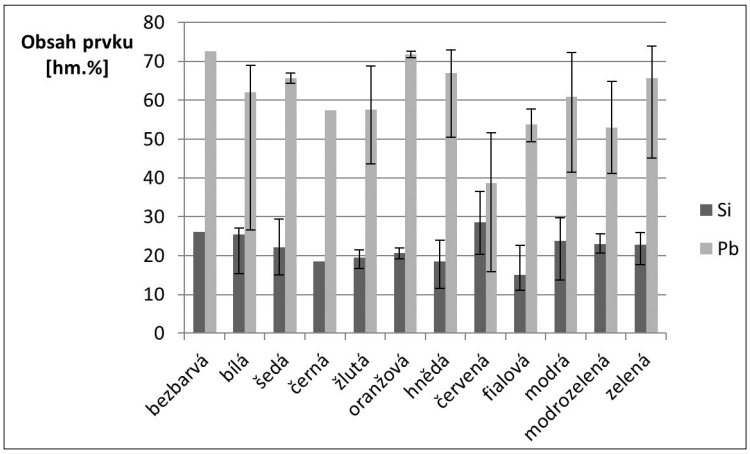
Odběr vzorků práškových smaltů byl proveden pomocí mikrolžičky o velikosti 5 x 3 mm, kterou bylo odebráno cca 3 mg materiálu. Vzorek byl nanesen na folii z Prolenu (speciální druh polypropylenu, který neabsorbuje rentgenové záření) a umístěn do komory spektrometru. Takové množství materiálu bylo akorát na vyplnění kruhové plochy o průměru 3 mm, do které byl fokusován rentgenový paprsek. Doba načítání spektra každého paprsku byla 30 s. Odebrané vzorky byly vráceny po měření zpět do originálních ampulí.

Výsledky analýzy pomocí rentgenofluorescenčního spektrometru souboru smaltů nelze jednoduše vyhodnotit. Jednak jde o materiály různých výrobců, ale také jsou různě zbarvené, takže lze předpokládat zásadní změny v obsahu barvicích prvků, jako je například železo, chrom, kobalt, měď nebo mangan. V první části budou vyhodnoceny výsledky analýzy pro základní sklotvorné a přídavné prvky, které mají vliv na teplotu tání materiálu, oxidaci nebo odplynění taveniny. Ve druhé fázi zhodnocení naměřených dat bude podle barev práškových smaltů sledován obsah charakteristických prvků – tzv. barvítek.

Základní prvky, které byly ve vzorcích obsažené, byly křemík a olovo. Ty se nacházely ve všech vzorcích, přičemž obsah olova byl podstatně vyšší. Obsah křemíku a olova se podle barvy smaltů nijak charakteristicky nelišil, což lze sledovat na Grafu 1, v němž jsou uvedeny mediány (střední hodnoty) obsahu prvků s rozpětím. Křemík ve formě oxidu (křemen) je základní sklotvorný prvek, který vytváří amorfní síťovou strukturu. Olovo je ve formě oxidů používáno jako tavidlo, které spolu se sodou a potaší značně snižuje teplotu tání skloviny a je ve smaltech nenahraditelné. Mezi další nebarvicí prvky patří hliník, vápník, draslík, fosfor, zinek, antimon, baryum a arsen.[8],[9] Procento jejich výskytu a rozpětí hodnot ve vzorcích a funkce ve smaltech jsou shrnuty v Tab 2.

8 BOUŠE, Václav – KRAJINA, Antonín – MORAVČÍK, Alfonz: *Smalty a jejich použití v protikorozní ochraně.* Praha, Státní nakladatelství technické literatury 1986, s. 41–48.

9 VONDRUŠKA, Vlastimil: *Sklářství.* Praha, Grada 2002, s. 17–27.



Graf 1: Obsah křemíku a olova ve smaltech pod jejich zabarvení

Tab. 2: Další sklotvorné a přídavné prvky

Prvek	Funkce v materiálu	Četnost výskytu ve vzorcích / %	Rozpětí koncentrace / hm.%
hliník	sklotvorný prvek, součást živců a jílů	27	1,04–20,38
vápník	součást živců, ve formě uhličitanu nebo fluoridu pro úpravu mechanických vlastností	63	0,11–3,99
draslík	součást živců, ve formě uhličitanu (potaš) – tavidlo	46	0,24–4,62
fosfor	ve formě fosforečnanů na zneprůhlednění (zmléčnění) skla	25	0,16–1,47
zinek	ve formě oxidu pro úpravu mechanických a optických vlastností	71	0,02–4,88
antimon	ve formě oxidu pro odplynění taveniny skloviny	29	0,03–0,90
arsen	ve formě oxidu pro odplynění taveniny skloviny nebo vybělení skla	52	0,58–6,05
baryum	ve formě uhličitanu pro úpravu mechanických vlastností	4	0,31–0,59

Podstatou barvení smaltéřské hmoty je přídavek iontů přechodných kovů. Výjimkou je například fluor nebo fosfor, díky kterým se sklo zabarvuje do bílého zbarvení. Kovové ionty jsou dodávány do hmoty většinou ve formě oxidů. Práce s barvami emailů je sama o sobě alchymií, jelikož výsledné zbarvení ovlivňuje řada faktorů, jako je teplota, doba výpalu, opakovaní výpalu při vrstvení apod. U práškových smaltů jejich zabarvení neodpovídá výslednému po výpalu, proto tato technika vyžaduje určitou praxi. Při analýze uměleckých smaltů byly vzorky rozděleny do skupin podle barevnosti (Tab. 3). V tabulce jsou uvedeny počty vzorků a obsah barvicích prvků, které jsou pro tyto barvy typické. Čísla v závorce pak ukazují procentuálně počet vzorků, ve kterém byly prvky přítomny. Původ obsahu zinku a železa není úplně jednoznačný, jelikož byly v malých koncentracích přítomné téměř ve všech vzorcích.

Tab. 3: Barvicí prvky ve smaltech

Barevnost smaltů	Počet vzorků	Obsah barvicích prvků / hm.%
bezbarvé	1	–
bílé	3	0,91–6,03 % As (66 %); 50 % Sn (33 %)
šedé	2	2,60 % Sn (50 %)
černé	1	6,57 % Co; 2,01 % Mn
žluté	6	0,05–4,10 % Fe (100 %)
oranžové	2	0,60–1,33 % Fe (100 %); 7,21 % Sn (50 %)
hnědé	7	0,93–6,52 % Fe (100%); 0,19–3,76 % Zn (100 %)
červené	3	0,10–2,25 % Fe (100 %)
fialové	4	0,02–0,57 % Co (100 %); 8,85–33,14 % Sn (75 %)
modré	5	0,92–2,95 % Co (100 %); 1,19–4,88 % Zn (100 %)
modrozelené	2	3,46 % Cr (50 %); 4,62 % Cu (50 %)
zelené	12	0,15–4,54 % Cr (83 %); 0,03–2,18 % Co (75 %)

MOŽNOSTI VYUŽITÍ ANALÝZY V DALŠÍ MUZEJNÍ PRÁCI

Cílem práce bylo v návaznosti na výstavu *Umění emailu / Technika smaltu* a za účelem doplnění muzejní dokumentace k zajímavému muzejnímu přírůstku ověření vhodnosti a použitelnosti přenosného XRF spektrometru k tomu, abychom mohli analyzovat emaily. Vzhledem k unikátnosti předmětu byla zvolena právě metoda XRF spektrometrie, která je nedestruktivní a vyžaduje malé množství vzorku. Mobilní přístroj sice nabízí mód pro analýzu silikátů, bylo však nutné provést korekci parametrů, jelikož při změření silikátového standardu byly zjištěny značné odchylky v koncentracích prvků. V případě olova bylo nutné připočíst i koncentraci síry, jelikož se překrývaly signály obou prvků, což bylo dokázáno tak, že přístroj analyzoval síru ve vzorcích, v nichž nebyla přítomna. Na celkem 52 vzorcích byly jako majoritní prvky nalezeny křemík a olovo. Olovo bylo přítomno v nejvyšší koncentraci a to v rozmezí 16–74 % se střední hodnotou (mediánem) 63 %. Křemík, jako sklotvorný prvek, byl obsažen v rozmezí koncentrací od 11 do 36 % s mediánem 20 %. Jako další sklotvorný prvek se vyskytoval hliník, ovšem v nižší koncentraci od 1 do 20 % a nebyl přítomen ve všech vzorcích. Další přídavné prvky pro snížení teploty tání nebo úpravu mechanických a optických vlastností (vápník, draslík, zinek, arsen, fosfor) byly přítomné v nižších koncentracích do 5 %. Analýza byla také zaměřena na identifikaci barvicích prvků, které jsou pro některé odstíny charakteristické. Například tak byl doložen u modrých emailů typický obsah kobaltu, u zelených kobaltu a chromu, černých manganu a u bílých arsen. Sporadický byl však obsah zinku a železa, kdy tyto prvky byly přítomné téměř ve všech vzorcích a nelze jednoznačně určit, zda v materiálu vystupovaly jako barvítka.

Závěrem lze zhodnotit, že použití mobilního XRF spektrometru pro analýzu smaltů na jedné straně nabízí možnost rychlé nedestruktivní analýzy, avšak získané informace jsou omezené. Vzhledem ke konstrukci přístroje a fyzikálním principům metody nelze detekovat pro smalty typické prvky, jako je sodík a fluor, díky čemuž je výsledná intepretace neúplná. Nevýhodou je také nutnost korekce obsahu prvků porovnáním se standardy nebo jinou metodou (například SEM EDS). Získané výsledky budou dále využity při zpracovávání databáze historických smaltů,[10] která bude východiskem k dalšímu bádání a dokumentaci emailérství nejen v TMB, ale i při volbě konzervátorsko-restaurátorské strategie ochrany konkrétních předmětů. Vzhledem k dosavadním výsledkům výzkumů je otázkou, zda vytvářet databázi

10 Databáze by měla být připravena v roce 2022.

historických smaltů dochovaných v kazetě, i když jsou různé provenience (lze však předpokládat jejich širší geografické rozšíření a import do různých oblastí včetně českých zemí), nebo se systematicky soustředit na vzorky současných smaltů doložitelně českého původu. Tento problém je však již otázkou přesahující vytyčený rámec této kapitoly.

Kapitola *Odhalování tajemství smaltu a emailu v Technickém muzeu v Brně* vznikla na základě institucionální podpory dlouhodobého koncepčního rozvoje výzkumné organizace Technické muzeum v Brně poskytované Ministerstvem kultury ČR.

SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ, LITERATURY A JINÝCH ZDROJŮ

Literatura

/ STÖHROVÁ, Pavla (ed.): *Umění emailu/technika smaltu*. Tajemství kovu, skla a ohně ukryté v artefaktech uměleckého řemesla i tovární produkci 19. a 20. století. Brno, Technické muzeum v Brně 2017.
/ STÖHROVÁ, Pavla (ed.): *Smalt/email*. Uměleckořemeslná technika i moderní povrchová úprava kovů. Brno, Technické muzeum v Brně 2018.
/ BOUŠE, Václav – KRAJINA, Antonín – MORAVČÍK, Alfonz: *Smalty a jejich použití v protikorozní ochraně*. Praha, Státní nakladatelství technické literatury 1986, s. 41–48.
/ VONDRUŠKA, Vlastimil: *Sklářství*. Praha, Grada 2002, s. 17–27.
/ MERTOVÁ, Petra: *Metodika ochrany průmyslového dědictví muzejními prostředky*. Brno, Technické muzeum v Brně 2019.

Elektronické zdroje

/ *Ruční spektrometr a ruční analyzátor kovů DELTA PROFESSIONAL*. Dostupné z: https://www.bas.cz/innov-x-systems/rucni_analyzator_kovu_delta_professional.php, [cit. 8. 9. 2020].
/ *X-ray Compositional Microanalysis: EDS and WDS*. Dostupné z: http://www.geology.wisc.edu/~johnf/660.html, cit. 7. 9. 2020.
/ *National Bureau of Standards, Certificate Standard Reference Material 1412*. Dostupné z: https://www-s.nist.gov/srmors/certificates/1412.pdf, [cit. 8. 9. 2020].