

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza při studiu památek

Pavel Rutar, Gymnázium Broumov
Miriam Natoufová, Arcibiskupské gymnázium Kroměříž

Abstrakt:

Základní informace o principu radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy. Fotoefekt. Měření spekter dvou cihel pocházejících ze stejného místa. Porovnání jejich složení.

1 Úvod

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je analytická metoda, využívající charakteristické záření vybuzené ve vzorku ke stanovení přítomnosti a kvantity zájmových prvků. Rentgenfluorescenční analýza je založena na skutečnosti, že existuje závislost mezi energií jednotlivých čar charakteristického záření a protonovým číslem prvku, ve kterém je záření buzeno. Tento zákon objevil H.G.J. Moseley a lze ho napsat ve tvaru:

$$E \approx K(Z-b)^2,$$

kde K a b jsou konstanty, E je energie čáry v dané sérii. Této sérii odpovídá hodnota K .

2 Stat'

Při měření dopadá na vzorek záření z radionuklidového zdroje, který je zabudován v měřicí hlavici detektoru. Toto záření je ve vzorku zčásti absorbováno a dochází buď k tzv. fotoefektu, nebo se na atomech vzorku rozptýlí. Při fotoefektu je vyražen elektron z některé z vnitřních slupek elektronového obalu a volné místo se zaplní přeskokem elektronu z některé vnější slupky. Rozdíl vazbových energií obou slupek se zčásti vyzáří ve formě fotonového záření. Energie tohoto záření je dána protonovým číslem atomu, v jehož obalu k fotoefektu došlo. Toto záření se nazývá charakteristické rentgenovské záření. Změříme-li jeho energii, jsme schopni s jistými omezeními určit, které prvky jsou ve vzorku přítomny. Existují tabulky, v nichž je ke každému Z atomu přiřazena energie čáry, která je prvkem emitována. Tím zjistíme, jaké prvky jsou ve vzorku zastoupeny. Z hustoty toku fotonů dané energie, které dopadly na okénko detektoru, jsme schopni získat informaci o koncentraci jednotlivých prvků přítomných ve vzorku.

Hustota toku fotonů rozptýleného záření dopadlého na okénko detektoru závisí

na středním protonovém čísle Z vzorku. Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je metoda relativní. Při jejím využití se porovnávají hustoty toku měřeného záření, změřené u řady kalibračních standardů s hodnotami zjištěnými u zkoumaného vzorku. Chyba, které se přístroj dopustí při měření je závislá na řadě faktorů. Důležité je, aby byla zachována konstantní geometrie během měření a aby byly dodrženy geometrické podmínky, při kterých byla prováděna kalibrace aparatury. Dále musí být k dispozici kalibrační standardy, pokrývající celý rozsah koncentrací stanovovaných prvků.

Úkolem naší práce bylo změřit spektra dvou starobylých cihel a určit jejich prvkové složení.

Cihla 6 - 1. století n.l. z Arca di Ricarda - Triest - pochází z uzávěru vodovodního kanálu

Cihla 7 - 1. století n.l. z Arca di Ricarda - Triest

Pomůcky:

Mnohokanálový analyzátor, polovodičový detektor Si(Li) se zabudovaným předzesilovačem a měřicí hlavici, spektrometrický zesilovač, zdroj VN, PC, budicí zdroje ^{238}Pu a ^{55}Fe , kalibrační vzorky, cihly

Pracovní postup

30 minut před měřením jsme spustili aparaturu, aby se zahřála. Nejprve jsme změřili spektra kalibračních vzorků se zářičem ^{238}Pu . Umístili jsme kalibrační vzorek na plexisklový nástavec nad zářič a spustili jsme měření. Výška impulsů na výstupu detektoru je úměrná energii fotonů absorbovaných detektorem. Po zpracování těchto impulsů zesilovačem a mnohokanálovým analyzátozem jsme získali spektrum impulsů (na obrazovce analyzátoru).

Po několika minutách jsme zastavili měření a k jednotlivým píkům charakteristického záření prvků jsme přiřadili jejich známá protonová čísla Z . Podle protonového čísla Z můžeme k těmto píkům, které spadají do příslušných kanálů, vyhledat jim odpovídající energii $E[\text{keV}]$ z tabulek. Tímto jsme ke každému kanálu CH přiřadili energii $E[\text{keV}]$. Sestrojili jsme graf závislosti $E[\text{keV}]$ na CH, což je přímka a vypočítali jsme kalibrační rovnici.

Kalibrační rovnici:

$$E = a \cdot \text{CH} + c$$

CH... číslo kanálu

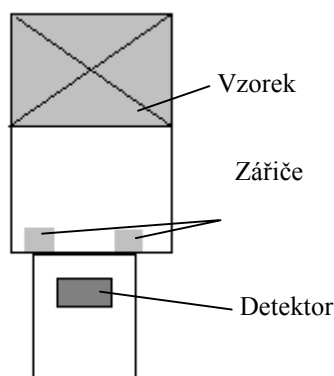
E... energie čáry [keV]

a, c... konstanty

Tím jsme provedli energetickou kalibraci a dál již můžeme měřit cihly. Každou cihlu jsme měřili 1 hodinu a použili jsme k měření zářič ^{238}Pu . Při měření jsme zachovali stejné geometrické podmínky u obou cihel. Naměřená spektra jsme vykreslili do grafů,

z energie spektrálních čar jsme určili prvky v nich obsažené a vypočítali plochy píků vybraných prvků.

schéma zařízení pro rentgenfluorescenční analýzu buzenou radionuklidy



3 Shrnutí

Měření probíhala stejnou dobu a byly zachovány stejné geometrické podmínky měření, a proto je možné je navzájem mezi sebou porovnávat.

Z naměřených spekter cihel je patrné, že cihla 6 pochází z okolí vodovodního kanálu, což dokazuje větší obsah vápníku než u cihly 7. Zato cihla 7 obsahuje mnohem více železa než cihla 6.

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza se používá v praxi při monitorování životního prostředí, také v geologii a v průmyslu. Výhodné je použití při zkoumání uměleckých děl a při rozlišování jejich pravosti. Složení barev se během století měnilo a záviselo především na volbě samotného malíře. Každý malíř si totiž barvy míchal sám, a tím všechna jeho umělecká díla nabývala individuality. Výhodou této metody také je, že nedochází ke změně či destrukci zkoumaného vzorku, což ji tvoří perspektivnější než mnohé metody chemické analýzy. Pomocí této metody se například studovaly fresky na Karlštejně, aby se mohlo zdokumentovat, které části fresek již byly dříve restaurovány.

V budoucnu se také počítá s využitím v medicíně - podle zastoupení jednotlivých prvků v orgánech by se dalo určit daný typ onemocnění.

Poděkování

Děkujeme za doprovodné konzultace Doc.Ing.Tomáši Čehákovi,Csc.

Dále děkujeme za praktickou pomoc při vypracovávání miniprojektu RNDr.Lence Černé.

Reference:

- [1] MATĚJKA, KAREL A KOLEKTIV.: *Vybrané analytické metody pro životní prostředí*
Ediční středisko ČVUT Praha , 1989, strana151-153.
- [2] MUSÍLEK, L.: *Využití ionizujícího záření ve výzkumu* ČVUT Praha, 1992, strana 23-30.