

# Elektronová mikroskopie v materiálovém výzkumu

Tamal Fejt<sup>1</sup>, Johana Vaníčková<sup>2</sup>

Gymnázium, Plzeň, Mikulášské nám. 23<sup>1</sup>, Gymnázium Českolipská 373<sup>2</sup>

tamal.fejt@gmail.com<sup>1</sup>, johana@vanickovi.cz<sup>2</sup>

## Abstrakt

Cílem miniprojektu bylo seznámit se s funkcí řádkovacího elektronového mikroskopu a s jeho pomocí charakterizovat materiálové vady na části trubice využívané jako obal uranu v palivových tyčích.

## 1 Úvod

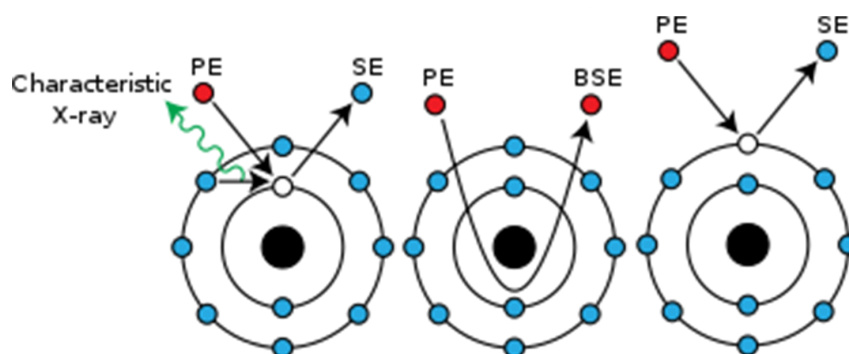
Elektronový mikroskop využívá k zobrazení vzorku proud elektronů. Vlnová délka světla je podstatně větší než u elektronu, proto také elektronový mikroskop dosahuje řádově lepšího zvětšení, než tradiční světelný mikroskop.

Během miniprojektu jsme zkoumali část trubice sloužící k pokrytí jaderného paliva a pokusili jsme se identifikovat materiálové změny v materiálu, které se na ní vyskytly po simulovaném výbuchu reaktoru. Výbuch byl simulován několika náhlými změnami teplot a následnou deformací zlomením.

## 2 Teorie

Z wolframového drátku je na vzorek vyslán paprsek primárních elektronů(PE). Některé z nich ze vzorku vyrazí sekundární elektron(SE), který lze detekovat. Další se také mohou od vzorku odrazit a jsou snímány jako zpětně odražené elektrony(BSE) viz obrázek 1.

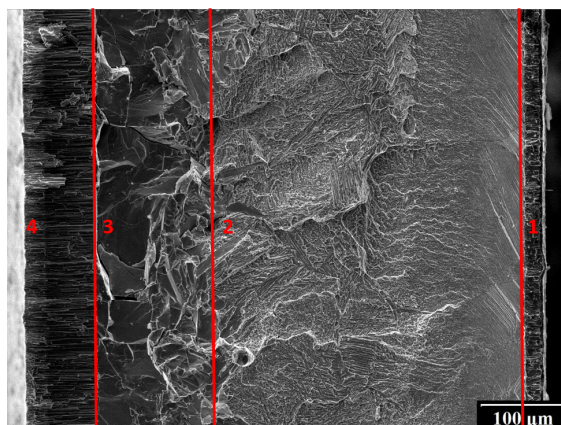
Oba druhy signálů se následně dají interpretovat jako obraz. Jelikož těžší atomy lépe odrážejí elektrony, jeví se při BSE snímání světleji. Snímání SE zase lépe zobrazuje topografii vzorku. Elektronový mikroskop je vybaven sondou, jež umožňuje detekovat fotony, které se uvolní při dopadu primárního elektronu a uvolnění sekundárního elektronu. Z vlnové délky tohoto záření můžeme docela přesně určit prvky v místě, na které fotony dopadají(chemická analýza).



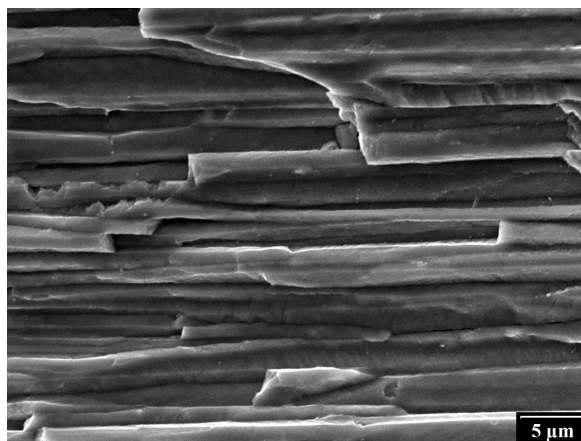
Obrázek 1: schéma dopadu elektronu na atom ve vzorku<sup>[1]</sup>

### 3 Pozorování

Na obrázku 2 můžete vidět snímek řezu trubice 190x zvětšený. Trubice se skládá ze 4 dobře rozlišitelných vrstev. Později jsme s pomocí chemické analýzy zjistili, že vrstva 1(zprava) je z chromu a stejně jako vrstva 4(ze Zn, Nb a jejich oxidů) tvoří podlouhlé úzké krystaly(obr 3), podél kterých se porušuje. Vrstva 3 se porušuje štěpně, tedy v nepravidelných ostrých kusech po kterých zůstávají viditelné hrany. Ve 2. vrstvě je jak lom tvárný, tak lom štěpný.

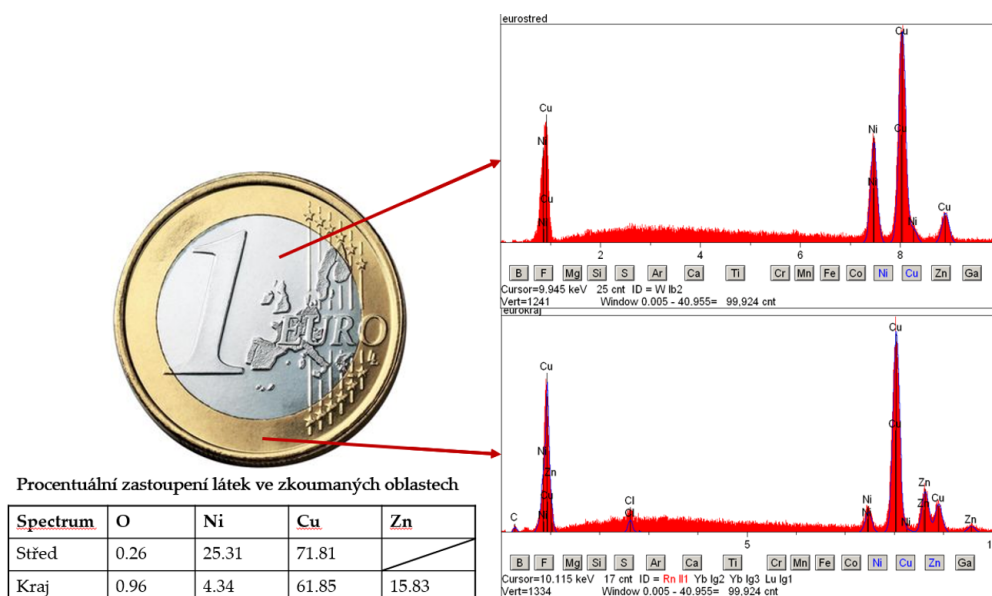


Obrázek 2: průřez stěnou palivové trubice



Obrázek 3: vrstva 4 - oxidy zirkonu a niobu

Dále jsme se s pomocí energiově disperzní analýzy dozvěděli, z čeho se skládají jednotlivé části mince euro. Chlor a uhlík pocházejí z nečistot viz obrázky 4.



Obrázek 4: výsledky chemické analýzy eurové mince

## 4 Shrnutí

Seznámili jsme se s principem funkce řádkovacího elektronového mikroskopu a s jeho pomocí jsme dokumentovali morfologii lomu trubice a pozorovali na ní mechanická porušování na trubici. Zjistili jsme, že se skládá ze 4 vrstev a že každá podléhá jiným změnám. Také jsme na některých pozorovaných předmětech provedli analýzu chemického složení.

## Poděkování

Děkujeme panu Janu Adámkovi za umožnění tohoto miniprojektu v rámci Týdne vědy na Jaderce.

## Reference

[1][https://en.wikipedia.org/wiki/Scanning\\_electron\\_microscope](https://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope)