

Elektronová mikroskopie v materiálovém výzkumu

Jan Lepič¹, Jan Adam Onderka², Jakub Savula³, Ondřej Švihnos⁴

¹ Gymnázium Strakonice, honzik.lepic@seznam.cz

² Střední průmyslová škola Třebíč, onderkaj.04pst.eu

³ Gymnázium, Č. Budějovice, Jírovцова 8, savulaj@jirovcovka.net

⁴ Gymnázium Děčín, ondrej.svihnos@seznam.cz

Abstrakt:

Tento příspěvek přiblíží elektronovou mikroskopii, konkrétně pak skenovací elektronový mikroskop a některá jeho využití.

1 Úvod

Elektronový mikroskop se od světelného liší ve způsobu zobrazení zkoumaného vzorku. Světelný mikroskop funguje na principu průchodu fotonů skrze soustavu čoček, které tvoří spojnou čočku. Elektronový mikroskop využívá k zobrazení vzorku elektrony usměrněné elektromagnetickým polem. Jelikož je vlnová délka elektronů menší než vlnová délka fotonů, můžeme pomocí elektronového mikroskopu pozorovat vzorek při podstatně větším zvětšení.

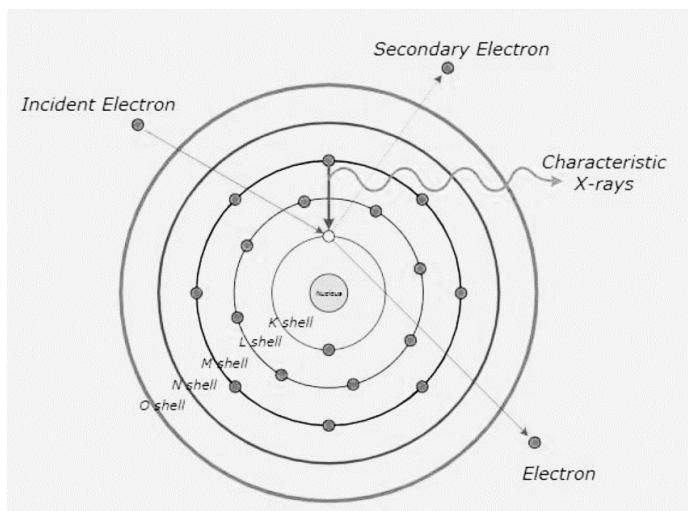
V tomto miniprojektu jsme zkoumali vzorek wolframového prášku a wolframové pseudoslitiny pomocí elektronového řádkovacího mikroskopu JEOL JSM 5510 LV. Cílem bylo zjistit jejich složení, strukturu a materiálové vady. Tyto slitiny se používají na stínění a jako munice do protipancéřových střel.

Motivací k účasti na tomto miniprojektu pro nás bylo vyzkoušet si práci se skenovacím elektronovým mikroskopem a zajímalo nás jeho využití v souvislosti s materiály. Chtěli jsme se také dozvědět, jak určovat chemické složení vzorku pomocí energiově disperzní analýzy.

2 Teorie

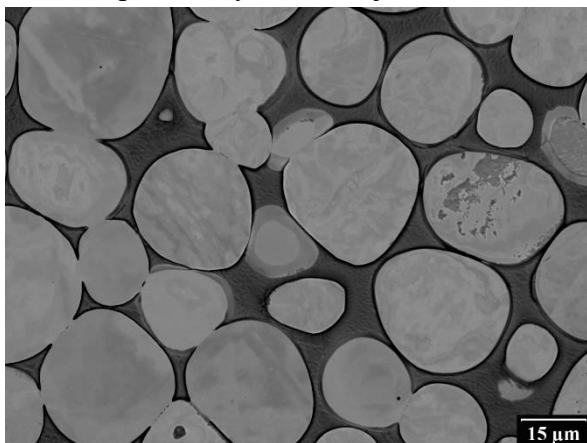
Skenovací elektronový mikroskop (SEM)

Dopadající elektronový paprsek interaguje s povrchem vzorku do hloubky několika μm . Některé elektrony se odrazí, jiné zapříčiní vznik sekundárních elektronů, tedy vyrazí elektron z atomu vzorku. Znázorněno na obrázku 1.



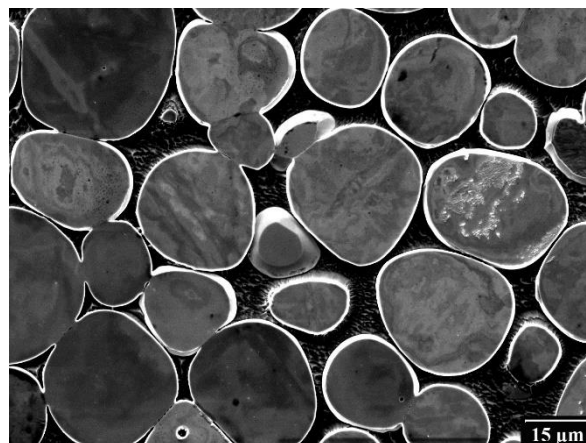
Obrázek 1

Odražené a sekundární elektrony jsou detekovány a na základě jejich intenzity je sestaven obraz. Intenzita odražených elektronů je přímo úměrná protonovému číslu atomů, tedy atomy s větším protonovým číslem jsou na snímku světlejší.



Obrázek 2

Slinutý wolfram s niklem a kobaltem – nalevo obraz ze zpětně odražených elektronů, napravo obraz ze sekundárních elektronů.



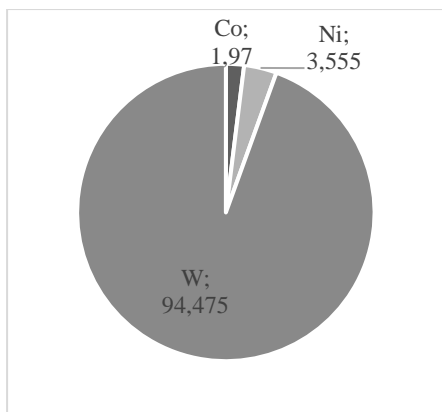
Obrázek 3

Energiově disperzní spektrometrie (EDS)

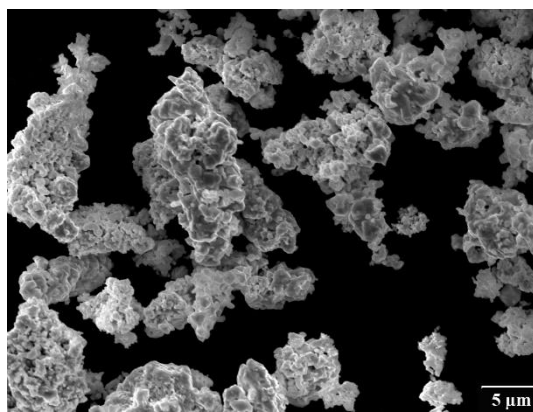
Při dopadu elektronů na vzorek vzniká, kromě zpětně odražených a sekundárních elektronů, rentgenové záření. Energie těchto fotonů závisí na druhu atomu, proto je možné pomocí prvkové analýzy EDS zjistit kvalitativní i kvantitativní zastoupení prvků ve vzorku. Při použití etalonu o známém složení lze dosáhnout přesnosti kvantitativní analýzy na desetiny hmotnostních procent.

3 Výsledky

Skenováním pomocí zpětně odražených elektronů jsme zjistili zrnitou povahu prášku (obr. 4). Energiově disperzní analýzou jsme zjistili poměrné chemické složení (viz graf 1).

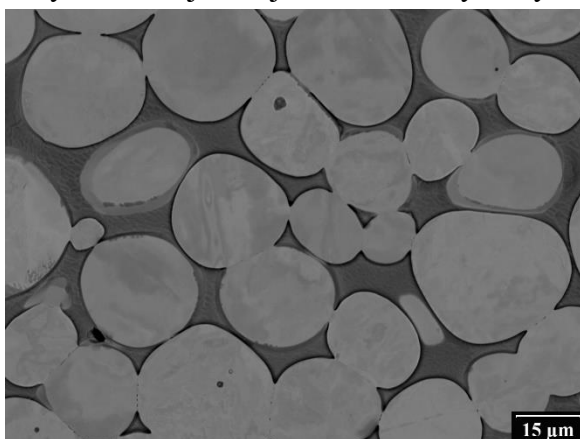


Graf 1 složení prášku v hmotnostních %

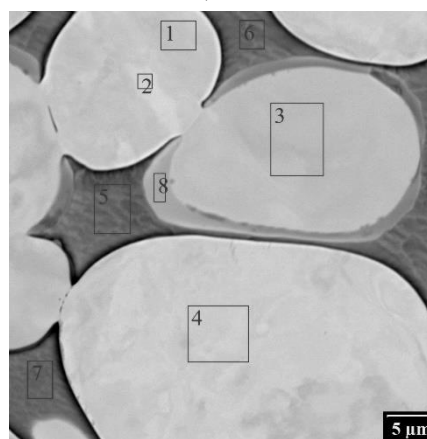


Obrázek 4

Dalším vzorkem byl příčný řez tyče pseudoslitiny wolframu, kobaltu a niklu, který byl vibračně vybroušen pro pozorování. Pozorovali jsme strukturu koulí a matrice (obr. 5) a prvkovou analýzou EDS jsme zjistili složení vybraných oblastí (tabulka 1, obr. 6).



Obrázek 5



Obrázek 6

Místo měření	W	Co	Ni
1	98,7	0,5	0,8
2	99,5	0,3	0,2
3	99,38	0,39	0,23
4	99,52	0,25	0,22
5	49,06	16,62	34,31
6	50,73	15,53	33,74
7	56,83	13,19	29,98
8	98,83	0,43	0,74

Tabulka 1

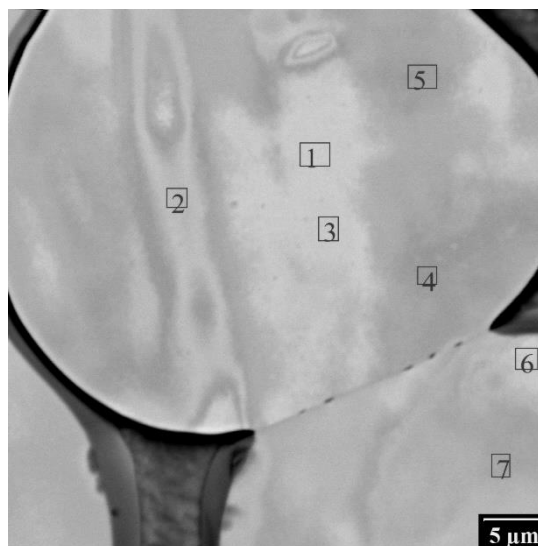
Světlé koule jsou složeny výhradně z wolframu a matrice obsahuje přibližně polovinu hmotnosti wolframu a stejný poměr kobaltu a niklu jako výchozí prášek.

Na obr. 2 a obr. 3 (rozdíl bec a se) můžete vidět nejasné hranice mezi koulí a matricí. Analýzou složení jsme zjistili, že jsou totožné s koulí. Zjistili jsme, že se jedná o jev způsobený přípravou vzorku. Měkčí matrice byla odbroušena z kulového vrchlíku a vytvořil se reliéf.

Další anomálie jsme pozorovali na řezech jednotlivými koulemi, jejich složení nebylo homogenní (viz obr. 7).

Místo měření	Co	Ni
1	0,1	0
2	0,34	0,23
3	0,23	0,17
4	0,36	0,32
5	0,18	0,3
6	0,17	0,09
7	0,19	0,15

Tabulka 2



Obrázek 7

Provedli jsme energiově disperzní analýzu označených míst (obrázek 7), která se významně lišila kontrastem. Zjistili jsme, že složení kolísá a v místech s tmavším odstínem je nižší obsah wolframu (tabulka 2).

4 Shrnutí

Vyzkoušeli jsme si práci s elektronovým mikroskopem a pochopili jeho princip. Pozorovali jsme tvary zrn wolframového prášku. Z výsledků prvkové analýzy energiově disperzní spektrometrie (EDS) wolframového prášku vyplynulo, že se jedná o již kompletní směs k výrobě pseudoslitiny. Zjistili jsme, že žádná wolframová koule v pseudoslitině není složením homogenní a obsahuje v různých místech různé množství niklu a kobaltu.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za možnost vyzkoušet si práci se skenovacím elektronovým mikroskopem v rámci Týdne vědy na Jaderce. Děkujeme panu Ing. Janu Adámkovi za pomoc při přípravě a zpracování tohoto miniprojektu.

Reference

[1] Obrázek 1: <https://studylib.net/doc/8126264/energy-table-for-eds-analysis>