

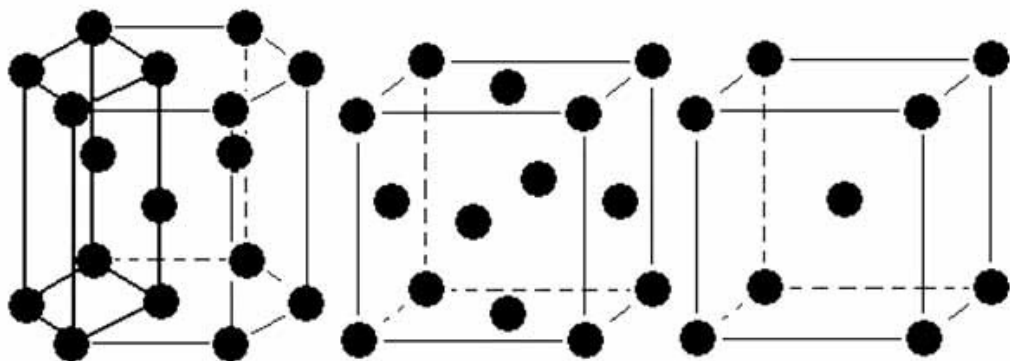
# Vlastnosti kovů a jejich slitin možnosti jejich identifikace

Ing. Alena Selucká

# Vlastnosti kovů

- dobrá elektrická a tepelná vodivost
- kovový lesk
- tvárné (kujné) v tuhém stavu
- v tekutém stavu je možné je odlévat do forem
- v roztoku vytvářejí kladně nabitě ionty (korodují)

# Krystalová struktura kovů



a

Hexagonal  
(Zn, Cd, Ti)



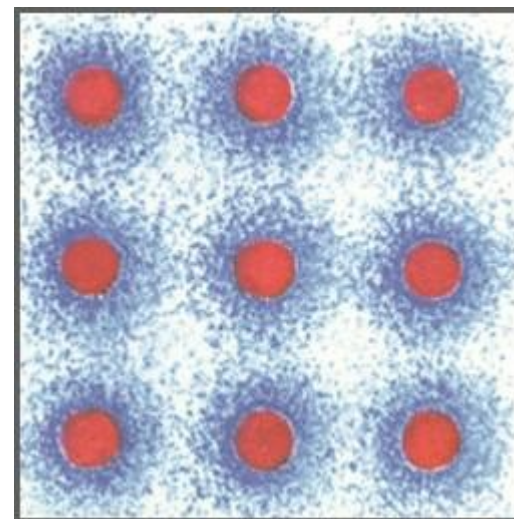
b

fcc – face centred cube  
(Au, Pb, Cu, Al, .....)



c

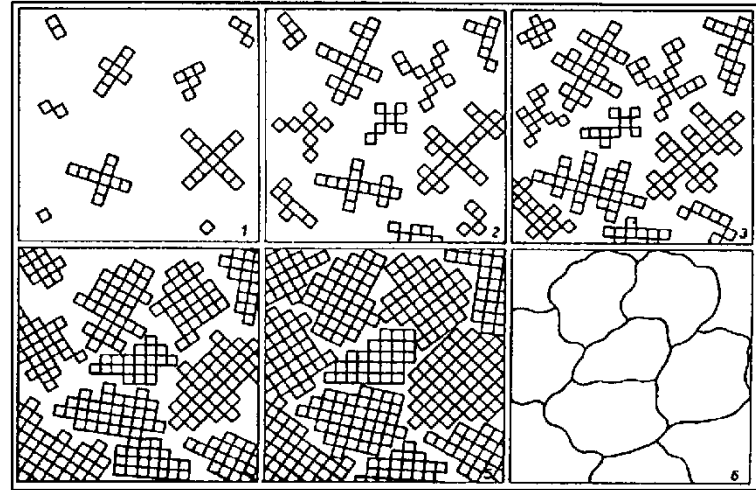
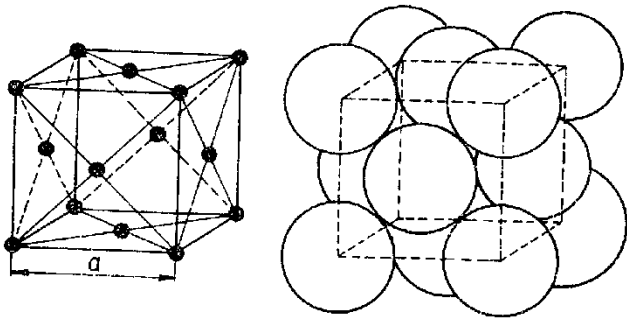
bcc – body centred cube  
(W, Cr, V, Mo)



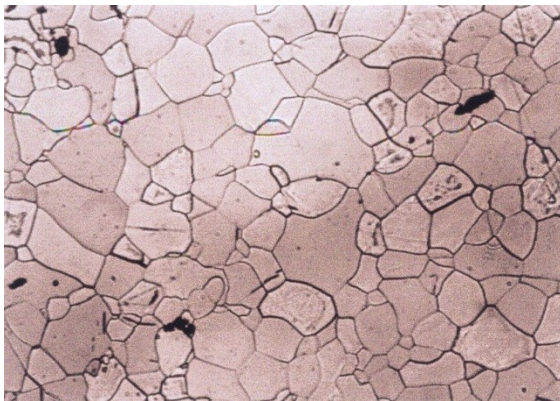
Elektronový mrak –  
kovová vazba

**Kovová vazba vytváří velmi  
pevnou soudržnost kovových  
iontů a tím PEVNOST KOVU.**

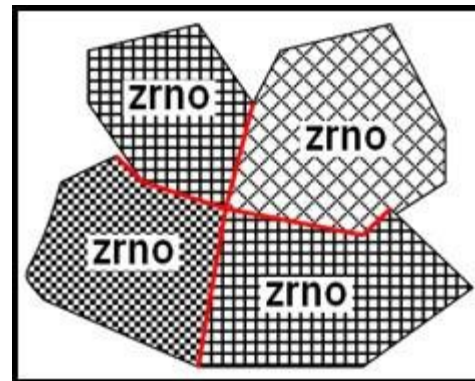
# Struktura kovů



*růst krystalů z taveniny kovu*

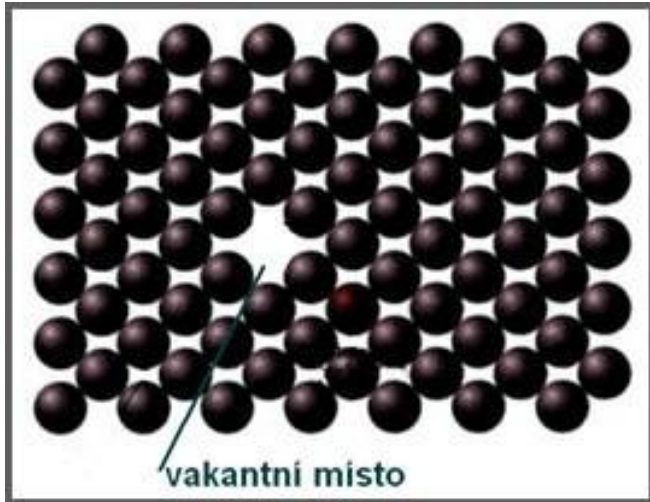


*ferritická struktura - nízkouhlíkové  
svářkové železo*



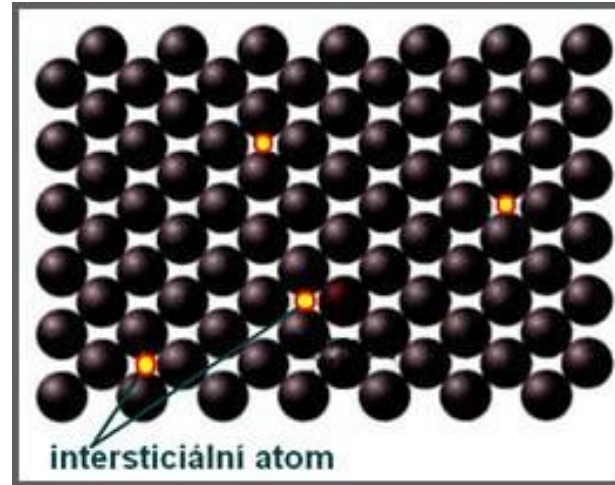
různá orientace  
krystalických  
mřížek v  
polykrystalické  
látce

# Mikrostruktura kovů – poruchy mřížky

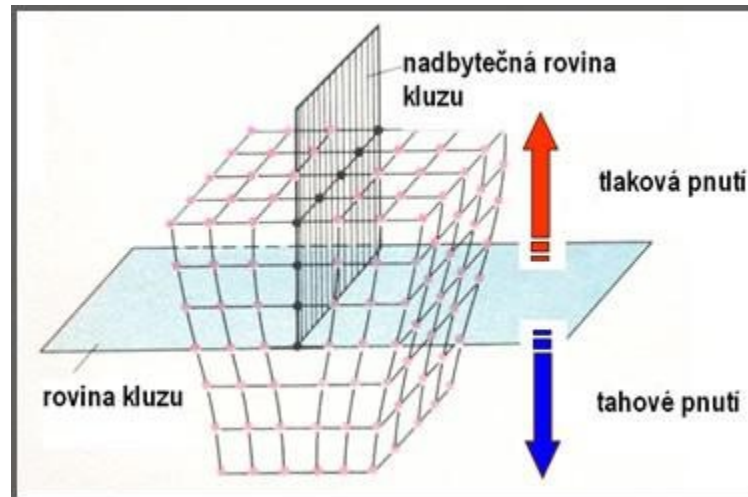


***Bodová porucha -  
vakance***

Vady ve struktuře kovů způsobují deformace v krystalové mřížce



***Bodová porucha –  
interstice  
(intersticiální  
atom)***



***Čarová porucha - dislokace***

# Slitiny kovů

- **Slitiny kovů** jsou soustavy tvořené základním kovem (označ. A) a přidanými prvky (označ. B, C, D apod.). Cílem je dosáhnout požadované kombinace vlastností (např. tvárnost, kujnost / pevnost, tvrdost):
  - Kombinace dvou kovů (popř. dalších složek): Cu + Sn (bronz), Cu + Zn (mosaz), Sn + Pb (pájka)
  - Kombinace kovu a nekovového prvku: Fe + C (ocel, litina), (+ Cr, Ni) nerez ocel
  - Kov + rtuť: amalgám (amalgám zlata, stříbra)
- **Fázové změny** ve slitinách kovů popisují rovnovážné diagramy slitin kovů (přechod látek ze stavu kapalného – likvidu do stavu pevného-solidu; tuhnutí probíhá v různých fázích)

# Klasifikace fází v kovových soustavách

- **Tuhé roztoky** – krystalická fáze, tvořená dvěma nebo více složkami, s jednou krystalovou mřížkou; jedna složka si ponechává svou krystalovou stavbu a atomy druhé složky se v ní rozpouštějí – substituční nebo intersticiální tuhé roztoky
- **Intermediální fáze** – vznikají při překročení vzájemné rozpustnosti základového kovu a legujícího prvku, mají povahu chemických sloučenin (označ.  $A_xB_y$ ); pokud prvek B je kov = **intermetalika**; mají odlišné fyz. a mechan. vlastnosti, např. ZnS, karbidy, nitridy, boridy,

# Slitiny kovů - jednofázové

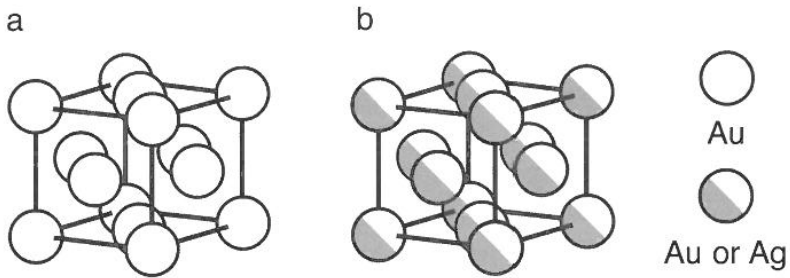
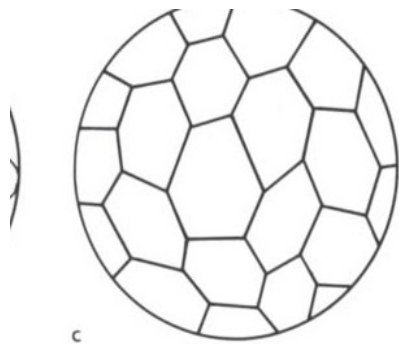
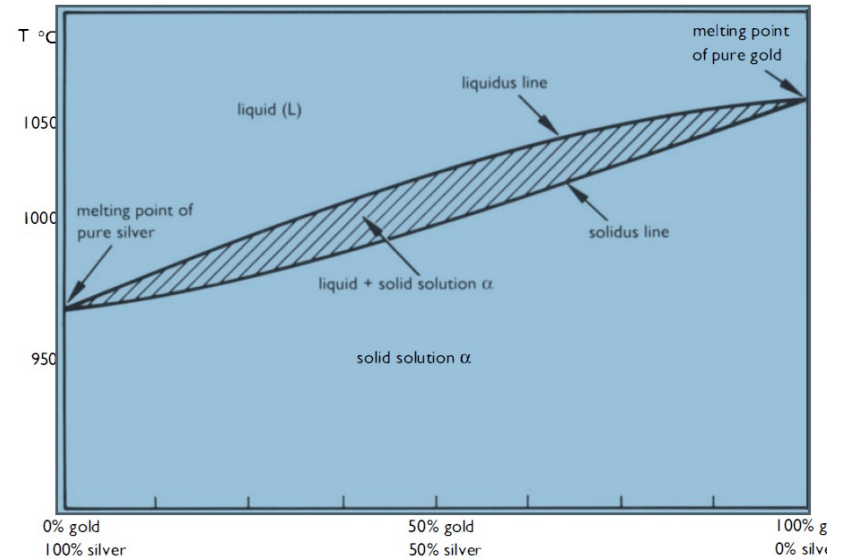
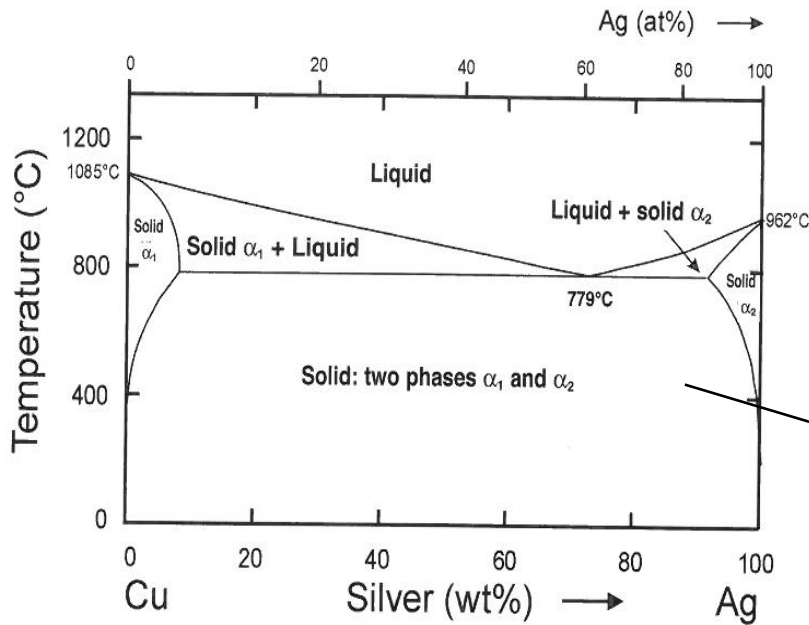


Figure 1.1. Unit cell for a face-centred cubic structure.  
(a) The position of atoms in the unit cell of pure gold.  
(b) Gold and silver atoms randomly occupy positions in the unit cell of gold-silver alloys. Adapted from Selwyn (2000).

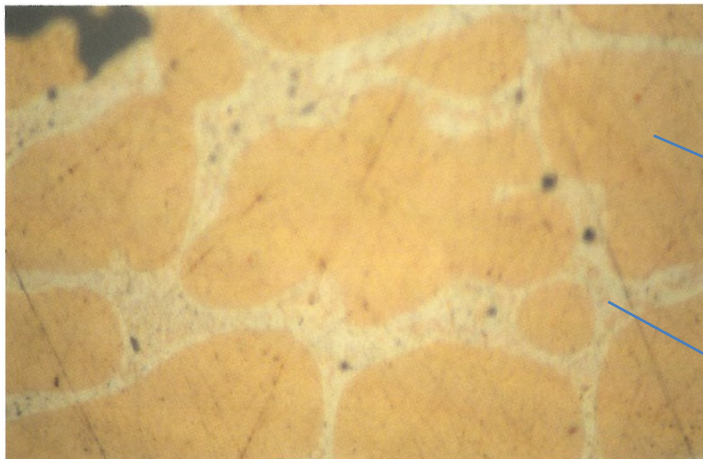
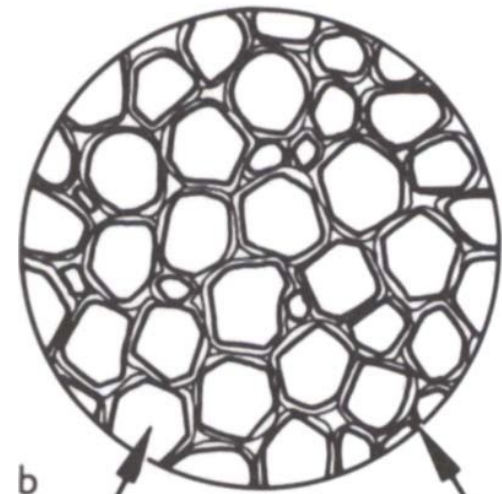




# Slitiny kovů - vícefázové



Rovnovážný fázový diagram Cu-Ag



$\alpha_1$  – tuhý roztok bohatý na Cu

$\alpha_2$  – tuhý roztok bohatý na Ag

# Slitiny kovů – uspořádané tuhé roztoky intermediální fáze

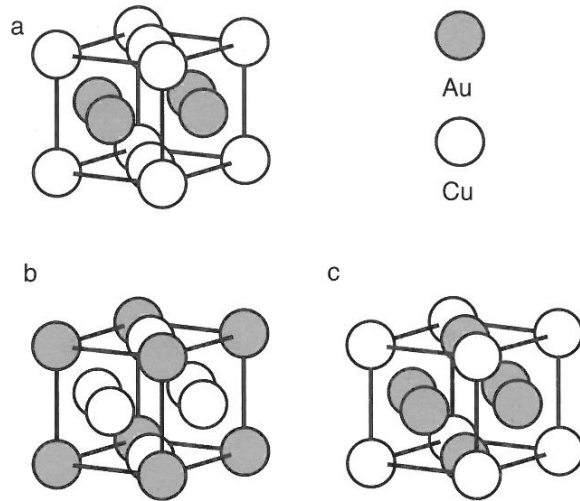
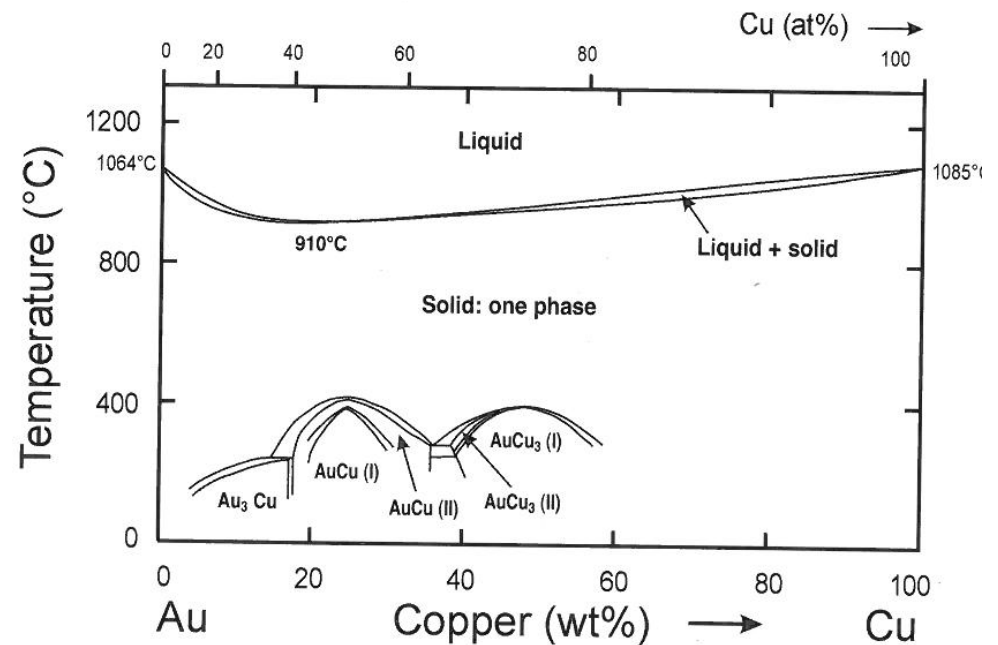
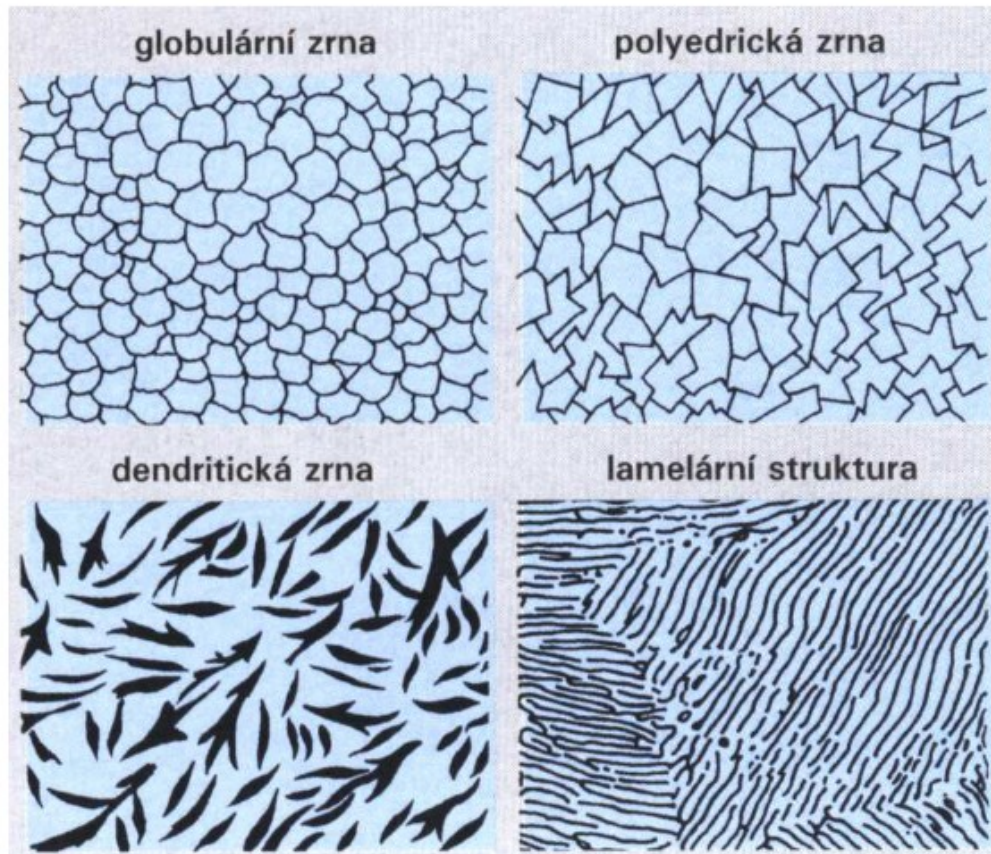


Figure 1.6. Three examples of ordered unit cells with face-centred cubic structure in gold–copper alloys:  
 (a) ordered AuCu, (b) ordered AuCu<sub>3</sub>, and  
 (c) ordered Au<sub>3</sub>Cu. Adapted from Wells (1984).



# Tvar zrn

Různé kovy a různé typy krystalové mřížky kovu tvoří typický tvar zrn



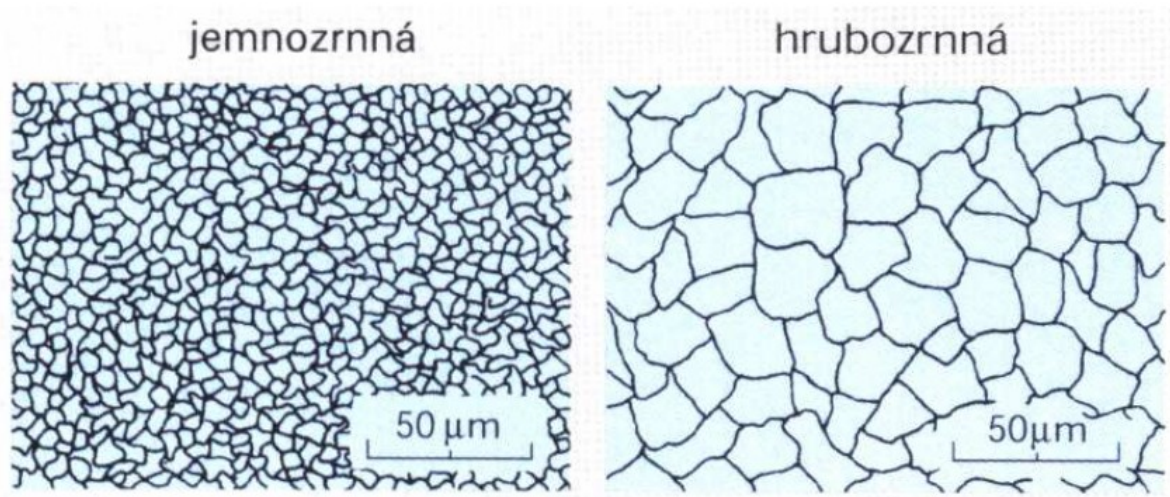
# Velikost zrn

Kovy mají zrna o velikosti od 1  $\mu\text{m}$  až do 100  $\mu\text{m}$

Materiál s jemnozrnnou strukturou má vyšší pevnost a lepší tažnost oproti materiálu s hrubozrnnou strukturou.

Požadované velikosti zrna lze dosáhnout:

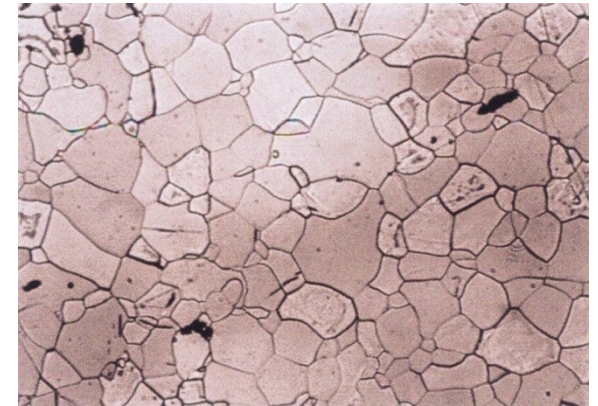
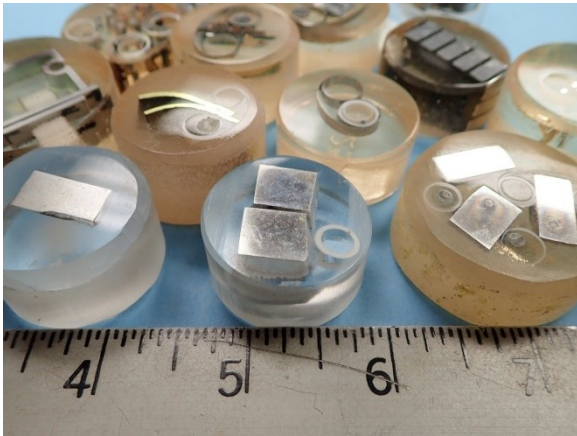
- Tepelným zpracováním (např. žíháním)
- Tvářením za tepla (válcováním)
- Legováním (např. manganem v oceli)



# Studium mikrostruktury kovům metalografie

Ze zkoumaného materiálu oddělen vzorek :

- Zalit do pryskyřice
- Na jedné straně vybroušena plocha a následně vyleštěna.
- Vyleštěná plocha naleptána vhodným přípravkem => získaný výbrus posuzován metalografickým mikroskopem



Struktura šedé litiny

Struktura nízkouhlíkového železa

# Průzkum

- **Meč románský, bez pochvy, počátek 12. století, Z 184**



celková délka 1030 mm,  
délka čepce 945 mm,  
délka záštity 245 mm



# Průzkum: RTG

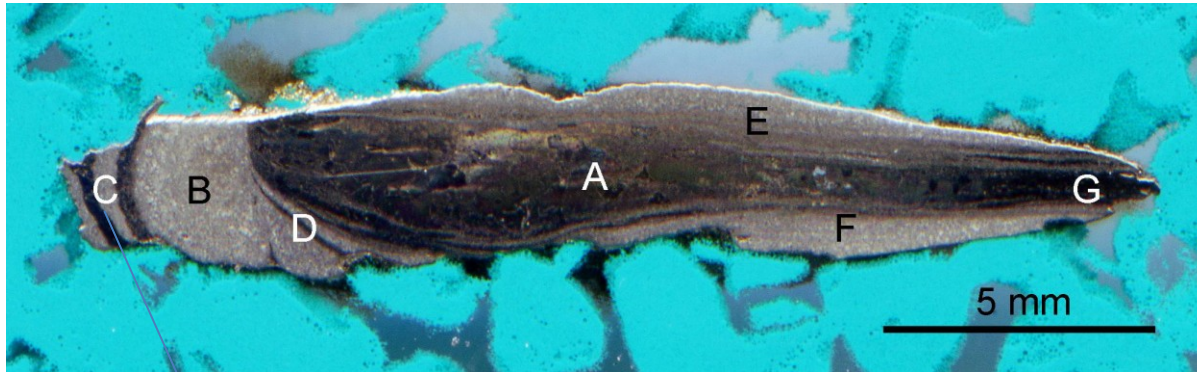
- Meč románský, bez pochvy, počátek 12. století, Z 184



Damascenský vzor ve středové části čepel

# Průzkum: metalografie

- Meč románský, bez pochvy, počátek 12. století, Z 184

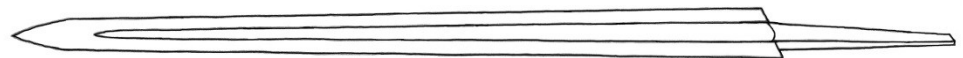
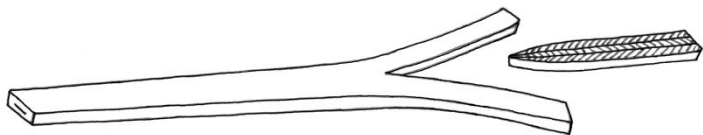
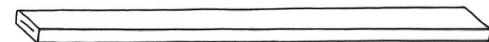
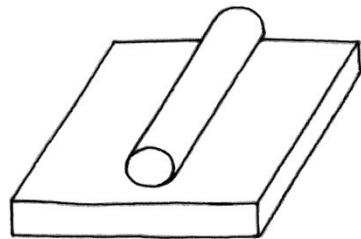




# Průzkum: rekonstrukce technologie

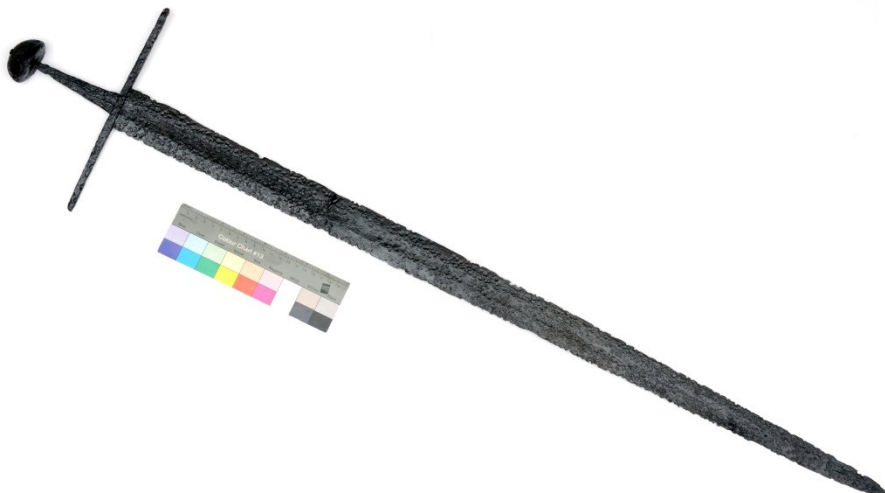
---

- Meč románský, bez pochvy, počátek 12. století, Z 184



# Konzervování-restaurování

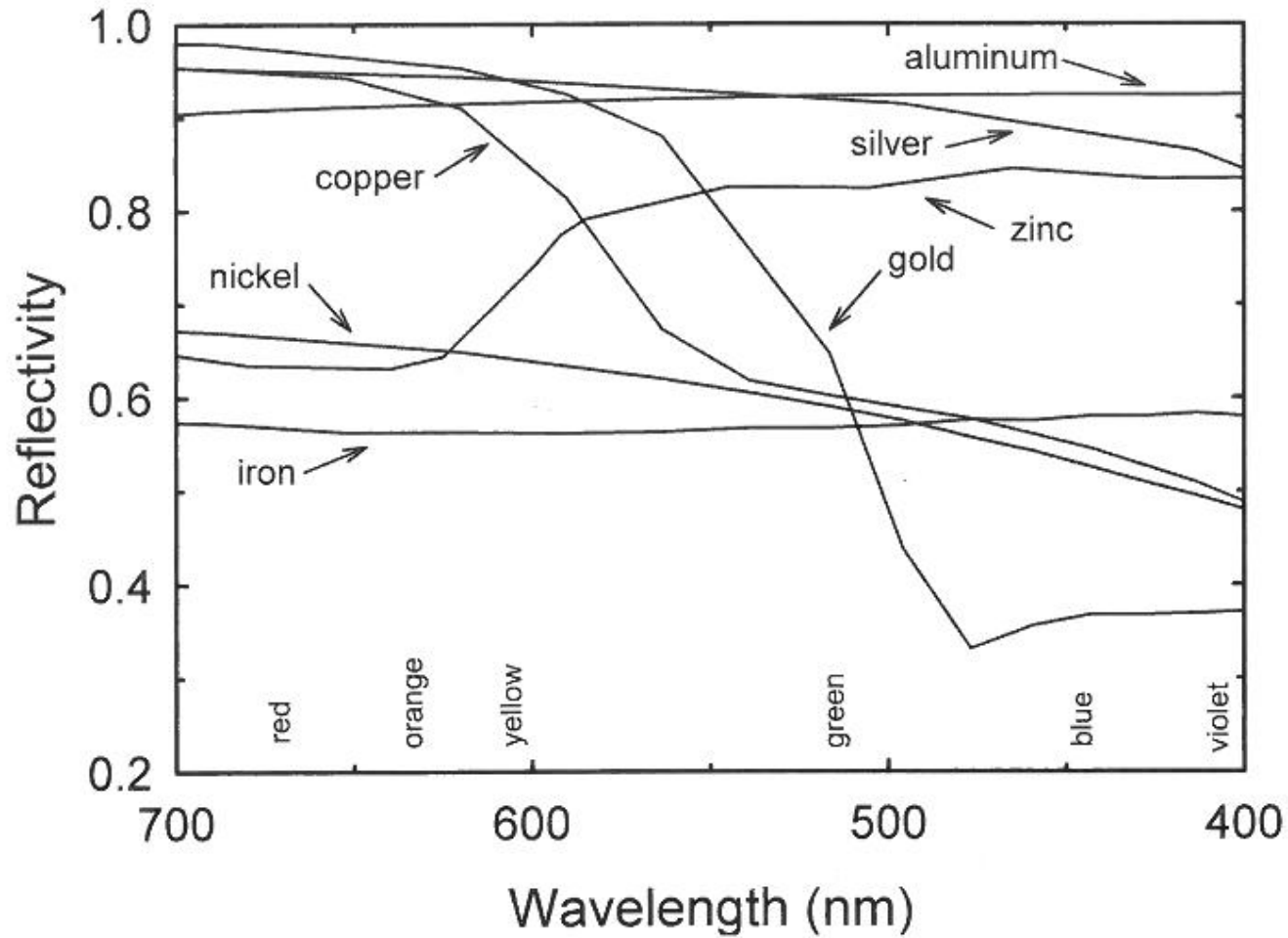
- Meč románský, bez pochvy, počátek 12. století, Z 184



# Identifikace kovů

- Barva kovů
- Barva korozních produktů
- Magnetické vlastnosti (Fe, Ni, korozní produkty)
- Hustota
- Chemické kapkové testy (chemical spot tests)
- Analytické metody identifikace (XRF, SEM-EDS, XRD, metalografie a další)
- Výrobní techniky (tváření/odlévání, obrábění, spojování, povrchová úprava) → značení, výrobní značky, puncy, ČSN ...

# Barva kovů



# Barva korozních produktů

- Al: bez barvy nebo bílá
- Cu: Cu(I) - červeno černá, bez barvy; Cu(II) - zelená, modrá (žlutá)
- Zlato: bez barvy
- Železo: Fe(I,II) – černá; Fe(III) – červená, oranžová
- Olovo: bílá, červená, žlutá
- Nikl: zelená (žlutá)
- Stříbro: černá, bílá
- Cín: černá, bílá
- Zinek: bez barvy, bílá

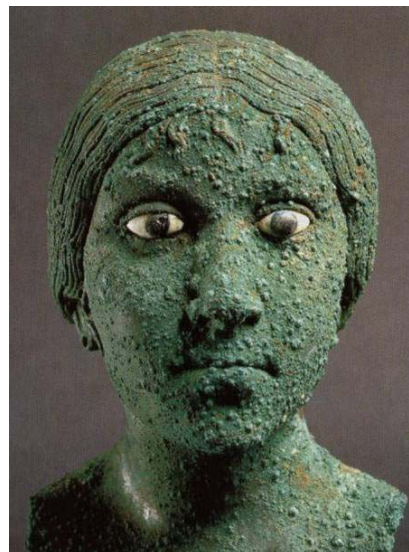
# Barva korozních produktů kovů



Cu-Sn – bez korozních produktů



Cu-Sn,  
ušlechtilá  
patina



Cu-Sn, divoká  
patina – aktivní  
koroze



Fe – aktivní koroze

Fe-litina, stabilní  
patina



Au – bez koroze

## TABLE 1.5. TYPICAL COLOURS OF CORROSION PRODUCTS

Metal	Typical colours of corrosion products	Comments
aluminum	colourless or white	<ul style="list-style-type: none"> <li>• can be difficult to identify by X-ray diffraction</li> </ul>
copper	Cu(I): red, black, colourless Cu(II): green, blue	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wide variety of beautiful shades</li> <li>• active corrosion is light green</li> <li>• copper iron sulphides can be gold coloured</li> </ul>
gold	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• corrosion products usually associated with other alloying elements (e.g. copper, silver)</li> </ul>
iron	Fe(II,III): black Fe(III): red, yellow, orange	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rapid rusting forms an orange rust</li> <li>• iron sulphides can be gold coloured</li> </ul>
lead	white, red, yellow	<ul style="list-style-type: none"> <li>• active corrosion is white</li> </ul>
nickel	green	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rare because nickel is corrosion-resistant</li> </ul>
silver	black, white	<ul style="list-style-type: none"> <li>• white silver compounds may darken when exposed to light</li> <li>• thin tarnish can have interference colours</li> </ul>
tin	black, white	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tin sulphides can be gold coloured</li> </ul>
zinc	colourless or white	<ul style="list-style-type: none"> <li>• metallic zinc dust is dark blue-gray</li> </ul>

**Aktivní korze:** čerstvé/nové korozní produkty, zpráškovatěné, odpadávající od povrchu (např. chloridová korze železa, nemoc bronzu, koroze olova)

# Spot - test

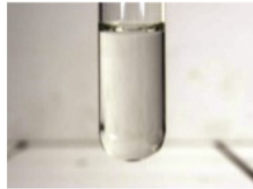
## RYCHLÝ DOKAZ Ag

### Princip:

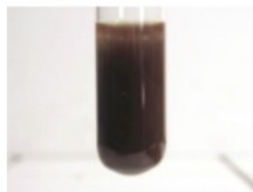
S dichromanem draselným tvoří stříbrné ionty hnědočervenou sraženinu dichromanu stříbrného.

### Postup:

1. Vybere se vhodný způsob odebrání vzorku za pomoci konc.  $\text{HNO}_3$ . Při odebrání a rozpuštění vzorku ve zkumavce zředíme po reakci kyselinu destilovanou vodou do získání čirého roztoku.



2. Na odebraný vzorek se přikápně 3% roztok dichromanu draselného.



3. Při pozitivní reakci na  $\text{Ag}^+$  vzniká výrazná hnědočervená sraženina.



## Stříbro / Ag

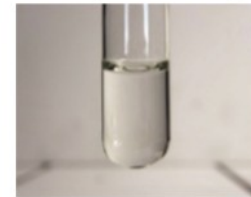
## PŘÍMÝ DOKAZ Ag

### Princip:

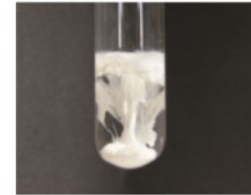
Stříbrné halogenidy se vlivem světla rozkládají na kovové stříbro.

### Postup:

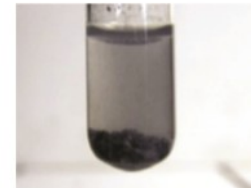
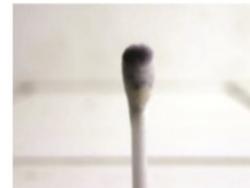
1. Vybere se vhodný způsob odebrání vzorku za pomoci konc.  $\text{HNO}_3$ .



2. Do roztoku vzorku se přidá pár kapek 5% roztoku KCl, při pozitivní reakci na  $\text{Ag}^+$  vzniká bílá sraženina AgCl, která je rozpustná v amoniaku.



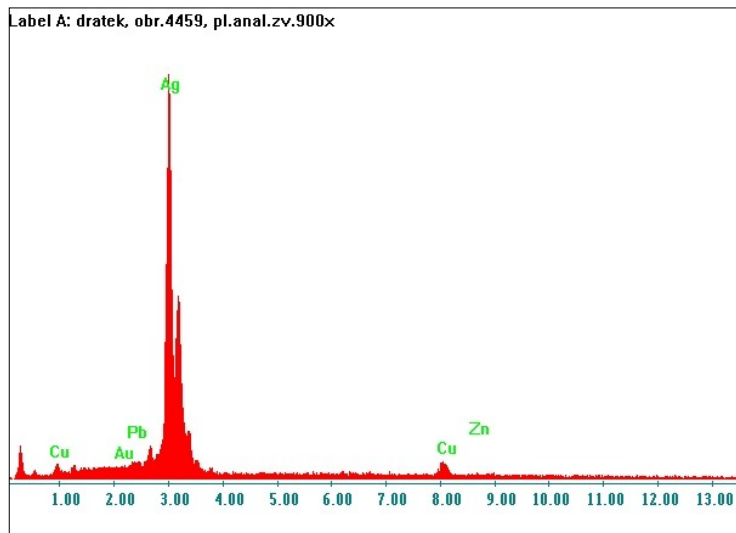
3. Vzniklá sraženina se při vystavení intenzivnímu světlu s podílem UV rozkládá a tmavne vylučovaným elementárním stříbrem.





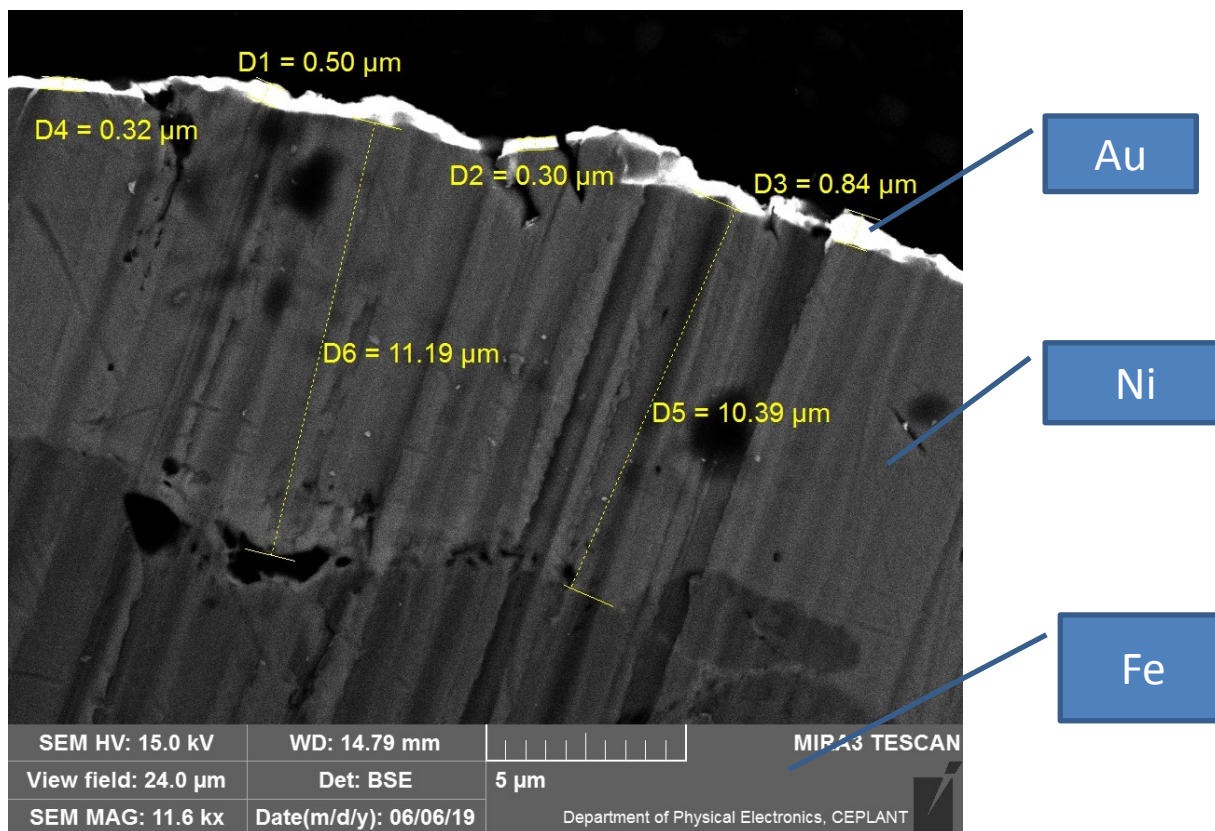
# Instrumentální metody analýzy

- Elementární analýzy – chemické složení prvků (XRF, SEM-EDS,...)



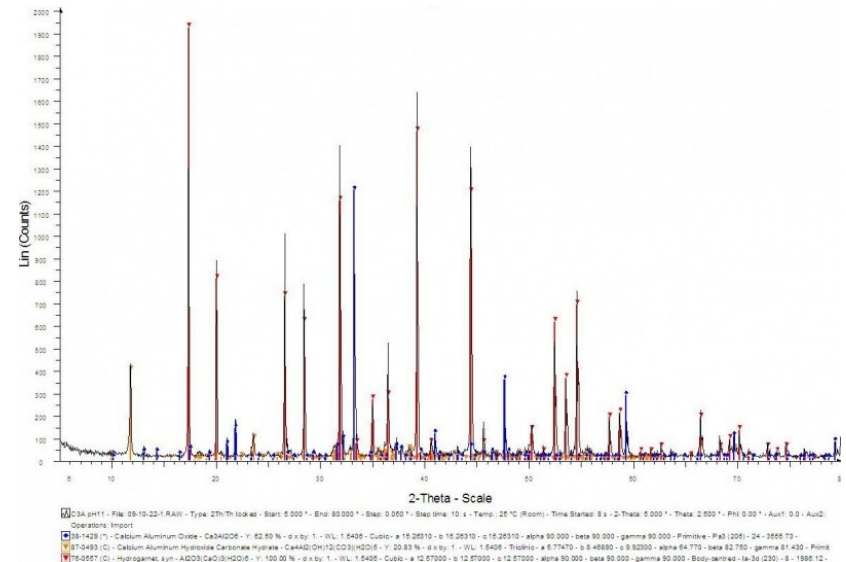
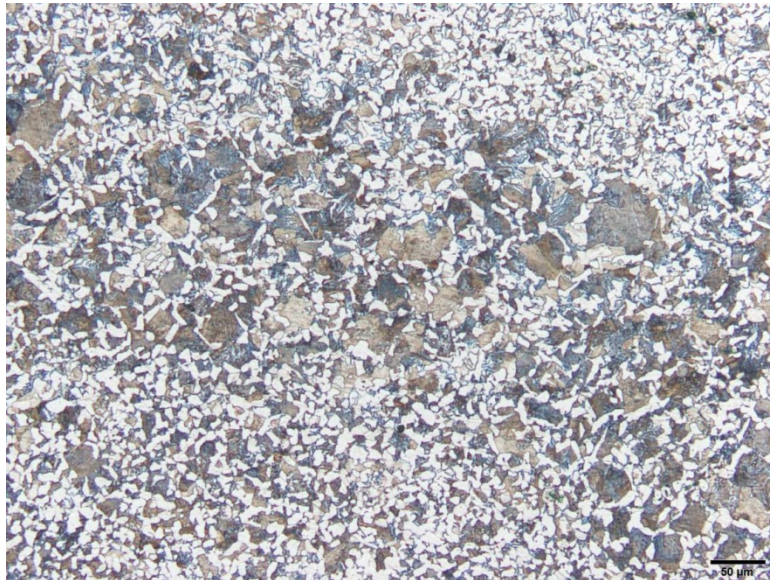
Element	Wt [%]
Ag	89,18
Cu	7,51
Pb	1,27
Zn	1,45
Au	0,59

# Analýza galvanického zlacení na železné desce metodou SEM-EDS



# Instrumentální metody analýzy

- Strukturní – fázová analýza (metalografie, RTG difrakce)



# Hustota kovů (g.cm-3)

(hmotnost na vzduchu) x (hustota kapaliny)

Hustota předmětu =  $\frac{\text{(hmot. na vzduchu)} \times \text{(hustota kapaliny)}}{\text{(hmot. na vzduchu)} - \text{(hmot. v kapalině)}}$

Metal	Density at 20°C (g cm <sup>-3</sup> )
aluminum	2.70
copper	8.96
gold	19.3
iron	7.87
lead	11.35
nickel	8.90
silver	10.5
tin	7.31
zinc	7.13

Voda – 0,998 g/cm<sup>3</sup>

Ethanol – 0,789 g/cm<sup>3</sup>

# Magnetické vlastnosti

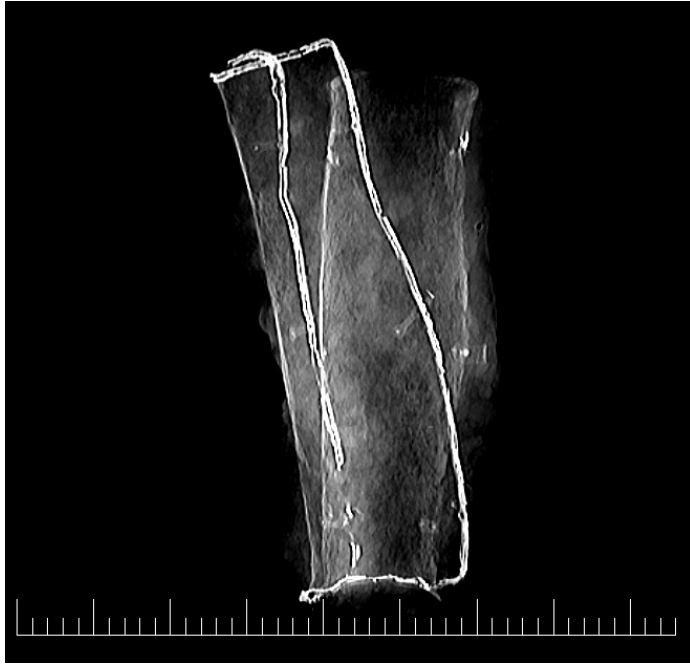
- Fe, Ni, Co – silně magnetické kovy

(některé slitiny těchto kovů mohou magnetické vlastnosti ztrácet např. 34Cu-66Ni (Monelův kov) zahřátím na vyšší teplotu)

Korozní produkty železe jsou nemagnetické, kromě magnetitu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

Většina neželezných kovů (kromě Ni, Co) jsou nemagnetickými

# Tomografie



římské náholenice



# Literatura - metalografie

- Orbis pictus 21. století, Metalografie- vnitřní stavba kovů a slitin webové stránky: [slideplayer.cz/slide/3320440/](http://slideplayer.cz/slide/3320440/)
- Selwyn L.: Metals and Corrosion, A Handbook for the Conservation Professional, Canadian Conservation Institute, 2004, str. 5 – 10.
- Konzervování a restaurování kovů, Ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin, Technické muzeum v Brně, 2011, str. 104 – 117.