

Metodiky konzervování anorg. materiálů - kovy II.

Ing. Alena Selucká

Metodické centrum konzervace, Technické muzeum v Brně,
Purkyňova 105, 612 00 Brno

tel.: 541 421 452

e-mail: selucka@technicalmuseum.cz

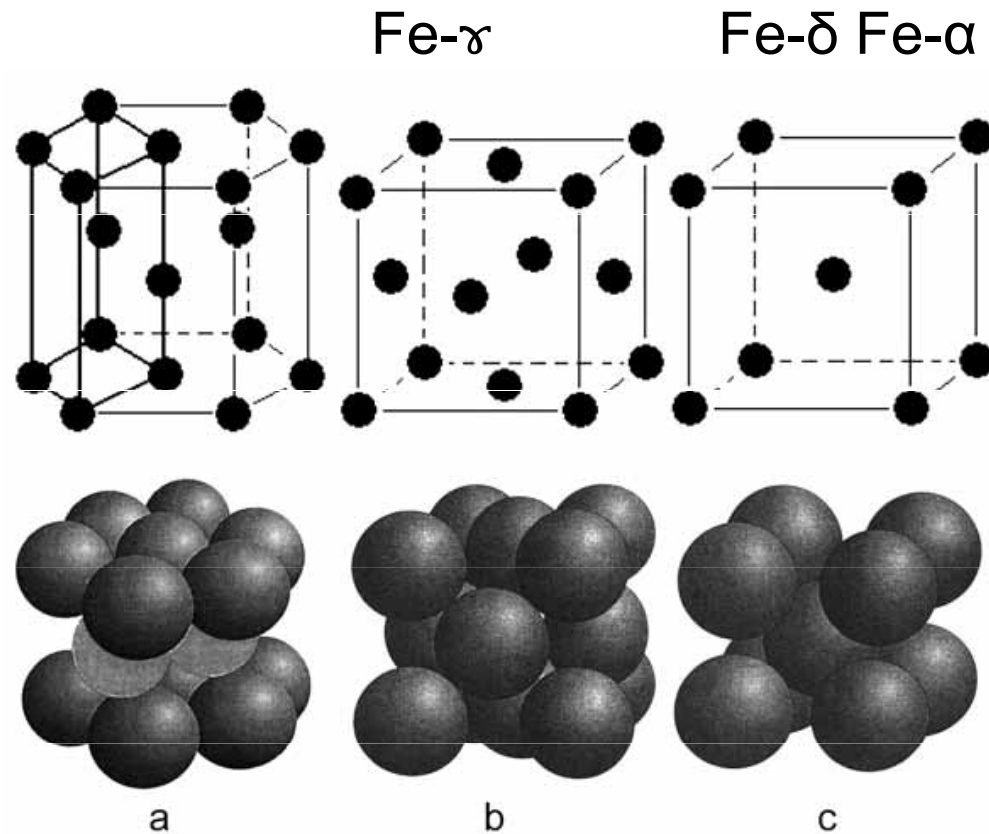


Železo - ferrum Fe

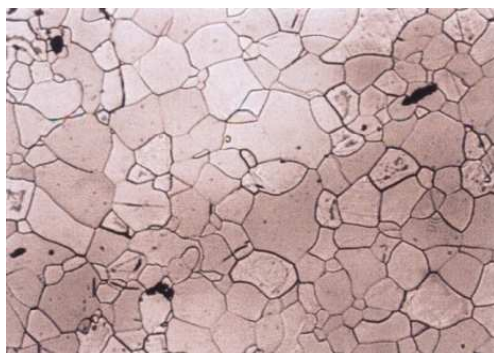
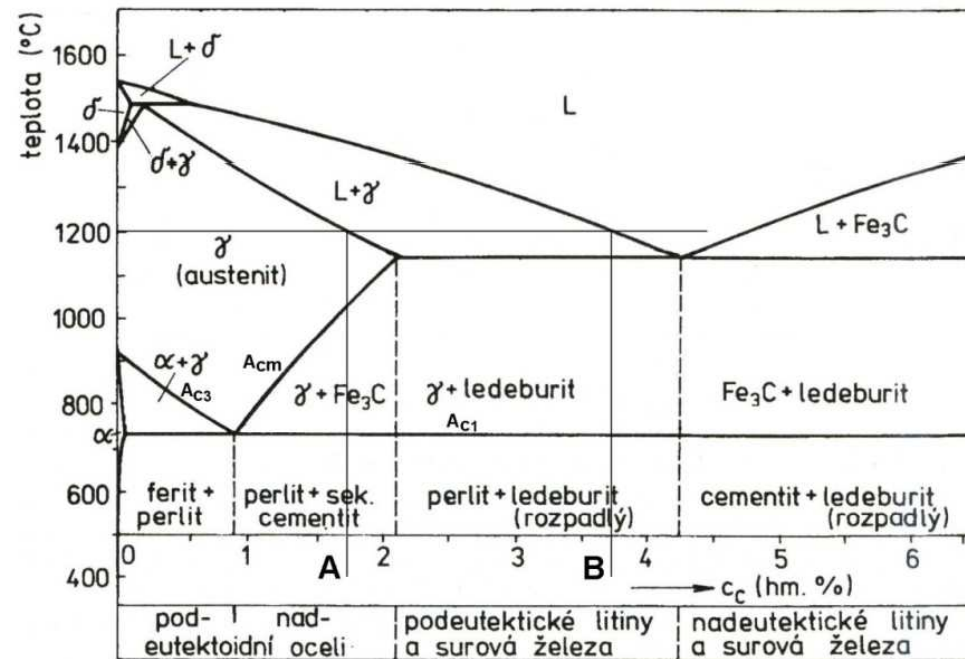
- n Bod tání 1538 °C, měr. hmot. 7,85 g/cm³, barva bílá, magnetický kov (některé nerez oceli a korozní vrstvy železa jsou nemagnetické)
- n Železo ztrácí své feromagnetické vlastnosti při teplotě 770 °C zv. Curieho bod.
- n Čisté železo je měkký, tvárný kov, s nízkou pevností.
- n Je to nejvýznamnější technický kov.

Mikrostruktura kovu

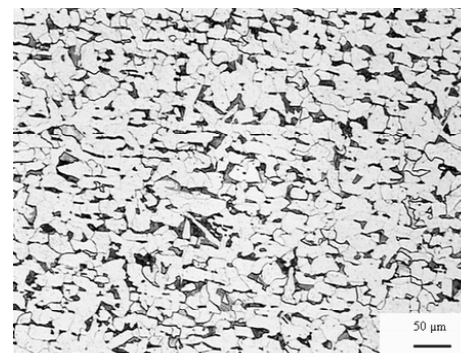
Fe – polymorfní kov tj. krystalizuje ve dvou modifikacích Fe- α ($T < 910\text{ }^{\circ}\text{C}$), Fe- γ ($910 - 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$) a Fe- δ ($1400 - 1539\text{ }^{\circ}\text{C}$)



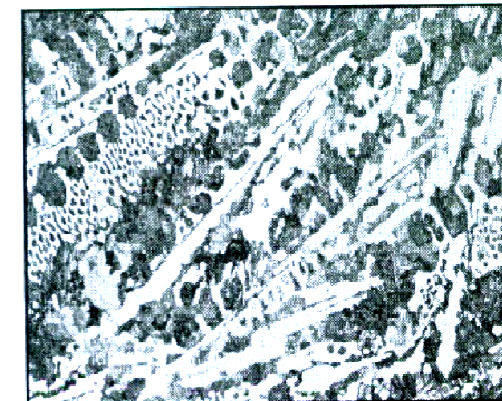
Metastabilní soustava Fe – Fe₃C



feritická struktura

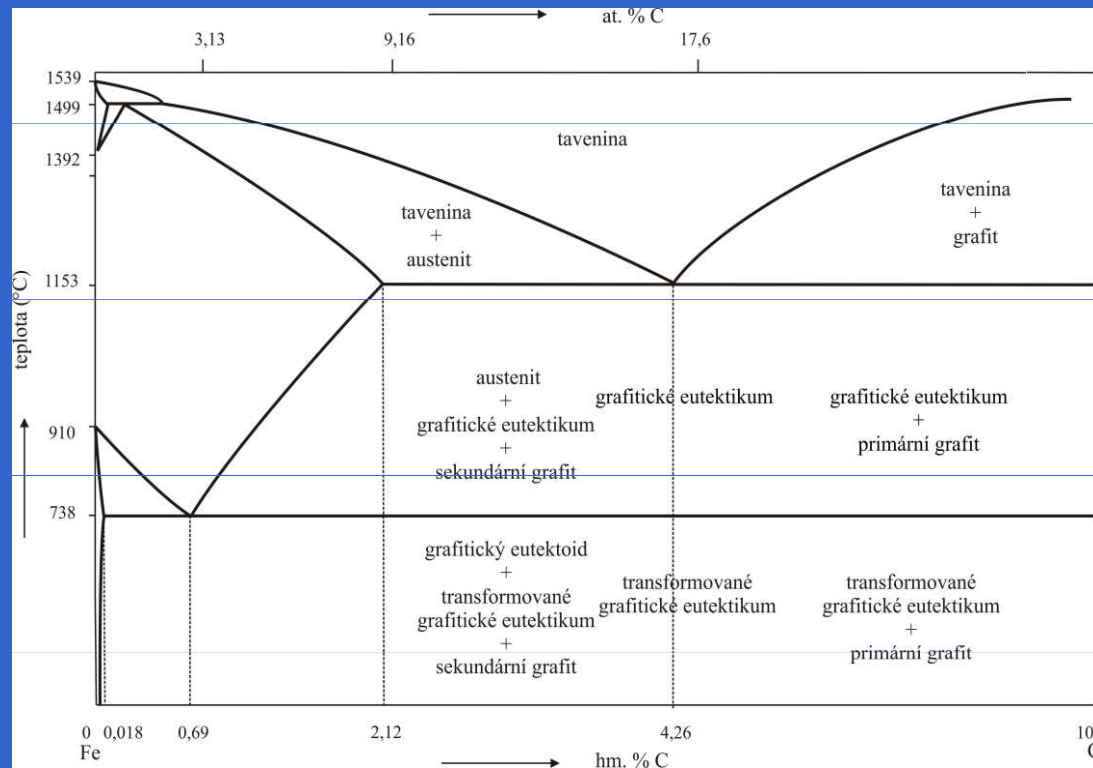


feriticko-perlitická

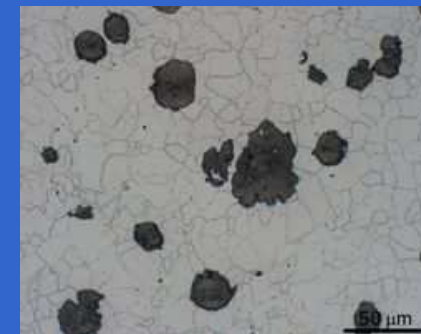


struktura nelegované bílé litiny 500x

Stabilní soustava Fe - C



grafitické (šedé) litiny





Základní fáze ve struktuře Fe s C

- n ferit – tuhý roztok uhlíku v Fe- α nebo Fe- δ (měkký)
- n austenit – tuhý roztok uhlíku v Fe- γ (měkký)
- n cementit Fe_3C – intersticiální chem. slouč. (tvrdý a křehký)
- n perlit - lamely feritu a cementitu (tvrdší a pevnější než ferit)
- n grafit - chemický volný krystalický C (stabilní fáze, měkký)
- n ledeburit – směs austenitu a cementitu (tvrdý a křehký)
- n martenzit – přesycený tuhý roztok uhlíku v Fe- α (+ zbytkový austenit)
- n bainit – směs Fe- α a karbidických částic



Železo - ferrum Fe

n Slitiny železa:

- oceli do 2,1 % C
- litiny nad 2,1 %C
- Korozivzdorné oceli (nerez oceli) – Fe + Cr + Ni

– **Oceli**

- nízkouhlíkové do 0,2 % - **svářkové železo** (do 0,1 % C)
- oceli se středním obsahem uhlíku - 0,2 až 0,6 % C
- vysokouhlíkové - 0,6 až 1,4 %

– **Litiny**

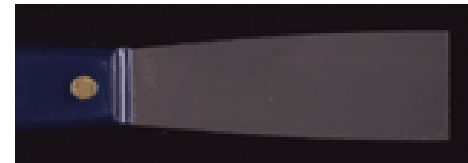
- šedé (obsahují grafit - C)
- bílé (obsahují cementit, karbid železa - Fe_3C)

Železo - ferrum Fe

- Svářkové železo (do 0,1 % C), korozní vrstvy mají texturu podobnou jako dřevo



- Ocel nekorodovaná má stříbře šedou barvu



- Litina – šedo-stříbřitá barva (pánev, kříže, nádoby,



- Korozivzdorná ocel (nerez ocel) – stříbrná barva (kuchyňské náčiní, dekorativní architekt. prvky, průmysl)



Železo - ferrum Fe

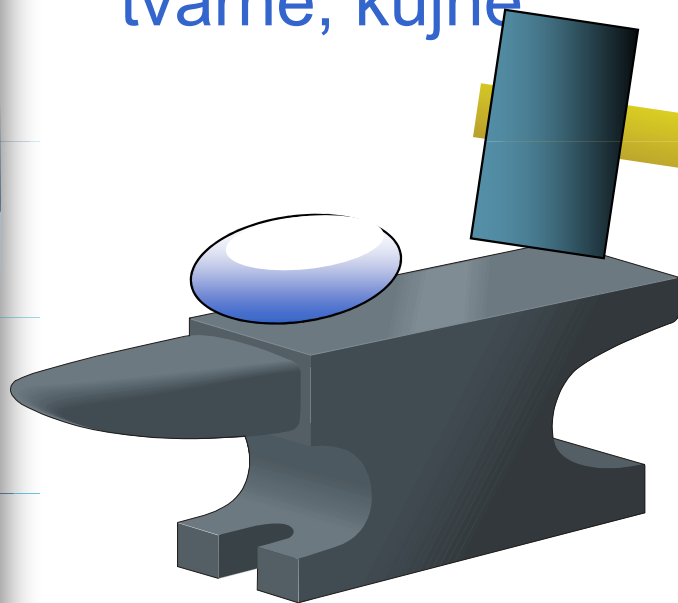


Pomník Jana Palacha v Praze – Dům syna (nerez ocel)
a Dům matky (patinující ocel)



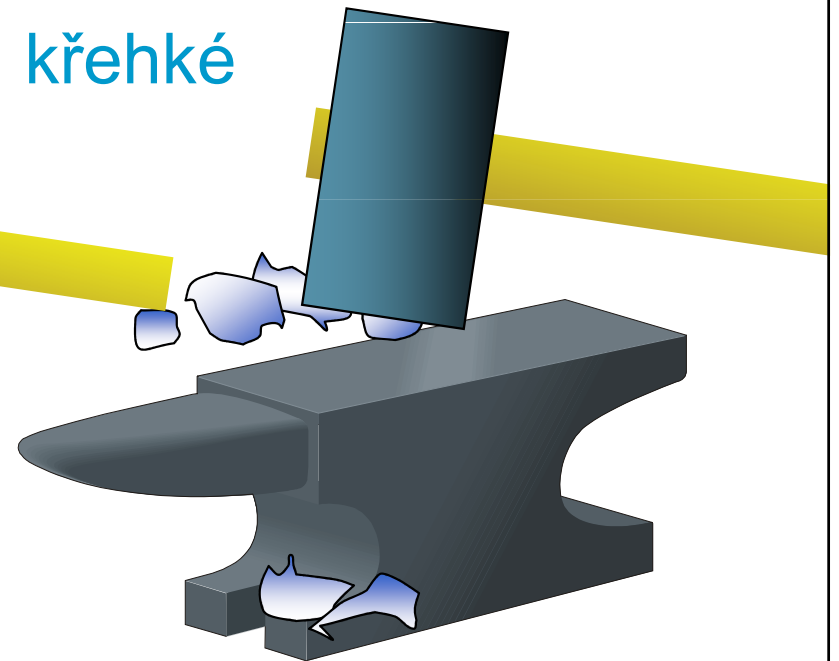
OCEL

(kujné železo) pod 2,1 % C
tvárné, kujné



LITINA

nad 2,1 % C
křehké



Zpracování železa

- v ryzí formě se téměř nevyskytuje (pouze meteority – siderit, slitina železa a niklu = meteorické železo);
- záměrná výroba – kolem roku 2000 př. n. l. v Anatólíi, Blízký východ (nejprve luxusní předměty – zdobené dýky)
- Tutanchamonova hrobka (pol. 14. stol. př. n. l.) – železné předměty (dýky z meteorického železa)
- od 9. stol. př. n. l. výzbroj asyrské armády (dle písemných pramenů – hliněné tabulky)
- postupně rozšíření do Řecka a dál na západ



Železná dýka se zlatou rukojetí, naleziště Alaca Höyük, Turecko – Muzeum v Ankaře; 2350 – 2150 BC)



Tutanchamonova dýka z meteorického železa (Fe + Ni + Co) zdobená zlatou pochvou a rukojetí, Egyptské muzeum v Káhiře, cca pol. 14. stol. BC)

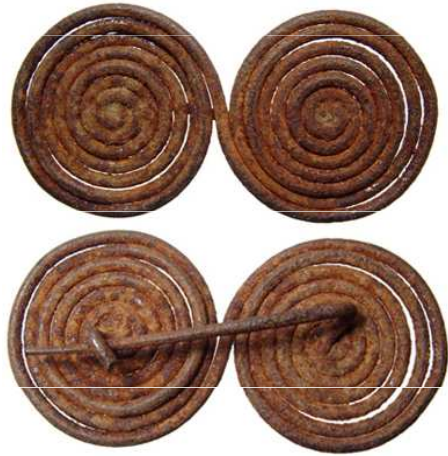
Zpracování železa

- ve středomoří na ostrově Elba – etruská civilizace (od 9. st. př. n. l.) – šachtová pec cca 120 cm
- hlavní rozvoj zpracování železa v Evropě – starší doba železná (**halštát**, 7. st. př. n. l. – 450 př. n. l. podle hornorakouského města Hallstatt; mladší doba železná – **laténské období**, 450 př. n. l. - poč. našeho letopočtu podle keltské stanice La Tène u Neuschatelského jezera ve Švýcarsku)
- postupně nástup keltského železářství (Britské ostrovy, pevninská Evropa) – zbraně, výstroj, nástroje, šperky
- na našem území - 400 př.n.l. – Keltové (šachtová pec se zahloubenou nístějí), kolem Prahy, Moravský kras
- slovanské etnikum – 6. stol. n.l. – želechovická pec (u Uničova)

Železný meč, bronzová pochva, villanovská kultura – základ Etrusků



Zpracování železa

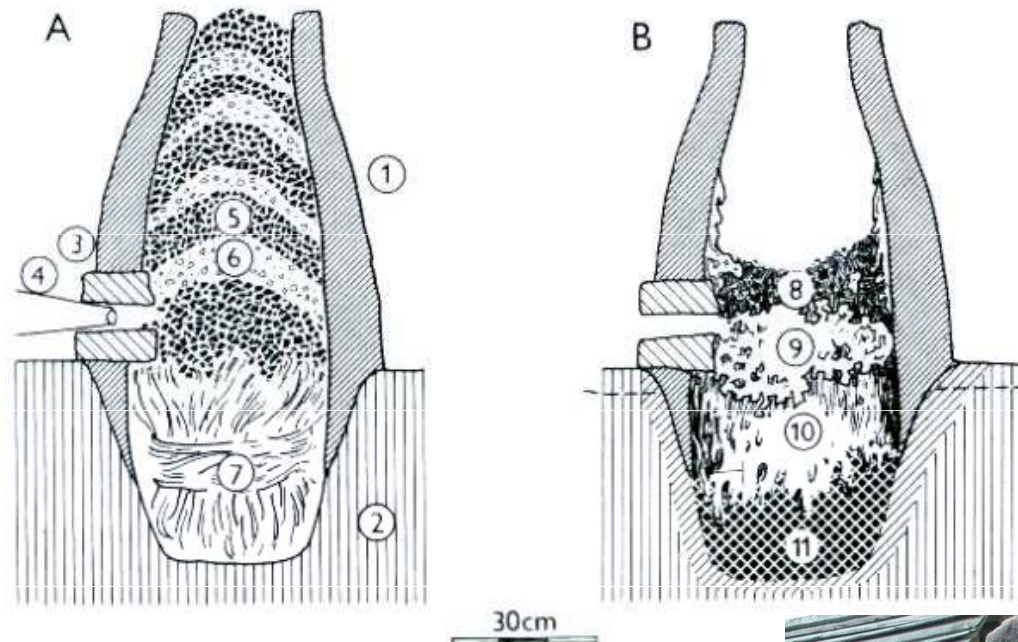


Železná keltská spona



Železný kozlík ke krbu –
pozdní keltský typ

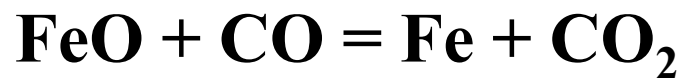
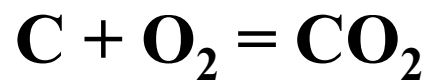
Přímá výroba svářkového železa



Rekonstrukce železářské pece typu Podbořany

A – stav před tavnou; 1. plášť
pece; 2. podloží; 4. mychadlo;
5. dřevěné uhlí; 6. železná
ruda; 7. sláma, nebo proutí;
B – stav po tavně; 8. zbytky
paliva; 9. železná houba;
10. struska; 11. vyhořelé palivo
(podle Pleinera 2000)

<https://edu.ceskatelevize.cz/video/1118-vyroba-kovu-v-historii>



Rekonstrukce hutnických postupů výroby
svářkového železa na technické památce
TMB – Stará huť v Josefově u Adamova



Železná ruda
Dřevěné uhlí



CO_2
, N_2

Železná houba

kování, nauhličování,
kalení a popouštění

Ocel

Přímá výroba svářkového železa



Železná houba



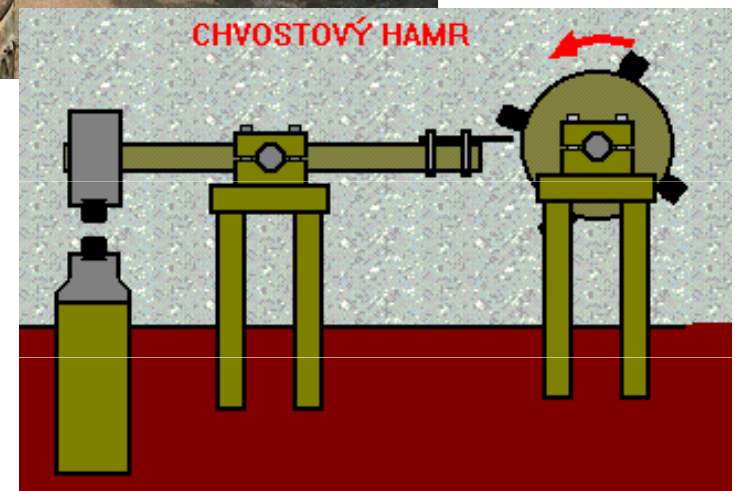
Železná lupá



Železná hřivna, 9. – 10. stol., Slovácké muzeum

Metalurgie železa

- od 12. stol. – použití vodního kola pro pohon **hamerského kladiva a měchů**
– hamry kolem vodních toků (v Evropě rozvoj v rámci církevních řádů – Cisterciáci)

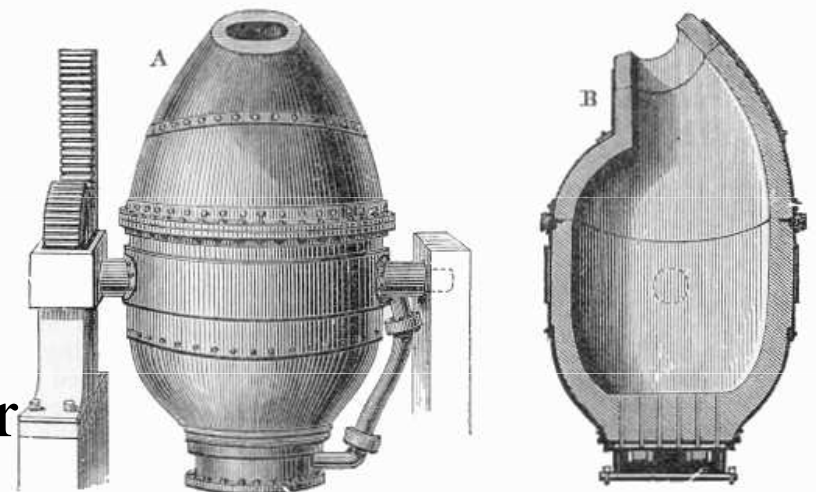


<http://mve.energetika.cz/uvod/hamr.htm>

Metalurgie železa

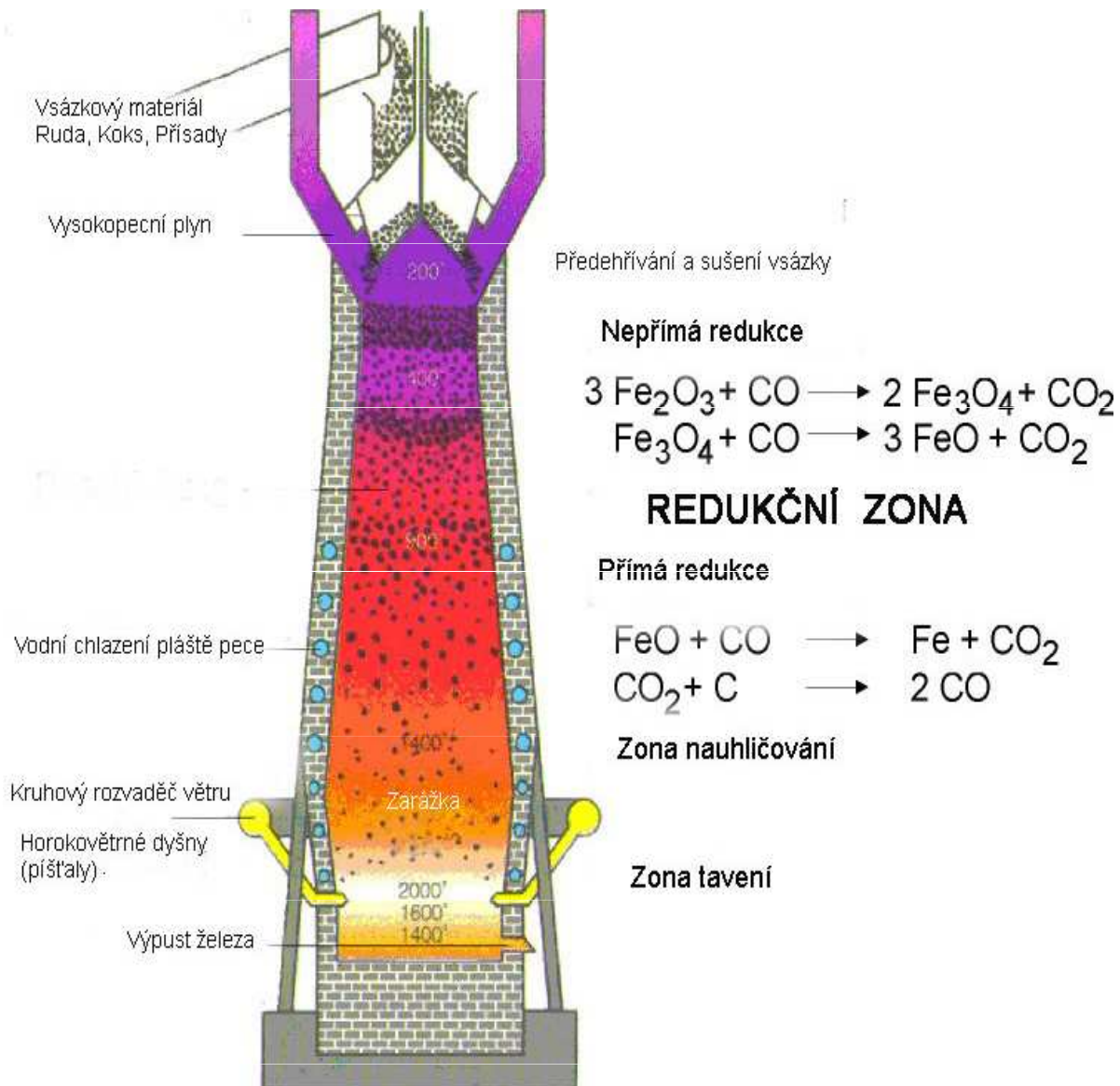
- později bylo možné redukované železo nauhličit tak, že se objevil i tekutý kov (v západní Evropě první vysoké pece od 13. stol. – výška asi 3 m; později 8 – 14 m); vysoká pec se do českých zemí dostává až v 16. století (1595 – Karlova huť v Podbrdsku) – začíná **nepřímá výroba surové železa (3,5 % C)**, které se buď přímo odlévalo (děla...) nebo se dále zkujňovalo ve zkujňovacích pecích (snížení obsahu nežádoucích prvků a uhlíku, surové železo se mění na tvárnou a kujnou ocel) :
 - pudlovací pece (puddling = promýchávání vsázky)
 - 1855 – H. Bessemer – zkujňování v konvertorech – ocel v tekutém stavu (tzv. plávková ocel)
 - 1864 – Siemens-Martinská pec – zkujňování surového železa
 - 1709 – Abraham Darby – užití koksu jako paliva
- další zdokonalení výroby železa (materiál a vsázky do pecí, předehřívání vzduchu...)

Konvertor



Nepřímá výroba surového železa

Vysoká šachtová pec



Železná ruda

Koks

CO, CO₂, N₂

Vysoká pec, $T > 1200^{\circ}\text{C}$

Reakce g-l-s

Horký vzduch

Surové železo (Fe – Fe₃C)

Odlévání

Surové železo (pig iron - asi 4 % uhlíku)

Historická výroba železa

(Technické muzeum v Brně)



Rekonstrukce
hutnických
postupů, Stará huť
u Adamova, TMB

Vysoká železářská pec –
Františka, cca 10 m vysoká v
bývalém hutnickém komplexu
Lichtensteinů, 18. století –
dnes národní technická
památká TMB



<http://www.technicalmuseum.cz/pamatky.html>

Vývoj hutnického zpracování železa



Národní kulturní památka –
Vysoké pece, koksovna
a technické vybavení
Vítkovických železáren

Svářkové železo/ Litina/ocel



Ironbridge, litinový most
přes řeku Severn, r. 1779 –
symbol průmyslové
revoluce v Anglii



Ivančický viadukt, jeden z prvních
celokovových mostů ze svářkového
železa a litiny v Rakousko-uherské
monarchii, r. 1870 (foto z r. 1978)



Tepelné zpracování

n Oceli:

- Žíhání (rekrytalizační, ke snížení pnutí, homogenizační atd.)
- Kalení (martenzitické, bainitické)
- Chemicko-tepelné zpracování: cementování

n Surová železa a litiny

- temperování, žíhání, kalení

Povrchové úpravy - výzdoba

n černění, modření

n Rytí, lept

n inleje

n pokovování (cínování,

poměďování, zlacení, stříbření, chromování, niklování, žárové stříkané povlaky zinkem - šopování atd.)

n smaltování

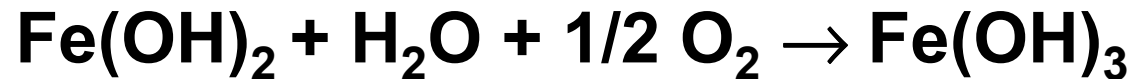
n damask

Cínované středověké zámky, dle
ing. J. Josefa, NM Praha

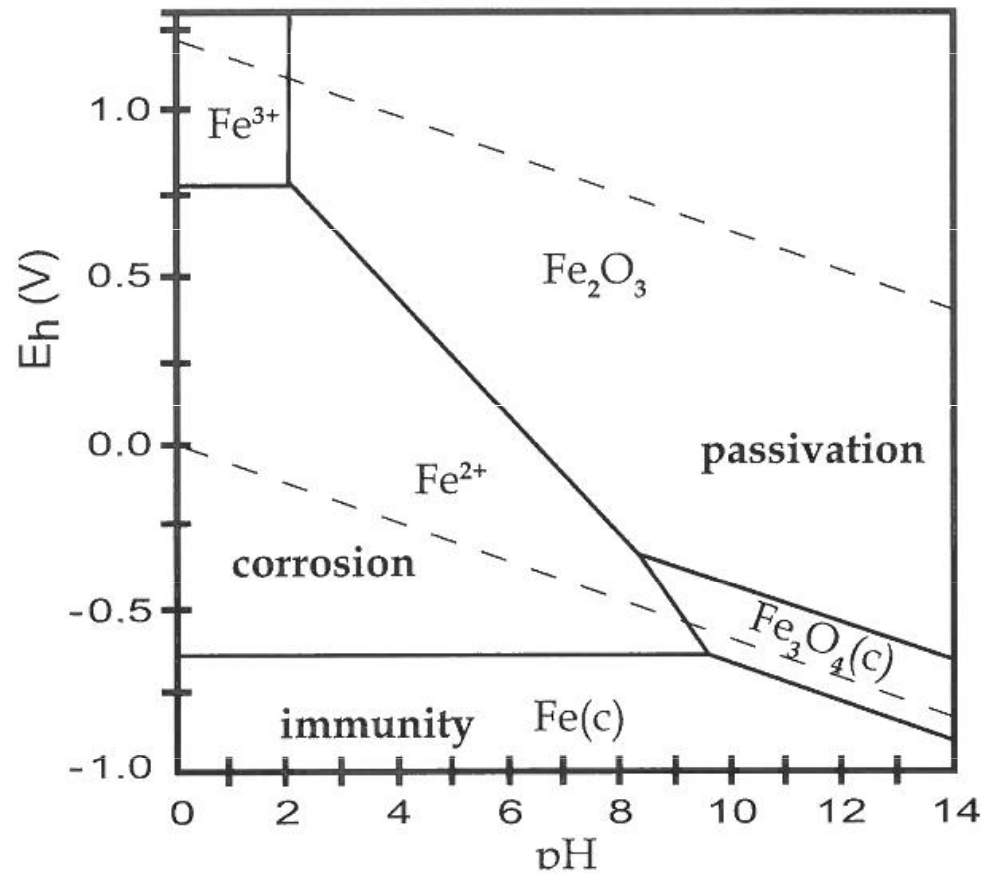




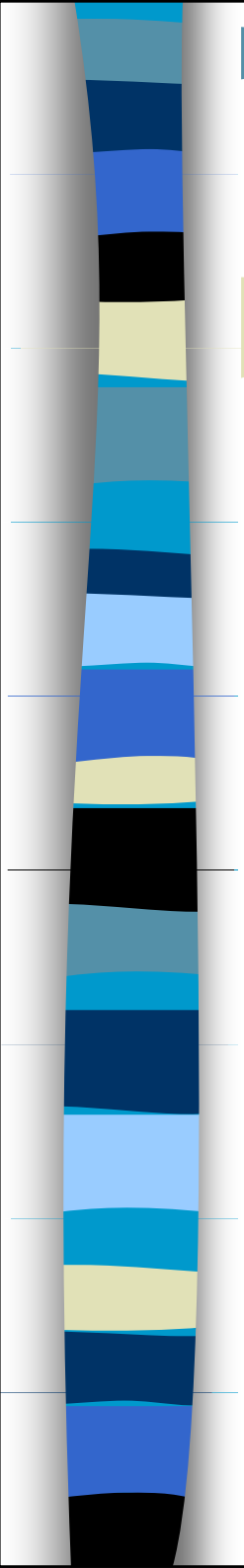
Koroze železa



Pourbaix diagram Fe



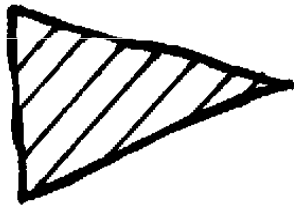
Korozní produkty železa

- 
- n $\text{Fe}(\text{OH})_2$
 - n $\text{FeO}(\text{OH})$
 - n FeCl_2
 - n **$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ černý magnetit Fe_3O_4**
 - n $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ zelený hydratovaný magnetit
 - n **$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ hnědo-oranž. rez**
 - n Fe_2O_3
 - n FeCl_3
 - n $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 - n FeS - černý sulfid železnatý
 - $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{S} = \text{FeS} + 2\text{H}^+ \dots\dots$
(anaerobní koroze, např. bahenní depozity, mořská voda)
 - n **$\alpha \text{Fe}_2\text{O}_3$**
 - **červený hematit (nad 200°C, např. žárové hroby)**
 - n **$\beta\text{-FeO}(\text{OH})$ – akaganeit (aktivní chloridová koroze)**
 - n **$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$**
 - **modročerný vivianit (přítomnost fosfátů)**

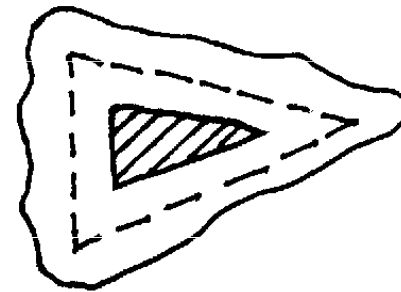
běžně se vyskytuje v korozních vrstvách železa: **Fe_3O_4 / $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$**
($\alpha \text{FeO}(\text{OH})$ – geotit + $\gamma \text{FeO}(\text{OH})$ – lepidokrocit)

Koroze železa

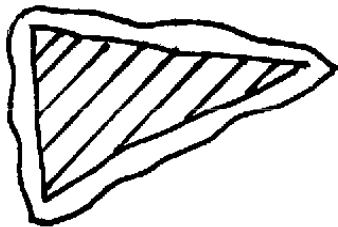
n rozsah koroze



povrchová koroze

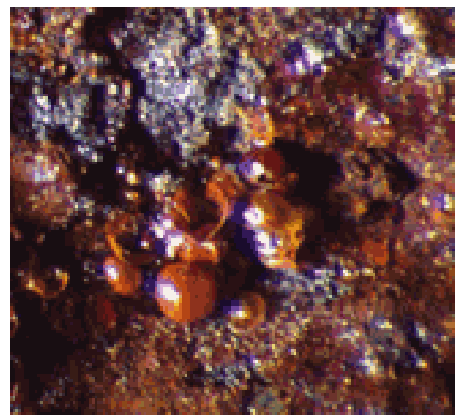
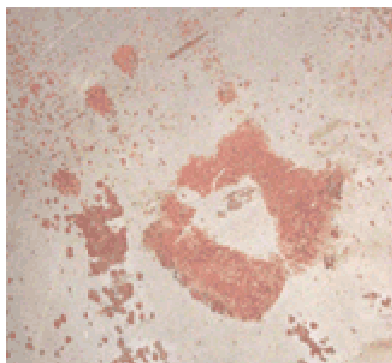
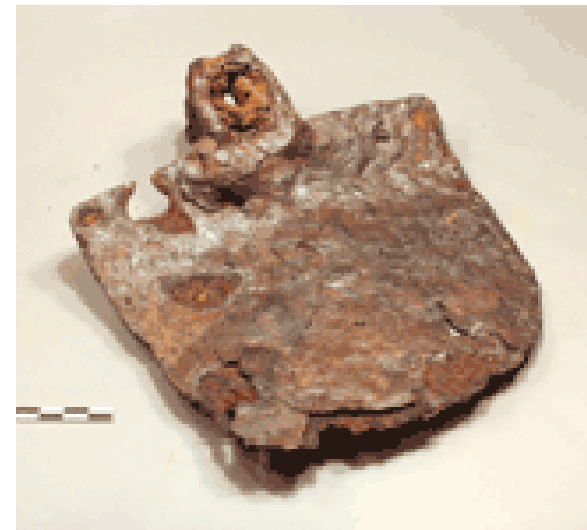
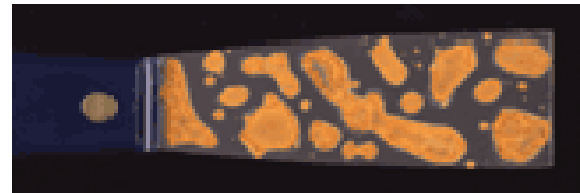


objemné korozní produkty -
velmi slabé kovové jádro; **tvar**
předmětu je tvořen korozními
produkty



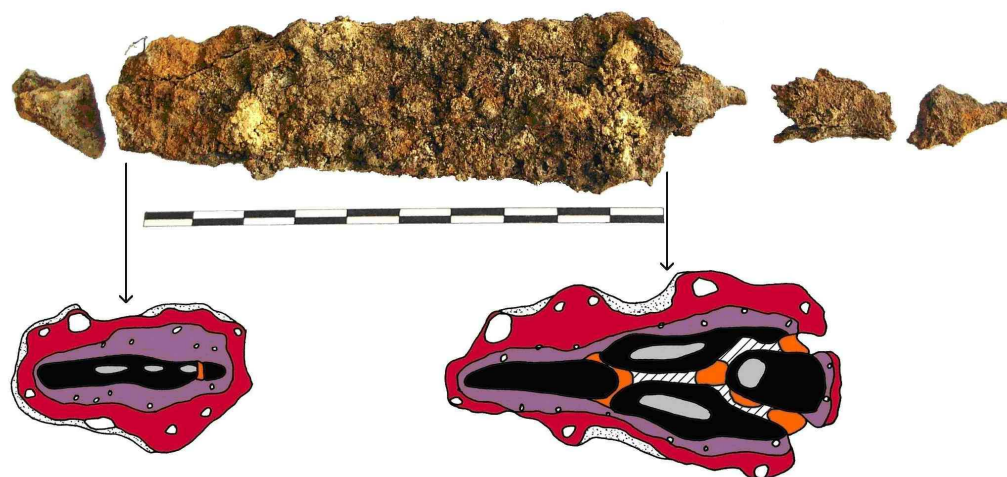
korozní produkty + kovové jádro zachované

Rozsah koroze



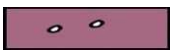






Canadian Conservation
Institute

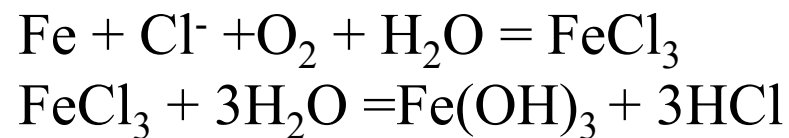
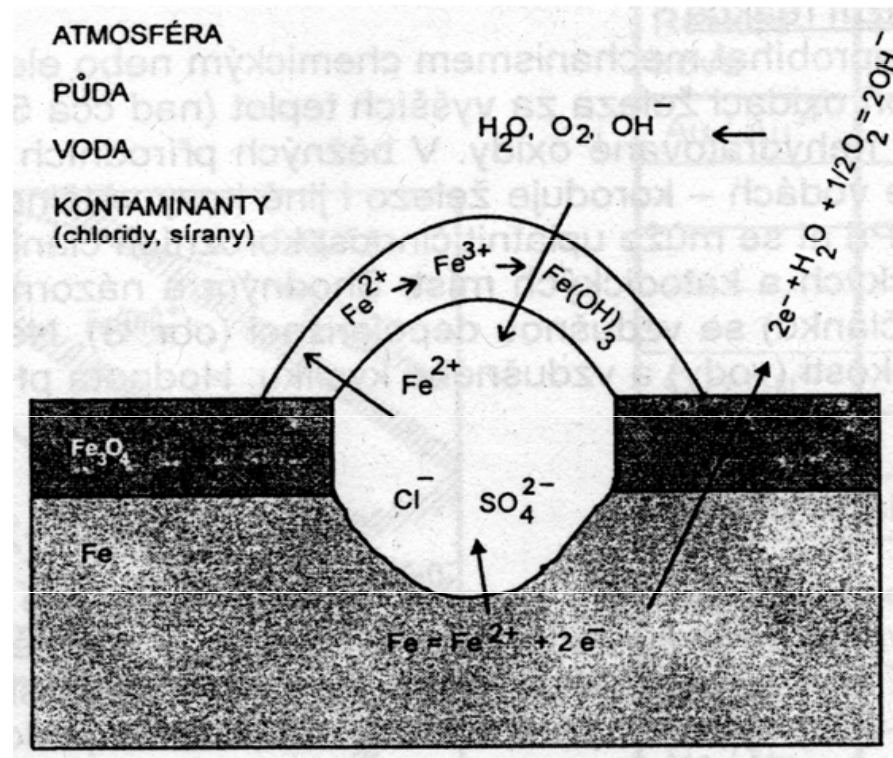
Koroze archeologických nálezů



Schematický řez korozními vrstvami dle ing. D. Perlíka, Středočeské muzeum v Roztokách

-  hlína a sedimenty
-  směs α -FeO(OH) goethit, γ -FeO(OH) lepidocrocit s cizorodými příměsemi
-  směs α -FeO(OH) goethit, γ -FeO(OH) lepidocrocit
-  Fe₃O₄ magnetit
-  β -FeO(OH) akaganeit
-  kovové jádro
-  prázdné prostory

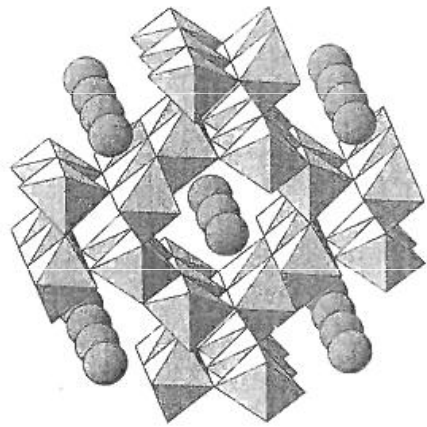
Aktivní koroze železa



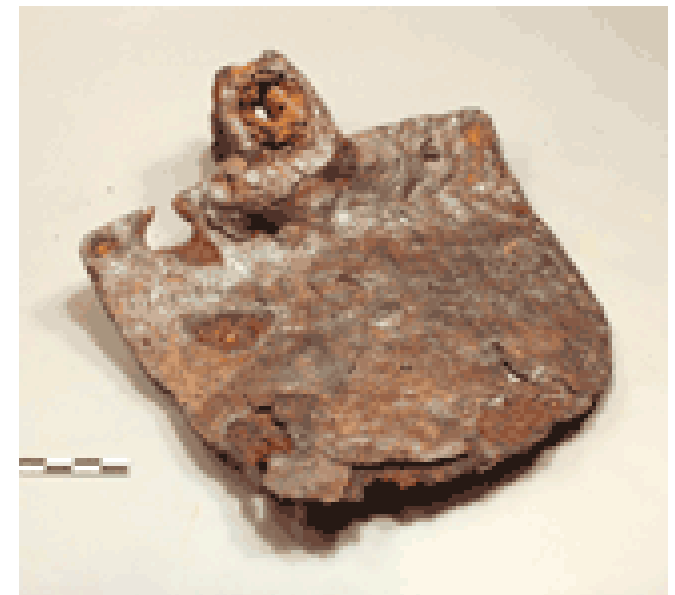
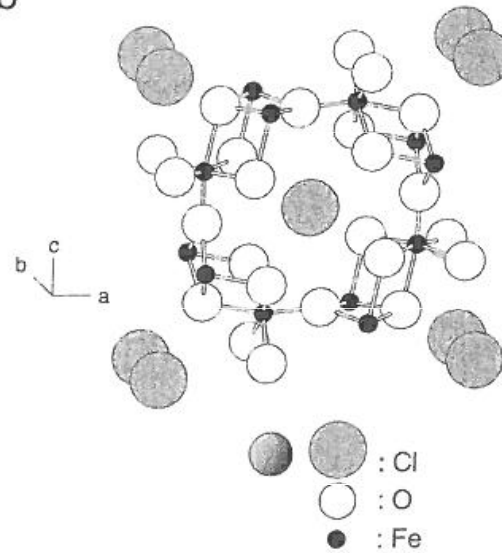
- 1) Akaganeit - β -FeOOH, krystaly na rozhraní kov-rez;
- 2) „pocení/slzení kovu“ - koncentrace chloridových solí na povrchu $FeCl_3$, $FeCl_2$

Akaganeit – β -FeOOH

a

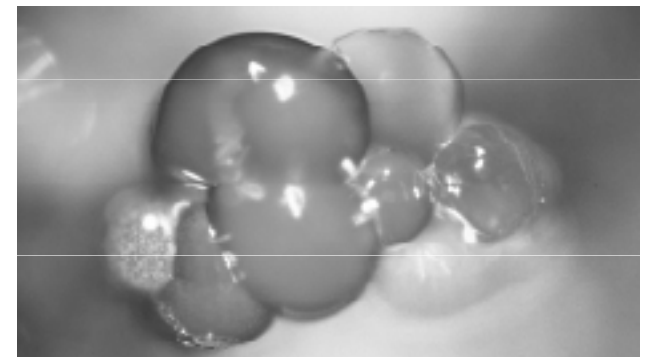
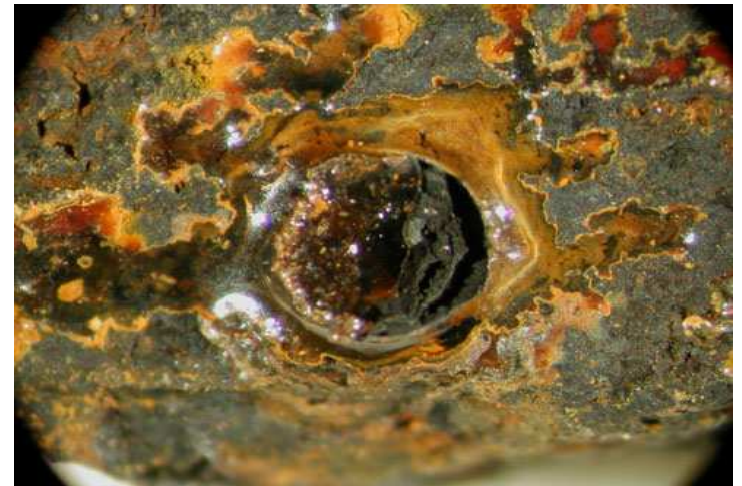


b



„Pocení/slzení (sweating/weeping) kovu“

Chloridové soli na povrchu ve formě žluto-hnědých kapiček, po vyschnutí - puchýře



Konzervace železa

Průzkum

- dochovalo se kovové jádro?
- stanovit rozsah odstranění korozních vrstev (kde je původní povrch předmětu?) – **odstranění korozních produktů / zachování korozních prod.**
- dochované zbytky jiných kovů, org. látek, nátěrů apod.?

Metody čištění

- mechanicky (broušení, otryskávání)
- fyzikálně - laser
- chemicky (odrezovací lázeň)
- elektrolyticky
- plazmochemicky

Stabilizace

- nepřímá (kontrola RV, T, silikagel, vypařovací inhibitory, odstranění O₂)
- tanátování
- desalinace

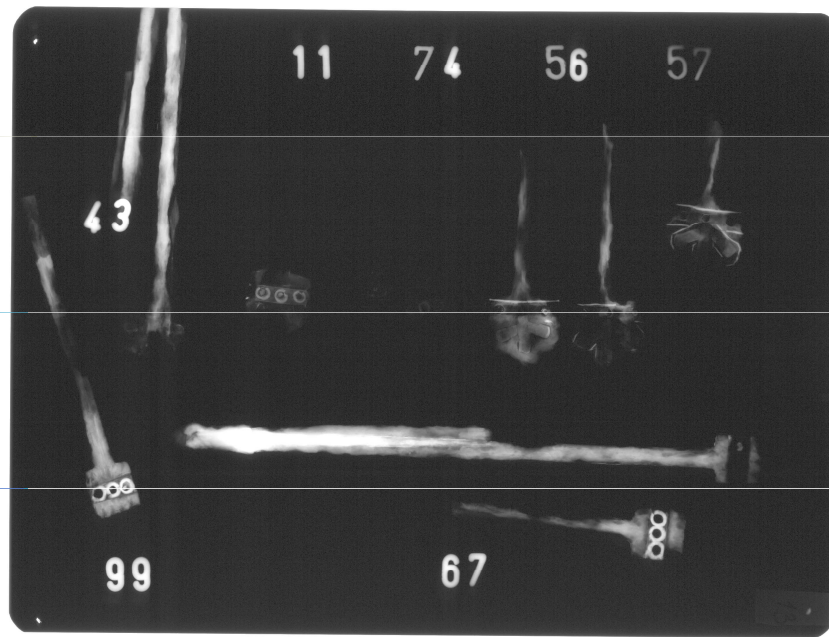
Povrchová úprava

- pasivace
- lakem (např. Paraloid B72), voskem (např. včelí vosk)

Detail povrchu čepele s fragmenty textilu

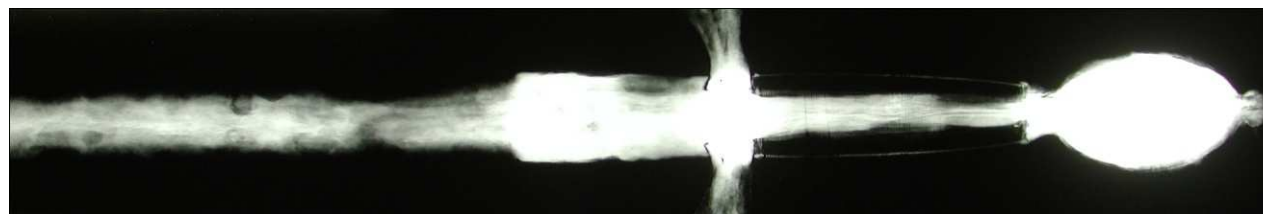


Průzkum



RTG – jezdecké třmeny,
plátováno mědí

RTG snímek kordu z 16. stol.

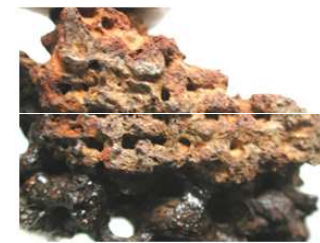


Dřevo – kroužky – textil před konzervací



Dřevo – kroužky – textil před konzervací

Dřevo – kroužky – textil po konzervaci



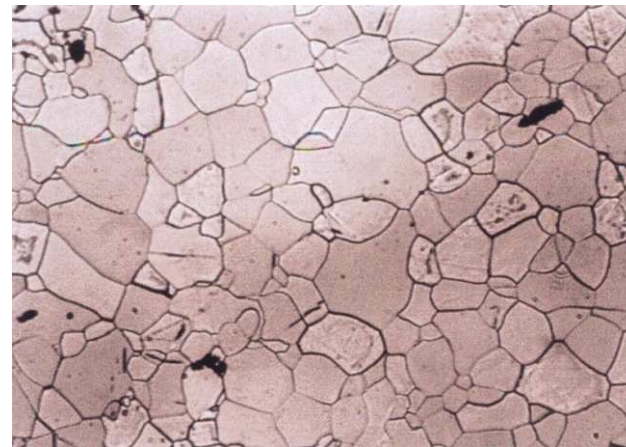
Dřevo – kroužky – textil po konzervaci

Fragmenty mineralizované textilií
a dřeva na železném předmětu

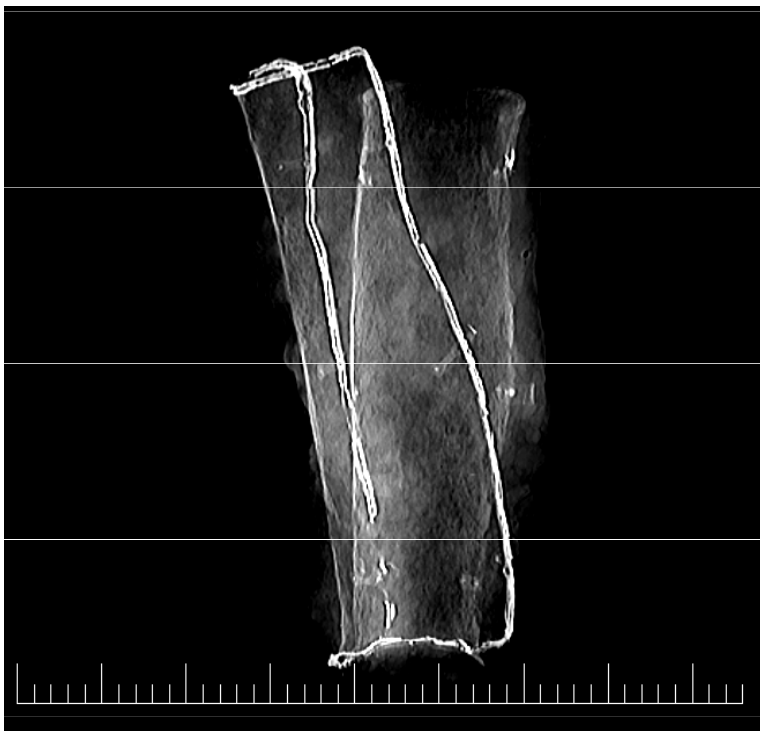
Metalografická analýza „trojnožka“, Brno 2001



metalografický mikroskop



Tomografie



římské náholenice



Čištění povrchu

Mechanicky:

A) znečištění prachem/ slabá povrchová koroze

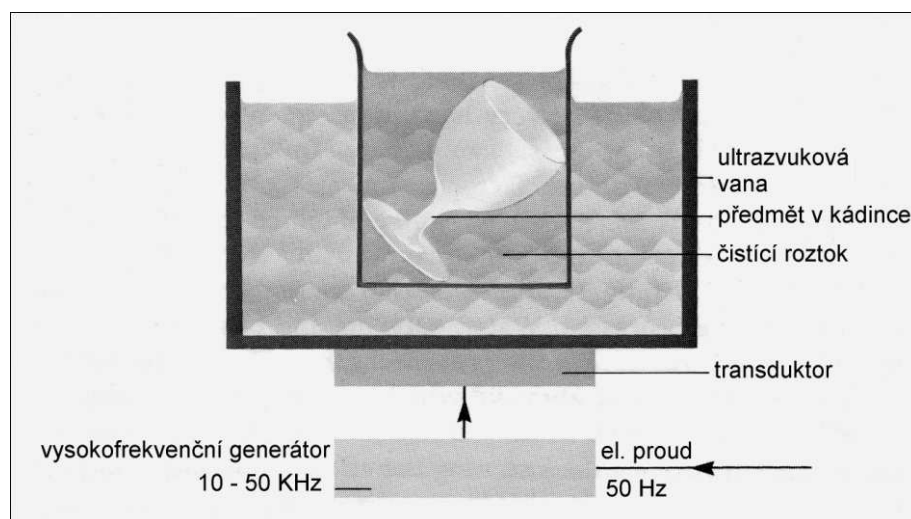
- otření prachu, vysávání, ofukování vzduchem
- jemné silonové kartáče
- ocelová vata 00-00 + olej

B) hrubší korozní vrstva

- ocelové kartáče, rotační nástroje, zubotechnické brusky
- tlaková voda/pára
- vibrační nástroje – ultrazvuk (lokální skalpely)
- otryskávání (abrasivo – korund (oxid hlinitý), skleněná balotina)



Mechanické čištění

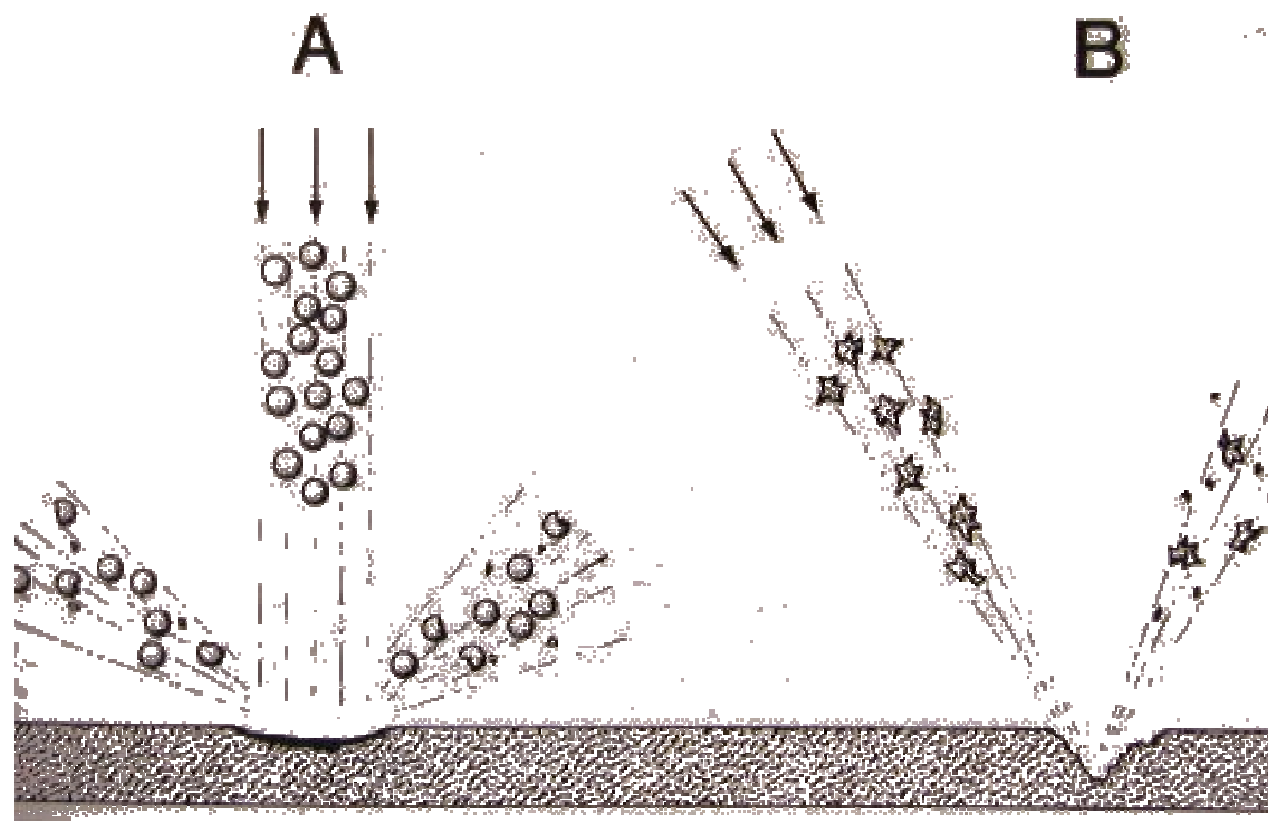


Mikrotrýskávací zařízení –
Středočeské muzeum v Roztokách
u Prahy

Mechanické čištění

A – kulaté abrazivo (balotina)

B – ostré abrazivo (korund)



Čištění povrchu



Čištění povrchu

n Chemicky:

- Voda a vodné prostředí (tenzidy neionické např. Syntapony – odstraňování hydrofobních nečistot tj. oleje, saze
- Organická rozpouštědla – odmašťování a odstraňování konzervačních vrstev a nefunkčních nátěrů
- Alkalické roztoky (NaOH, Pragolod) - odstraňování organických nátěrů
- Kyselé roztoky (dříve na bázi kys. fosforečné) – čištění od korozní vrstvy
- Komplexotvorná činidla - dvojsodná sůl kyseliny EDTA - Chelaton III

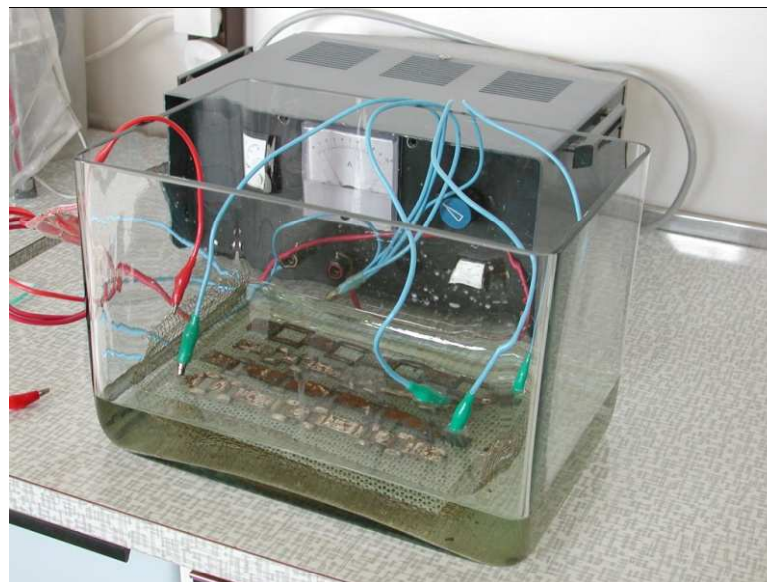
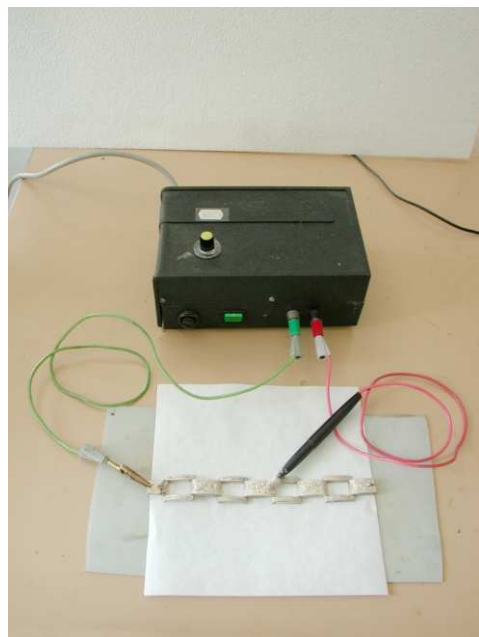
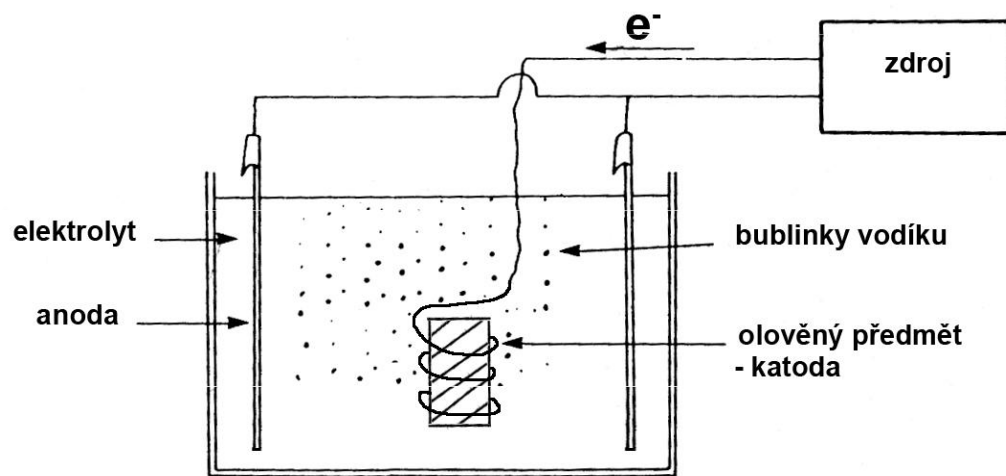
Chemické čištění

n Čištění chemickou reakcí

- Alkalické roztoky (NaOH, čpavková voda; komerční Pragolod) – čištění organických nečistot, odmašťovače kovů
- Kyselé roztoky (odstraňování korozních produktů) – kyseliny sírová, dusičná, fosforečná; organické kyseliny

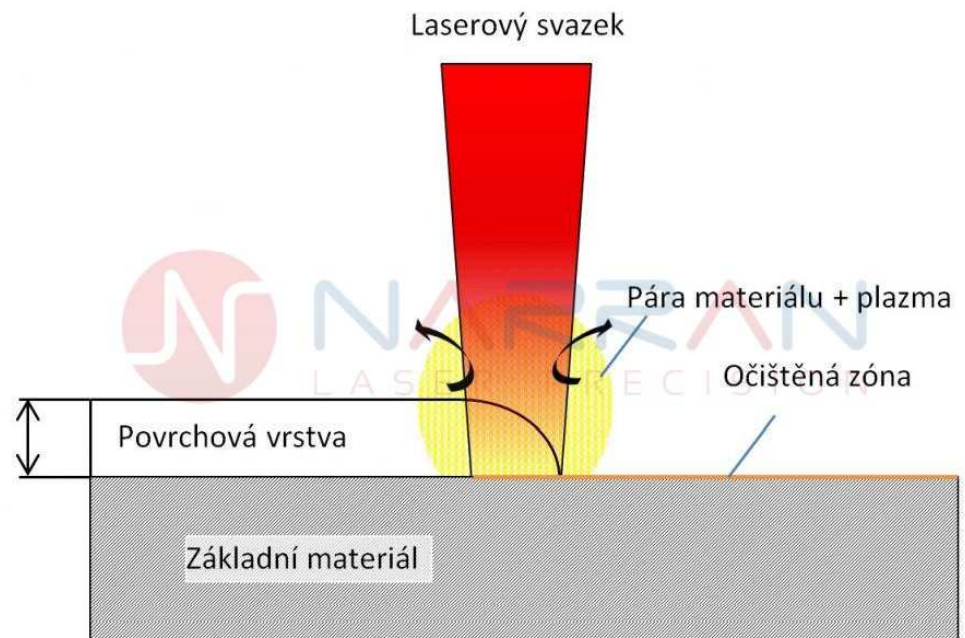


Elektrochemické čištění



Čištění povrchu

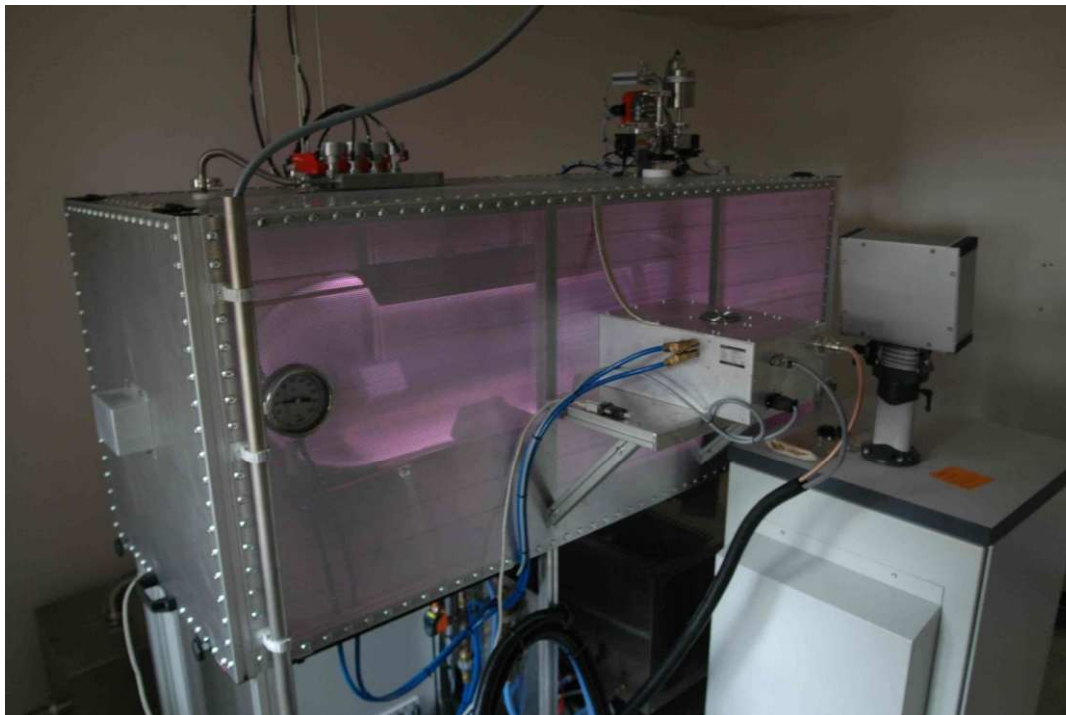
- Laser – laserový paprsek způsobí prudké změny teploty a tlaku, čímž dojde k objemovým změnám povrchových nečistot (povrchová část krusty je převedena do stavu plazmatu)



Zdroj: <https://narran.cz/laserove-cistení/>

Plazmochemická metoda

- n Redukce atomárním vodíkem v plazmovém výboji (vysokofrekvenční výboj)
- n Teplota uvnitř aparatury do 170°C
- n Ošetření železných nálezů, stříbra, olova



Plazmochemická aparatura
ve Středočeském muzeu
v Roztokách u Prahy



Stabilizace korozních vrstev

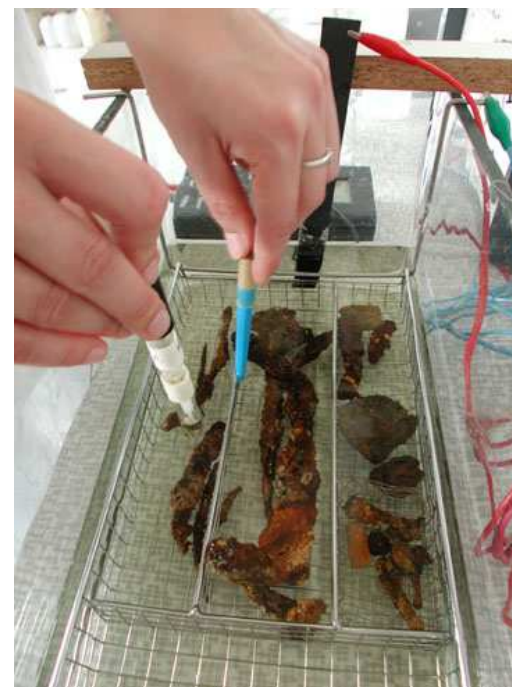
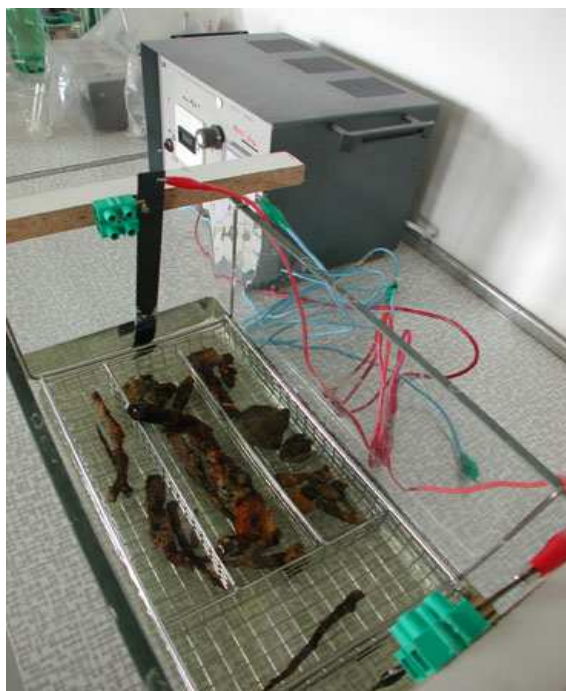
□ Desalinace:

- **alkalická (siřičitanová) metoda** (siřičitan sodný, hydroxid sodný, 60°C) – 0,05 M Na_2SO_3 + 0,5 M NaOH
- **zahříváná destilovaná voda** (cca 60 – 100 °C)
- **kys. askorbová** (kys. askorbová, dihydrogenfosforečnan draselný, hydrogenfosforečnan sodný)
- **hydrazinhydrát** (hydrazinhydrát, kys. benzoová)
- **elektrochemické** (anody z upraveného titanu, prim. fosforečnan draselný, sek. fosforečnan sodný, benzoan sodný)
- **alkoholová** (alkoholový roztok LiOH (1%))

□ Stabilizátory rzi (konvertory rzi) - taniny

Desalinace

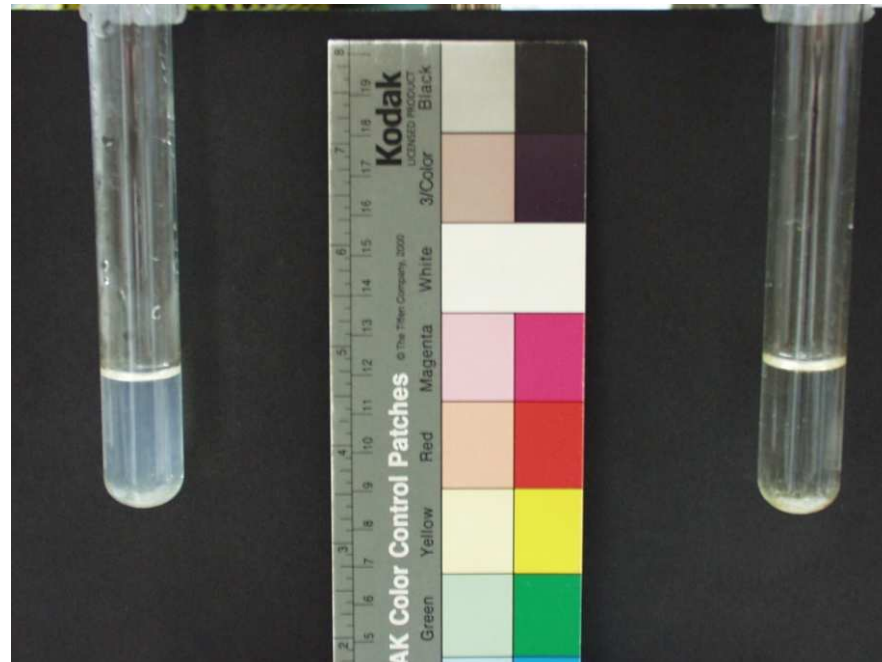
- Odstranění chloridových solí



elektrolytická desalinace
železných nálezů

Desalinace

- Kvalitativní test chloridových iontů v roztoku (0,2 M AgNO_3)



Taniny v konzervaci kovů

Tanátování - stabilizace rzi archeologických a historických železných předmětů



Barokní kříž, Muzeum
Českého Krasu,
dle A. Havlínové

Taniny v konzervaci kovů

Tanátování - stabilizace rzi u podkorodovaných barevných (malba na železe)



Barokní kříž, Muzeum
Českého Krasu,
dle A. Havlínové

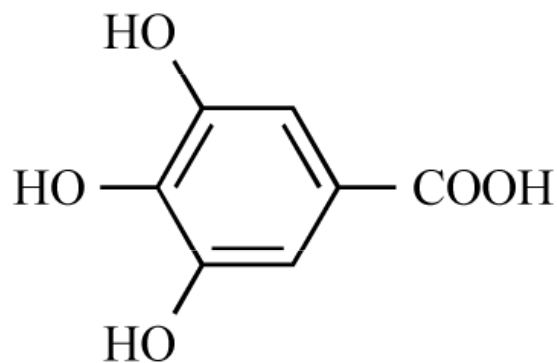


Ukřižování z Kobylic, poč. 20. stol.

Co jsou to taniny?



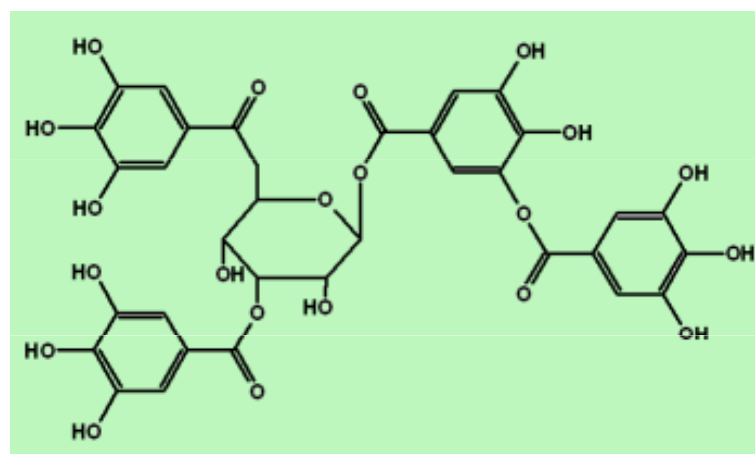
duběnky (Galla)



kyselina gallová

Taniny – třísloviny:

- organické látky rostlinného původu
- polyfenolické látky
 - hydrolyzovatelné taniny (gallotaniny a ellagotaniny)
 - kondenzované taniny (flavonoidy)



kyselina taninová

Konzervátorské postupy

Pelikán J. B., Studies
in Conservation, r.
1966:

- stabilizace rzi slabě zkorodovaných povrchů **20 % roztok taninu** (200g taninu, 1000 ml vody, 150 ml ethanol)
- částečné odrezení a stabilizace předmětů se silnější vrstvou korozních produktů 20% roztok taninu s přidáním 100 ml 80 - 85 % kyseliny fosforečné

Canadian Conservation
Institute, CCI Notes 9/5,
r. 2007:

- 10% roztok taninu (100g kys. taninová, 900 ml dest. vody, 50 ml ethanol, cca 2ml zředěné kys. fosforečné); při aplikaci zředit **na 2 až 3% roztok taninu**

Komerční produkty:

- Pragokor (Pragochema, s. r.o.)
- Odrezovač T (Via-Rek, s.r.o. Rájec-Jestřabí)



Vysoušení

- Předměty sušíme v elektrické sušárně po dobu minimálně 5 hod. a při teplotě 110°C
- Následně musí předměty zchladnout v exsikátoru se silikagelem.
- Předměty s objemnou korozní vrstvou je nutno vysušovat postupně (teplota vzrůstá od 20 až ke 110°C).



Lepení, tmelení

- **pro lepení kovů lze použít:** akrylátová lepidla, glykoldiakrylátová lepidla, kyanoakrylátová lepidla, lepidla na bázi chloroprenového kaučuku, epoxidová lepidla, polyurethanová a silikonová elastomerní lepidla
- **na lepení kovů se nedoporučuje** používat lepidla na bázi polyvinylacetátu (nebezpečí uvolnění kyseliny octové – Pb, Cu)
- **tmel** – lepidlo + plnivo (např. balotina) + anorg. pigmenty



Závěrečná konzervace

- **PARALOID B 72** (max. 10 % roztok v xylenu, acetonu, etanolu atd.)
- **VEROPAL D 709** (max. 10% roztok v toluenu nebo xylenu)
- **Mikrokrystalické vosky - REVAX 30, COSMOLOID H 80 atd.** (nejčastěji naředěné v benzínu nebo solventní naftě)
 - Vrstvy se nejčastěji kombinují tak, že první vrstvu tvoří akrylátový lak, druhou mikrokrystalický vosk.
 - Vhodné je použití impregnace za sníženého tlaku

Uložení

- **RV < 60 %**, teplota 18 - 25 °C, osvětlenost do 200 lx energie UV pod 75 $\mu\text{W}/\text{lm}$
- **Kontrola stavu cca za 2 roky**
- **Ochranný obal** – dle charakteru předmětu (např. PE fólie) – lze přidat prostředky pro vysušení mikroklimatu (silikagel) nebo vypařovací korozní inhibitory





Literatura

- BURSÍKOVÁ, Miluše: **Rekonzervace a restaurování unikátního laténského meče**, Sborník z konzervátorského a restaurátorského semináře. Brno 1998, s. 51 - 57.
- DAŇKOVÁ, Aranka – HAVLÍNOVÁ, Alena: **Desalinace ve vodném roztoku s obsahem hydrazinhydrátu**. In: Stabilizace železných archeologických nálezů, Brno 2003, s. 19-22, ISBN 80-86413-13-6.
- FARKE, Heidemarie: **Příspěvek ke stanovení organických zbytků na půdních nálezech z kovu**, Zajímavosti a novinky z konzervátorské, restaurátorské a preparátorské praxe, Metodický list. Brno 1997, s. 98 - 102.
- HAVLÍNOVÁ, Alena – PERLÍK, Dušan: **Sířičitanová desalinace**. In: Stabilizace železných archeologických nálezů, Brno 2003, s. 19-22, ISBN 80-86413-13-6.
- HAVLÍNOVÁ, Alena - PERLÍK, Dušan: **Využití plazmatické redukce ve Středočeském muzeu - podmínky ošetření železných nálezů a následná konzervace**, Zajímavosti a novinky z konzervátorské, restaurátorské a preparátorské praxe, Metodický list. Brno 1997, s. 60 - 62.
- HAVLÍNOVÁ, Alena: **Optimalizace konzervačního postupu při zpracování železných archeologických sbírek**, Sborník z konzervátorského a restaurátorského semináře. Brno 1998, s. 70 - 73.
- HAVLÍNOVÁ, Alena: **Restaurování laténského meče v pochvě s využitím plazmochemického ošetření**. In: Konzervace a restaurování kulturního dědictví z pohledu mezinárodní etiky, Metodický list. Brno 1995, s. 71 - 72.
- KREISLOVÁ, Kateřina. **Konzervace kovů a konzervační prostředky**. In Sborník z konzervátorského a restaurátorského semináře. Technické muzeum v Brně, Brno 1999, s. 69-72.



Literatura

- RUSNÁK, Vlado: ***Desalinace hydroxidem lithným II.*** In: Stabilizace železných archeologických nálezů, Brno 2003, s. 19-22, ISBN 80-86413-13-6.
- SELUCKÁ, Alena – RICHTROVÁ, Antonie – HLADÍK, Jaromír: ***Elektrolytická desalinace.*** In: Stabilizace železných archeologických nálezů, Brno 2003, s. 19-22, ISBN 80-86413-13-6.
- SIGLOVÁ, Václava: ***Desalinace hydroxidem lithným I.*** In: Stabilizace železných archeologických nálezů, Brno 2003, s. 19-22, ISBN 80-86413-13-6.
- ŠILHOVÁ, Alena – PRAŽÁK, Milan: ***Stabilizace železných archeologických nálezů.*** In: Stabilizace železných archeologických nálezů, Brno 2003, s. 9-12, ISBN 80-86413-13-6.
- ŠILHOVÁ, Alena – PRAŽÁK, Milan: ***Způsoby desalinace užívané v současné době.*** In: Stabilizace železných archeologických nálezů, Brno 2003, s. 19-22, ISBN 80-86413-13-6.
- ŠILHOVÁ, Alena. ***Stabilizace železných archeologických předmětů siřičitanem sodným v alkalickém prostředí.*** In Sborník z konzervátorského a restaurátorského semináře. Technické muzeum v Brně, Brno 1999, s. 53-57.
- ŠIMČÍK, Antonín – VYKOUKOVÁ, Jitka: ***Desalinace roztokem kyseliny askorbové a vyluhováním v destilované vodě.*** In: Stabilizace železných archeologických nálezů, Brno 2003, s. 19-22, ISBN 80-86413-13-6.