

SKLO



Sklo jako surovina

výskyt v přírodě – čisté ne, pouze podobné minerály

sopečný obsidián



horský křišťál



objev výroby skla – 3. tis.př.n.l. jako vedlejší produkt při výrobě keramiky,
nejstarší výrobky - korálky

VZNIK SKLA

Skelný stav vzniká plynulým přechodem ze stavu kapalného do stavu pevného, při ochlazování skla dochází k plynulému růstu viskozity až na tak vysokou hodnotu, že se materiál navenek jeví jako pevná látka.

SUROVINY PRO VÝROBU SKLA:

Sklotvorné materiály: křemičitý písek, střepy z výroby

Polotovary a modifikátory:

kalcinovaná soda, vápenec, dolomit ,

živec, nefelín, uhličitan draselný, kazivec, oxid hlinitý, oxid zinečnatý, oxid olovnatý, uhličitan barnatý, čedič, bezvodý síran sodný, síran vápenatý a sádra, síran barnatý, dusičnan sodný, dusičnan draselný, materiály obsahující bor (např. borax, kolemanit, kyselina boritá), oxid antimonitý, oxid arsenitý, vysokopecní struska (směs křemičitanu vápenatého, hlinitého a hořečnatého a sulfidů železa)

Barviva/Odbarviva:

chromitan železitý ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$), oxid železitý (Fe_2O_3), oxid kobaltu, selen/seleničitan zinečnatý

hlavní složky pro výrobu skla = sklářský kmen - SiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO

kvalita surovin = kvalita výrobku

SiO₂

- hlavním zdrojem SiO₂ je písek - běžná surovina, ale většina nalezišť nemá pro sklářství správnou čistotu
- sklářský písek obsahuje SiO₂ v různých formách

oxidy:

SiO₂ - křišťál, křemence (0,x % Fe₂O₃, Al₂O₃, resp. CaO)

Soli:

Křemičitany:

- živce KAlSi₃O₈(ortoklas), NaAlSi₃O₈(albit), CaAl₂Si₂O₈ (anortit)
- pegmatity (živce + SiO₂)
- wolastonit (CaSiO₃)
- silimanit (Al₂O₃.SiO₂)
- zirkon (ZrO.SiO₂)
- mastek (3MgO.4SiO₂.H₂O)

dříve různé **zdroje křemene:**

Od pravěku: písek, křemenné valouny (nahřát do vody, písek, stoupa – prach)

Středověk: říční písek, oblázky, pískovec

české + německé písky kvalitní – skla nazelenalá (nečeřilo se), středověké české obsahovalo méně oxidů kovů – světlejší než německé – odlišení archeologických nálezů

Současnost: úprava sklářských písků – plavení, praní, sušení, prosívání, dle použití další úpravy: otírání (odstranění železitých nečistot z povrchu zrněk), flotace (odstranění těžkých minerálů), chemické čištění...

Naleziště kvalitních písku ČR: Střeleč u Jičína, Provodín, Srní
Zahraničí: Německo – Porúří, Francie, Belgie, Kanada, USA, Austrálie

Polotovary a modifikátory

- **oxid sodný - tavivo** - bod tání písku příliš vysoký (neekonomické), přídavek Na_2O snížení tavicí teploty; hlavním zdrojem kalcinovaná soda (Na_2CO_3); během tavení se oxid sodný stává součástí taveniny za uvolňování se CO_2
- **uhličitan draselný (potaš)** - tavivo a používá se v některých procesech zvláště u speciálního skla
- **síran sodný** - čeřivo a oxidační činidlo, sekundární zdroj oxidu sodného
- **uhličitan vápenatý** (vápenec, křída) **magnezit, dolomit** - zpevnění strukturní mřížky, lepší tvrdost a chemická odolnost skla
- **oxid hlinitý** - zlepšení chemické odolnosti za nižších teplot. Ve formě nefelínu ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$), živec nebo oxid hlinitý, rovněž přítomen ve vysokopecní strusce a v živcovém písku
- **oxidy olova (PbO a Pb_3O_4)** - zlepšení zvučnosti, zvýšení indexu lomu skla a tím brilance skleněných výrobků (olovnatý křišťál)
- **oxid barnatý** (vznikající z uhličitanu barnatého), **zinečnatý, draselný** - alternativa oxidu olovnatého, výrobky mají nižší měrnou hmotnost a zářivost než olovnatý křišťál
- **oxid boritý** - snížení koeficientu roztažnosti skla - chemické sklo (boritosilikátová skla) – a skleněná vlákna (skleněná vlna a nekonečné vlákno)

Barviva/odbarviva

Barvicí ion	Zbarvení	Poznámka
Co ²⁺	modrofialové	
Ni ²⁺	fialové	v draselných sklech
	hnědožluté	v sodných sklech
Nd ³⁺	fialové	
Pr ³⁺	žlutozelené	
Ce ⁴⁺	žluté	Ce ³⁺ nebarví
Cr ³⁺	zelené	vždy přítomny společně
(CrO ₄) ²⁻	žluté	
Mn ³⁺	fialové	Mn ²⁺ barví slabě žlutě
Cu ²⁺	modré	Cu ⁺ nebarví
Fe ³⁺	žlutohnědé	zesiluje se v přítomnosti TiO ₂
Fe ²⁺ + Fe ³⁺	modrozelené	úplná redukce na Fe ²⁺ není možná
(UO ₄) ²⁻	žlutozelené	



Co²⁺



Mn³⁺



(UO₄)²⁻

Odbarvování skla

- **chemicky** – oxidace a vytěkání Fe (Na₂SO₄, As₂O₃, Sb₂O₃)
- **fyzikálně** – překrývání železitých přísad (sloučeniny selenu)

Technologie výroby skla:

Při výrobě skla se uplatňují čtyři dílčí technologické procesy:

1) příprava vsázky

(tj. sklářského kmene a přísad) a její dávkování

Upravené, pomleté a vysušené suroviny se mísí a homogenizují v požadovaném poměru v mísících zařízeních. Míšení je dnes prováděno nejčastěji strojně pomocí uzavřených mísidel tak, aby bylo zabráněno prášení surovin.

2) tavení skla

Ve sklářských tavících pecích (pánvových nebo vanových). Tavící proces se rozděluje na **tyto hlavní fáze**: otápění, primární tavení, čeření a homogenizace a chlazení (sejití skloviny) pro tvarování. Při tavícím procesu se dosahuje nejčastěji teplot v rozmezí **1400 - 1600 °C**. Palivem je nejčastěji generátorový nebo zemní plyn.

Technologie výroby skla:

Tavení skla

- kombinace chemických reakcí a fyzikálních procesů, několik fází s pečlivou kontrolou:
- **otápění** - spalování fosilních paliv nad lázní kmene k vyhřátí kmene na teplotu potřebnou k tavení a čerění skla – dle složení směsi - 1300-1550 °C
- **primární tavení** - proces tavení zpočátku pomalý - vypařování vody, rozklad některých surovin, únik plynů. Suroviny se začínají tavit mezi 750 a 1200 °C. Nejprve se začíná vlivem tavení rozpouštět písek. Sklovina se nakonec stává transparentní. Objem taveniny je kolem 35-50 % objemu původního kmene, protože ubyly plyny a eliminovaly se intersticiální prostory.

Technologie výroby skla:

Tavení skla

- **čeření a homogenizace** – pro výrobu nutnost skla homogenního a bez bublin – vady pevnosti výrobků
- bubliny hlavně z CO_2 vylučovaného rozkladem uhličitých materiálů, pohyb bublin vzhůru - fyzikální míchání taveniny nutné k získání homogenního materiálu s optimálními fyzikálními vlastnostmi
- nejběžnějším čerivem ve sklářství je síran sodný, pro speciální skla uhlikaté materiály a oxidy arsenu a antimonu
- **homogenizace** - zaváděním bublin páry, kyslíku, dusíku nebo běžněji vzduchu vhodným zařízením ve dně vany - podpora cirkulace a míchání skla a lepší přenos tepla
- **Chlazení skloviny (sejití)** - všechny reabsorbce zbývajících rozpustných bublin do taveniny, chlazení taveniny na pracovní teplotu 900 - 1350 °C.

Technologie výroby skla:

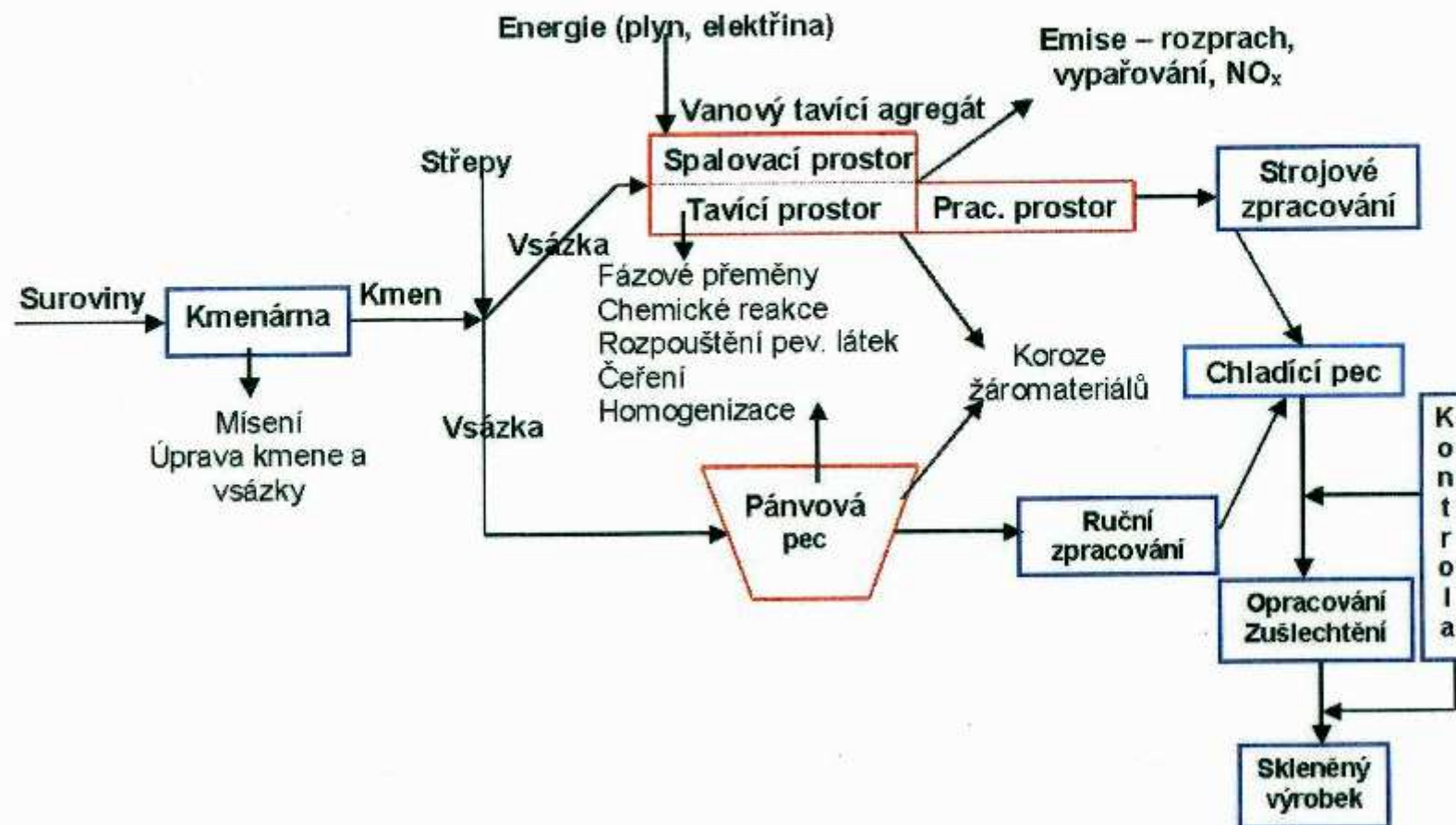
3) tvarování skla

Využívá se viskózní deformace a silné závislosti viskozity skloviny na teplotě. Během tvarování nesmí dojít ke krystalizaci skloviny. Tvarování se provádí od ručních až po plně automatizované procesy, a to foukáním, tažením, válcováním, litím nebo lisováním.

4) chlazení skla

se provádí ve speciálních chladících pecích, zpravidla v teplotním intervalu **700 - 400 °C**. Jedná se o **řízené chlazení**, kterým se z výrobku odstraní nebo se zabrání vzniku vnitřního pnutí. Chlazením se může i podstatně zvýšit pevnost skla. Po ochlazení se může sklo povrchově upravovat - brousit, leštit, pískovat, leptat.

SCHÉMA VÝROBY SKLA



Koroze skla

nevratné změny ve struktuře a složení povrchové vrstvy skla vznikající v důsledku interakce povrchu skla s vodným prostředím popřípadě vzdušnou vlhkostí

Tento proces interakce se skládá ze tří dílčí dějů:

Degradace - postupná ztráta původních vlastností materiálu nebo vlastností jeho povrchové vrstvy. Je vyvolaná působením chemických (vodní roztoky, plynná fáze obsahující vodu) nebo fyzikálních faktorů (UV záření, nebo mechanické vlivy)

Koroze - změna vlastností působením vodních roztoků, za výměny alkalických iontů ze skla za ionty H^+ z okolní fáze (plynná nebo kapalná) a následnému rozpouštění matrice skla. Na narušeném povrchu se dále sráží produkty vzniklé interakcí skelné matrice a okolního prostředí

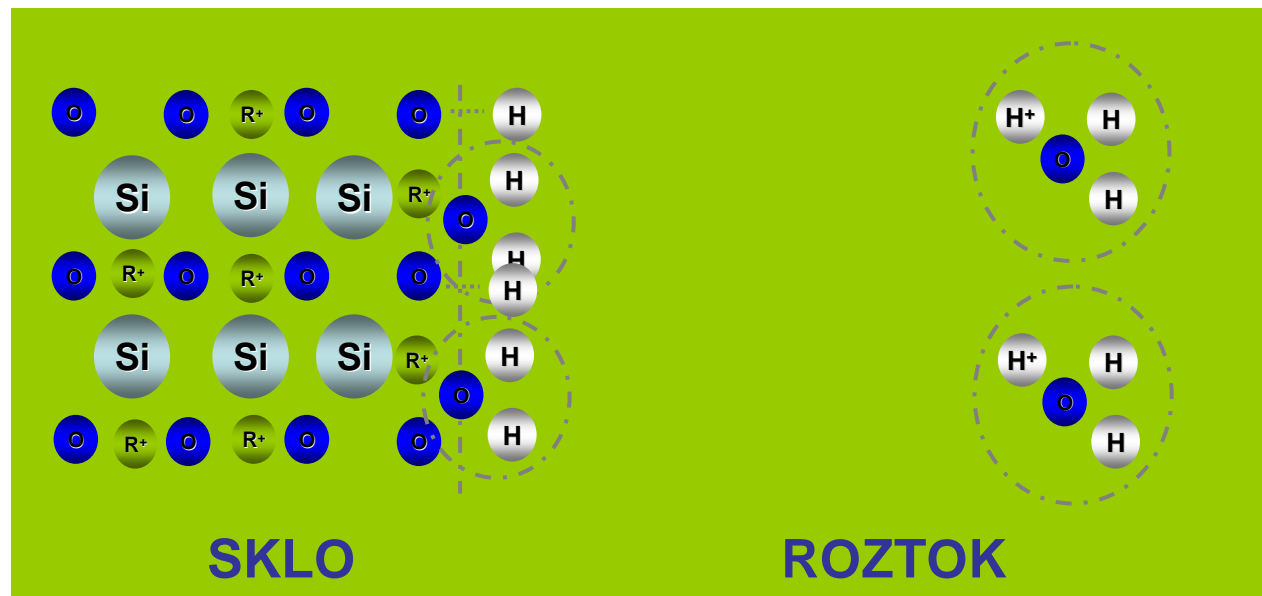
Zvětvávání - dlouhodobé působení některého z přirozených povětrnostních (atmosférických) faktorů (podnebí, počasí, půda..) - myšleno hlavně v souvislosti se sklem vitrážovým nebo z archeologických vykopávek. Korozní produkty, převážně alkalické povahy, které zůstávají na povrchu sekundárně narušují povrch skla.



Základní procesy koroze skla

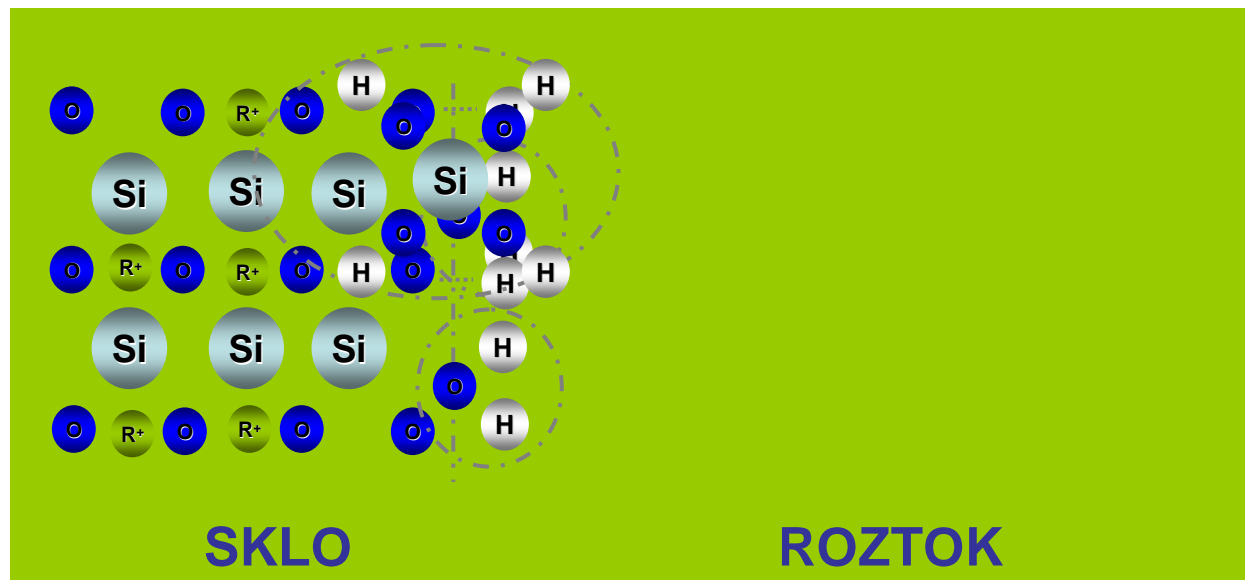
vyluhování

- Interdifúze pohyblivých složek skla (alkalické ionty a ionty alkalických zemin) a H_3O^+ v povrchové vrstvě skla



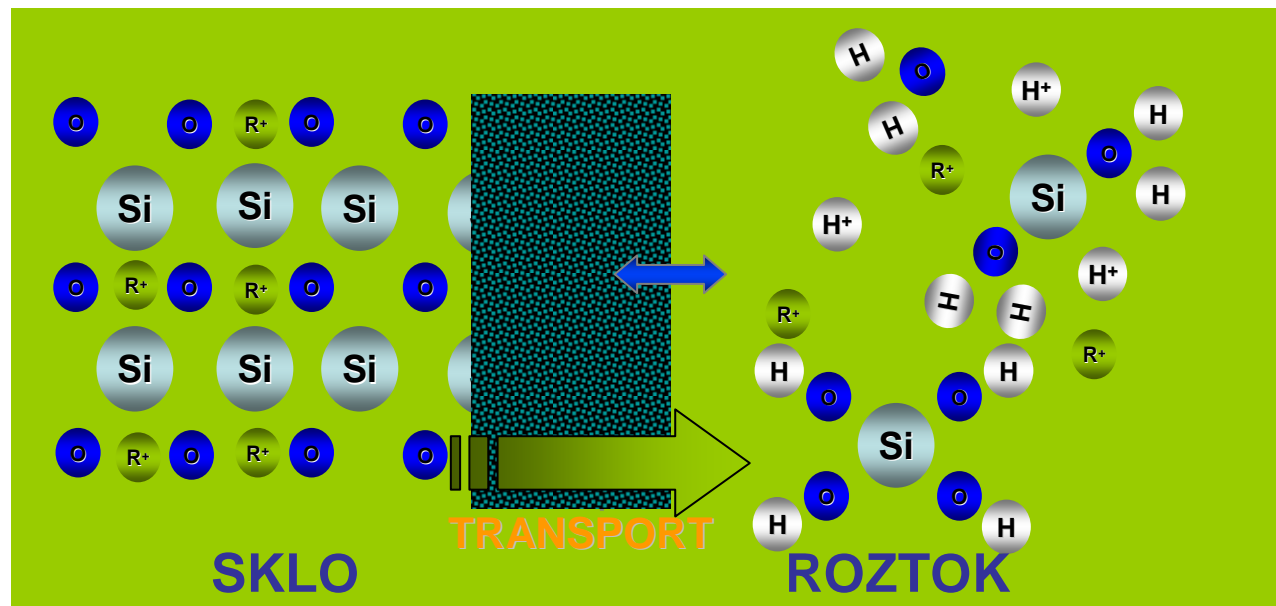
rozpuštění skla jako celku

- rozpuštění matrice SiO_2 – do roztoku se uvolňuje kyselina křemičitá



vznik sekundárních vrstev

- zpětné srážení korozních produktů/srážení složek roztoku



Faktory ovlivňující korozi

- teplota
- čas
- pH a složení korozního média
- složení skla, složení povrchové vrstvy
- poměr povrch skla/objem korozního roztoku (S/V)
- rychlost obměny korozního média



Důsledky a projevy koroze historických skel

- **zmatnění** celého výrobku (dulling)
- **bílé nebo černé irizující vrstvy** různé síly, μm až mm - těžší prvky, Sb, Ti
bílé, tmavší bližší původnímu sklu)
- **oddrolení vrstev** (flaking off)
- **drobné prasklinky** po povrchu skla (cracking), další koroze v trase prasklinky
- **tečky, důlky** – nehomogenní sklo, koroze pod kapkami...
- **krusty** - sférolity nejen vlastní koroze ale i následné reakce produktů s okolním prostředím (atmosféra, omítky)
 - *sádrovec* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), *syngenit* ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- **rozpuštěné produkty** - mohou dále metamorfovat a rekrystalizovat za zvětšování svého objemu a následně způsobit desintegraci skla, zvyšovat pH okolního prostředí a dále sekundárně sklo korodovat
- **sekundární koroze** – po konzervaci epoxidovými pryskyřicemi



Koroze skla biologickými činiteli

- mikroorganismy, plísně a exkrementy zvířat
- sklo s nižším obsahem SiO_2 (do 50 hm %) a příznivým obsahem esenciálních biologických prvků (K_2O , CaO , P_2O_5 a stopami Fe a Mn)
- prostředí (nevhodná RH (relativní vlhkost) a velké změny teploty)
- metabolity mikroorganismů produkují organické kyseliny → koroze

Koroze v myčkách

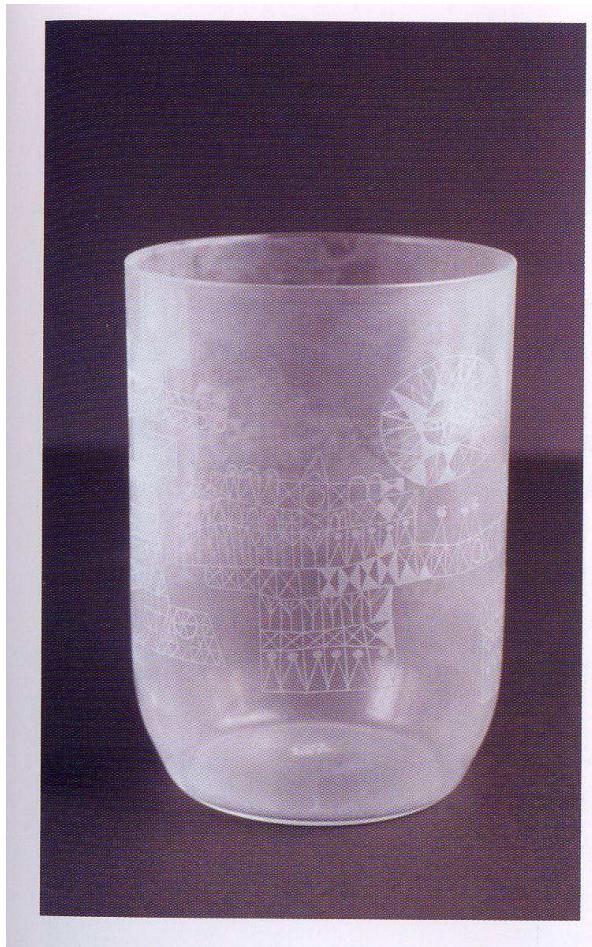
- agresivní mycí roztoky
- vysoká T
- mechanické poškození

Solarizace

- vliv UV světla na vybarvení
- např. fialová až hnědá oxidace Mn^{2+} na Mn^{3+}
- vratný děj, zahřátí na 350°C - riskantní

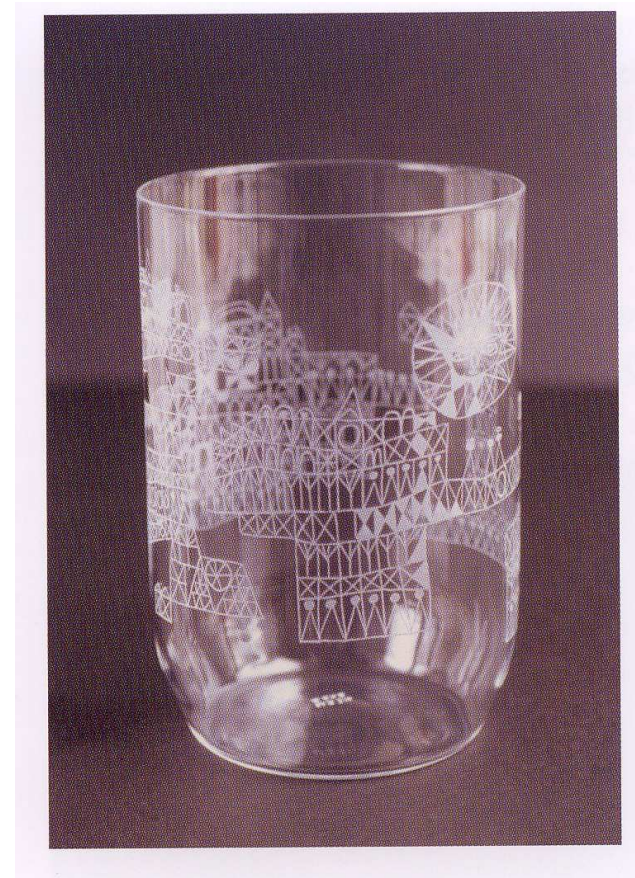


1.stupeň: difúze alkálií na povrch skla



před mytím ve vodě

**Odstranitelné
destilovanou
H₂O**



po umytí



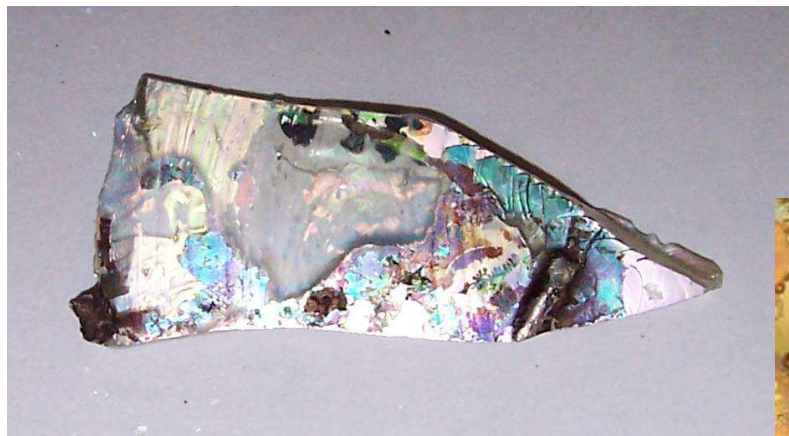
2. stupeň: matnění povrchu

- vodou neodstranitelné trvalé poškození
- ve vhodném uložení je vrstva je stabilní
- v žádném případě ji neodstraňujeme

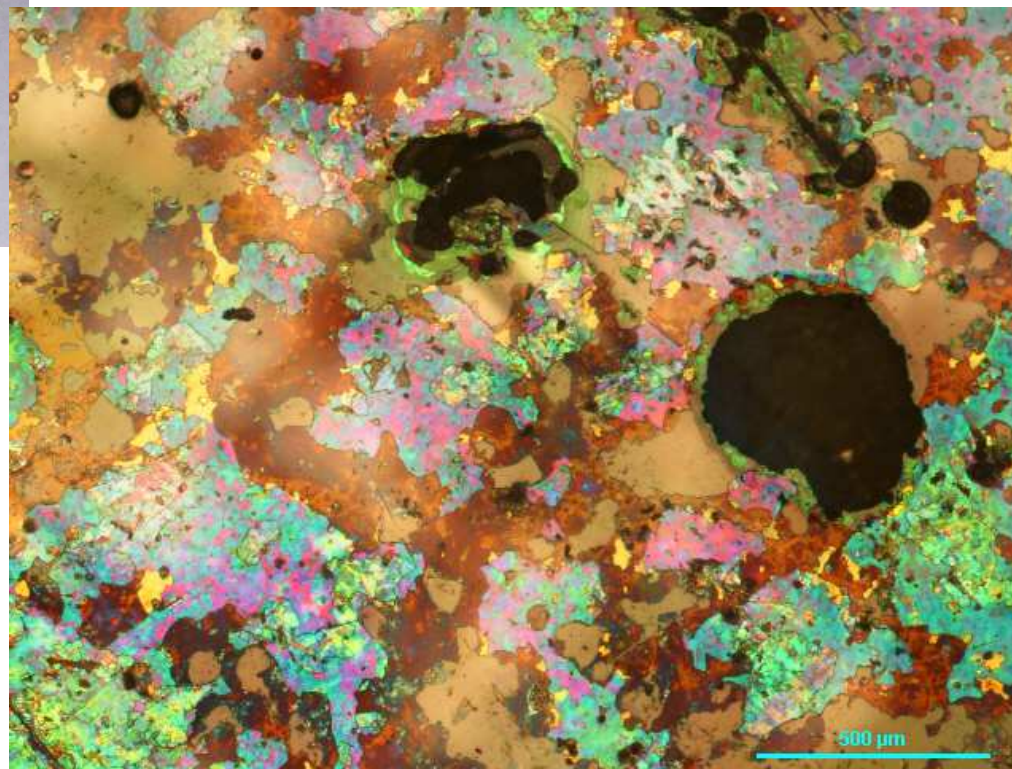


3. stupeň: iridiscence

Vrstvy neodstraňovat!



V "lehčích" případech není nutná konzervace



4. stupeň: odlupování vrstev

Vrstvy neodstraňovat!

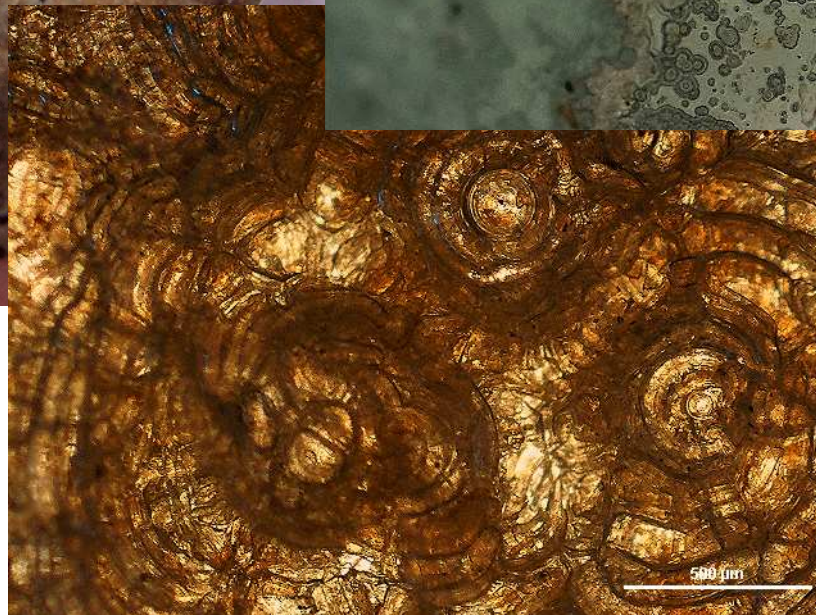
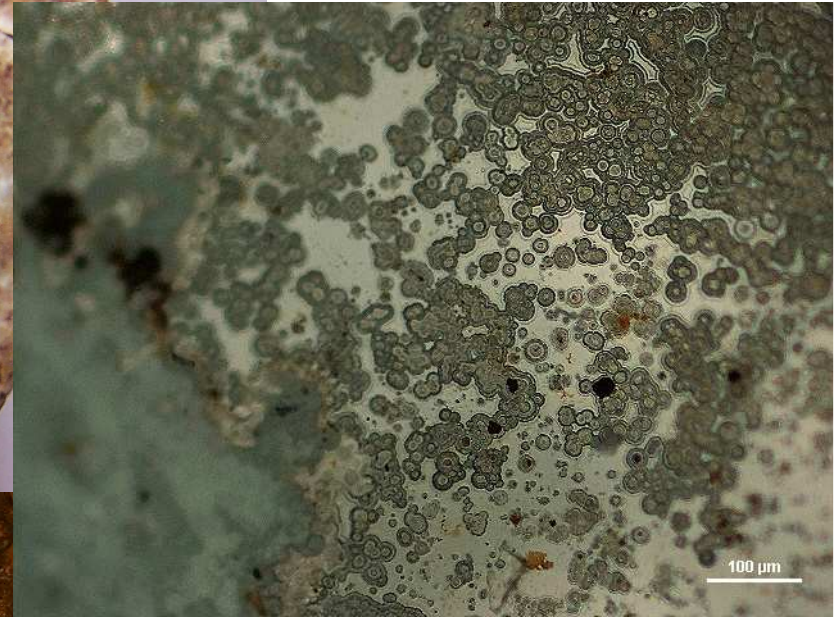


Fixace:

Paraloid B72



Důlková koroze



Při vhodném uložení
není nutno
konzervovat



5.stupeň: Úplně zkorodované sklo



Konzervace nutná, ale pozor na vodu, která je uvnitř materiálu

Tvorba vrstev rozdílného složení amorfni povahy





*Projevy koroze na vitráži
kostela sv. Cyrila a
Metoděje v Praze (foto:
P.Coufal – Umělecká huť
sklenářská)*



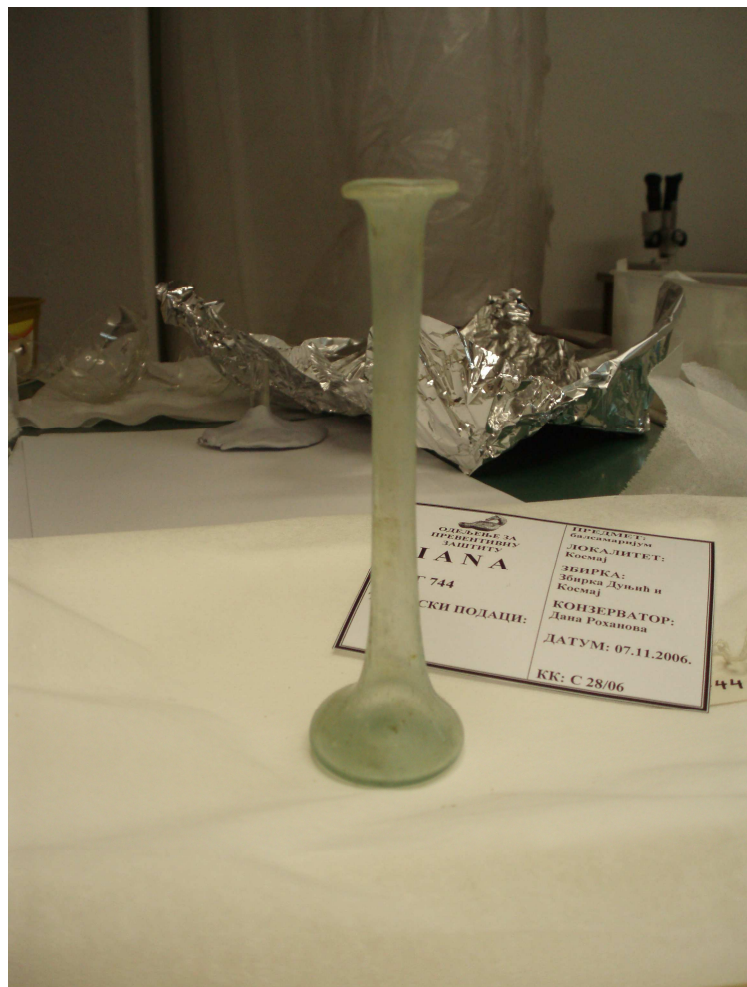
*Zkorodovaná pravá část korálku
(Hrobový nález - Zeleneč) (Národní
Muzeum, foto:J.Košta)*





Úlomky starých skel s korozní iridiscentní vrstvou



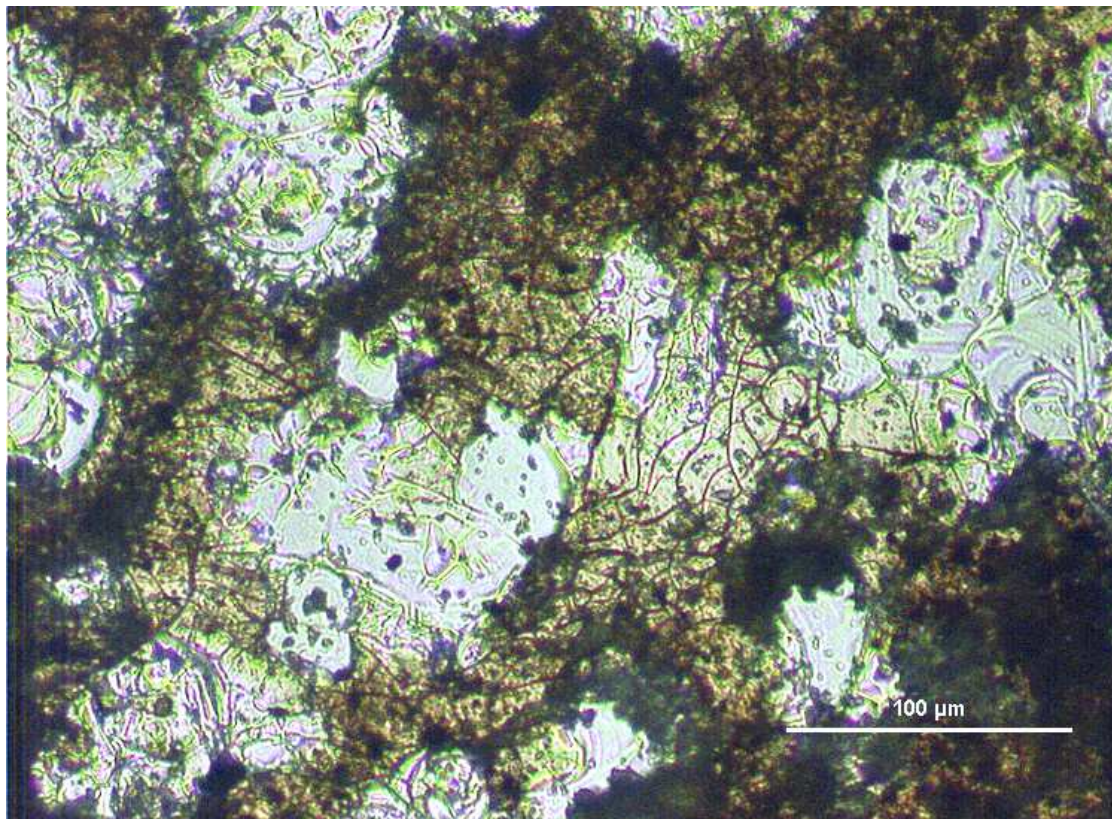


*Nádobka z římské doby
(Muzeum Kruševac, Srbsko)*



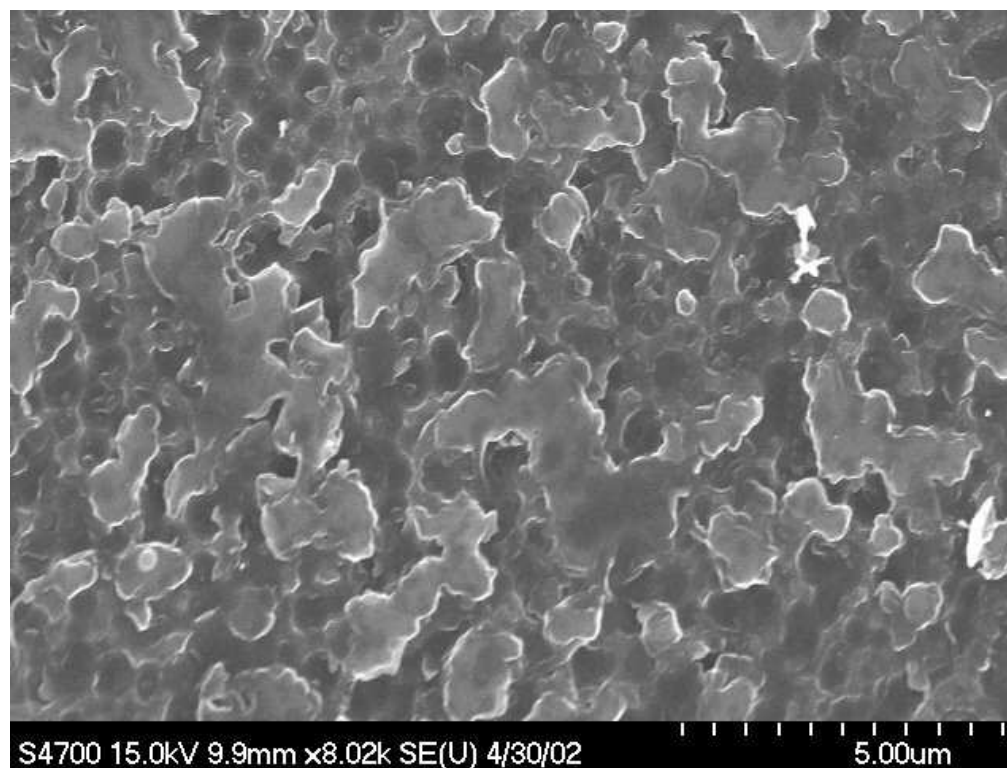
*Sklo a korozní vrstvy z období
6. století n.l., (Carčin Grad , Jižní
Srbsko)*





Detail koroze vitrážového skla (sv. Cyril a Metoděj, Praha)





Poškození skla v myčce (foto: V. Petrušková, Rona, Lednické Rovne)



Obecné zásady manipulace se starým sklem

Depozitáře a muzea

Pro uchování materiálu skelné povahy a zabránění jeho další degradaci (korozním procesům) by se měly dodržovat tyto základní pravidla:

- a) stabilní relativní vlhkost prostředí (RH 45 – 55 %)
- b) stabilní teplota (20 – 25°C)
- c) nepřístup UV složky světla
- d) bezprašné prostředí
- e) uskladnění - aby nedošlo k jejich další fragmentaci nebo poškození. V plastových nebo papírových boxech, které neobsahují těkavé látky (acid free)
- f) manipulace se sklem v bavlněných rukavicích
- g) pravidelná kontrola stavu, jemné čištění (ne mytí!) destilovanou vodou s neionogenními tenzidy. **Nikdy myčka!**

Při archeologických vykopávkách

Udržet sklo co nejdéle v podmínkách jeho uložení

Postupně ho přivádět k novým podmínkám (po očištění vatovými tampony, dest. voda s přídavkem neionogenních tenzidů)

Následné uložení podle pravidel uvedených výše.



**Materiály pro konzervování
předmětů ze skla**



Mycí směsi pro sklo

Odstranění půdních nečistot a produktů koroze - omytí předmětů ze skla:

- vodně-alkoholickou směsí (1:1)
- 1% roztokem HNO_3 s následným omytím ve vodě

Je-li na povrchu skla pórovitá zrnitá vrstva a pH jejího vodného výluhu je větší než 7,5, je možno pro očištění skla použít alkalických roztoků.

Ponoření skleněného předmětu do 1% roztoku NaOH na 10-30 dní (při stálé kontrole) vede k odstranění korozní vrstvy a duhového filmu (povrch skla se stává lesklým)

Odstranění posledních zbytků alkálie - předmět se opláchne 1% roztokem H_2SO_4 a důkladně se omyje vodou.

Mycí směsi pro sklo

- velmi těžko se odstraňují nečistoty z vitráží - nesmí se poškodit kovová kostra okna z olova
- mastné saze na sklech vitráží sorbují vodu a kyselé oxidy ze vzduchu a vzniklé kyseliny postupně leptají sklo
- k čištění vitráží se proto používají směsi mycích prostředků s **Chelatonem 3** a **hexametafosforečnanem sodným**
- přidá-li se do těchto směsí malé množství isopropanolu 3-5% - lepší odstranění sazí

Problémy při lepení skla

- sklo se lepí špatně - praskliny ve skle mají málo členitý povrch
- při výběru lepidla je zapotřebí vzít v úvahu, že **koeficienty tepelné roztažnosti** většiny polymerních lepidel a skla se významně liší
- nejmenší je tento rozdíl u **lepidel na bázi epoxidových pryskyřic**
- ke snížení rozdílu mezi koeficienty tepelné roztažnosti se přidávají do epoxidové pryskyřice *skleněné mikrokuličky* nebo *akrylová pasta*
- při výběru lepidla je důležitý rozdíl v indexu lomu skla a lepidla (lepený šev je vidět)
- je-li rozdíl mezi indexy lomu menší než 0,04 bude lepený šev prakticky nepozorovatelný

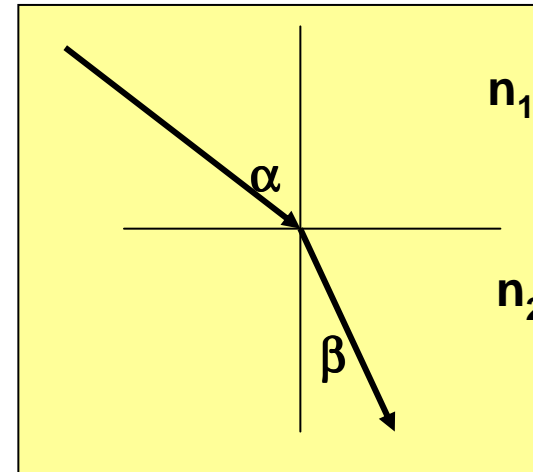
Index lomu

- světlo se v různých materiálech šíří různou rychlostí, nejrychleji ve vakuu
- rychlost šíření světla v jiných materiálech lze vypočítat z úhlu, pod kterým se světelný paprsek po dopadu na rozhraní dvou prostředí s různou optickou hustotou láme

Snellův zákon: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$

Index lomu se zpravidla měří při sodíkovém světle a teplotě 20 °C

$$n_D^{20}$$



- vyšší index lomu výhodný u skla dekoračního a uměleckého - vysoký lesk a brilance (olovnatý a barnatý křišťál), u olovnatého křišťálu navíc velká disperze světla - barevné efekty
- *na indexu lomu závisí* u broušených výrobků také tzv. *brusný úhel* (úhel klínu vybroušeného do povrchu), při kterém se dosahuje nejvýraznějších optických efektů, jako je např. zrcadlový odraz. Čím je index lomu vyšší, tím může být při stejném efektu brusný úhel větší (tzn. řez může být mělčí).

Problém index lomu skla a lepidla

Indexy lomu skel (archeologických, uměleckých) se mění v širokém rozmezí (od 1,48-1,59) \Rightarrow nutno mít k dispozici velký sortiment lepidel s rozdílným indexem lomu.

Epoxidové pryskyřice a jejich vytvrzovadla, které se používají pro lepení skla, musí být bezbarvé a podle možnosti se nesmí zbarvovat ani při tepelném nebo světelném stárnutí.

Index lomu lepidla možno měnit přidavky některých látek

- *přídavek plastifikátorů* (dibutylftalátu, polypropylenglykolu) do epoxidových lepidel významně *snižuje index lomu*
- *přídavek vytvrzovadel index lomu zvyšuje*

V procesu stárnutí epoxidových lepidel se jejich indexy lomů mění jen málo.

V restaurátorské praxi - kyanakrylátová lepidla (sekundová), která se jsou bezbarvá, snadno pronikají do škvír a nesmršťují se.



SMALT (EMAIL)

Smalty (v cizí literatuře emaily)

- skelné vrstvy na kovech (glazury na keramice)
 - ochrana kovů
 - estetická funkce
- hlavně Fe – ocelové plechy, litina (nízký obsah C ve formě volného cementitu Fe_3C)
- další aplikace
 - Al – stavebnictví
 - Cu, Ag, Au, Pt – šperkařství, bižuterie
 - Ti - biomateriály



Hlavní kritéria pro smaltování

- podobný koeficient tepelné roztažnosti kovu a skla
- adheze (fyzikální, chemická)
- smáčení kovu smaltovací suspenzí

Tři kroky při smaltování

- výroba frity (směs kyselých a zásaditých sklotvorných oxidů)
- úpravy kovového materiálu
- příprava smaltovacích suspenzí a samotné smaltování



Smaltování - 3 hlavní kroky

1) Příprava smaltovacích frit

- tavení skla (1000-1400°C) v plynových pecích
- rychlé chlazení → granulace
- (rotující disky → pásy skla, následně mechanicky drcené na malé kousky)

Složení smaltovacích frit

- nízkokřemičitá skla (kolem 50-47% SiO_2), B_2O_3 (16-11 %), Al_2O_3 (7 %) $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (20-15 %) fluoridy (6-20 %), různé složení pro základní a krycí smalt
- další složky 0,5% CoO (ground), SnO_2 in mill (krycí smalt)
- TiO_2 smalty - opakní, tenčí vrstvy



Smaltování - 3 hlavní kroky

2) Úprava kovových materiálů

- odmaštění (trichlorethylen nebo alkalické roztoky)
- nebo žíhání cca 750°C – vyhoření organických substancí
- odstranění oxidů Fe z povrchu
 - studená lázeň 5-20% HCl
 - nebo 6-17% H₂SO₄ při 50-70°C
 - přídavek inhibitorů (např. fenoly) – bez nich se rozpouští rychleji Fe než oxidy Fe



Smaltování - 3 hlavní kroky

3) příprava smaltovacích suspenzí a samotné smaltování

- mletí v kulových mlýnech (<0.1 mm) (za sucha nebo zvlhčená směs)
- přidavek dalších složek
 - křemen, MgO atd. – nastavení vypalovacího intervalu
 - barvicí či opalizující složky
 - NaNO₂ pro prevenci rezavění substrátu pod smaltem
 - jíly, roztoky elektrolytů – nastavení vhodných reologických vlastností
- suspenze (mechanické vlastnosti látek, vztahy mezi napětím, deformacemi a rychlostí deformace)
- ponoření, nástřik, electrostatický nástřik
- suchá cesta pro velké litinové objekty – aplikace suché práškové frity na předeřtý povrch
- sušení, výpal (780-900°C)



Barvicí složky pro smalty

Barva smaltu	
žlutá	CdS nebo tzv. neapolská žlut' $\text{Pb}_2\text{Sb}_4\text{O}_7$
hnědá	směs oxidů železa, zinku a chromu
červená	CdS a CdSe
rubínová	koloidně-disperzní zlato pro draselno-olovnatá skla
modrá	CoO, jiné odstíny se získají po přidání oxidů Mn_2O_3 , SnO_2 , Al_2O_3 a Cr_2O_3
zelená	Cr_2O_3 , přídavky oxidů hliníku, kobaltu, železa umožňují volit odstíny
černá	černé smalty se tvoří po přidavku směsí oxidů chromu, kobaltu, mědi, niklu, železa nebo manganu. V závislosti na poměru jednotlivých oxidů se získávají odstíny černomodré nebo namodralé. Čistě černá barva se obvykle nedá připravit



**Materiály pro konzervování smaltu
(emailu)**

Příčiny poškození smaltu

- krása barevného smaltu a jeho odolnost vůči chemickému působení a pevnost jsou dány spojením smaltu s kovem
- křehkost smaltu je příčinou jeho poškození při úderech a ohybech kovového podkladu předmětu
- druhou příčinou může být narušení samotného základu smaltu, tedy skla, jako důsledek vyluhování nebo rekrystalizace
- v průběhu procesu vzájemného působení (je velmi pomalé) povrchu smaltu s látkami, které jsou přítomny ve vzduchu (voda, CO_2), dochází k postupnému uvolňování kyseliny křemičité a tvorbě uhličitanů a hydroxidů kovů
- tento jev pozorujeme zvláště tehdy, byla-li vsázka zhotovena odchylně od optimálního poměru mezi kyselými a zásaditými oxidy, resp. byl změněn režim tavby a žíhání

Prostředky pro čištění smaltu a podkladového kovu

Postup práce

Od tukových nečistot se povrch smaltu čistí omytím lakovým benzinem, benzinem, chloridem uhličitým, perchlorethylenem nebo ethanolem

Potom se odstraňují ty staré restaurátorské zásahy, které byly provedeny olejovými barvami.

Dodělávky obvykle na podložce špatně drží, a proto se odstraňují mechanicky

Jestliže dodělávka byla provedena na pojivu neznámého složení, je třeba vybrat směs rozpouštědel, ve které pojivo bobtná. Používá se aceton, xylen, toluen, amyl- nebo butylacetát, methylcellosolve anebo jejich směsi s halogenovanými uhlovodíky.

Odstranění oxido-solných nečistot

- z kovového základu lze dosáhnout pomocí bezvodých směsí, např. směsi glycerinu s ethylendiaminem (10:1), lihovými roztoky PMAK s PVB a glycerinem (85:5:5:5).
- tato směs tvoří po vyschnutí elastický film, který při snímání odstraní i oxido- solné nečistoty, aniž by se narušila smaltová vrstva.

Doplňování smaltu

- chybějící části smaltu se restaurují nanesením polymerních obarvených silnovrstvých nátěrů bez rozpouštědla (nesmršťují se)
- jako filmotvorné látky - epoxidové nebo polyesterové pryskyřice
- barvy a pigmenty v nátěrech na bázi epoxidových pryskyřic postupně mění barvu. Doba, po kterou tyto nátěry slouží, je omezena rozmezím 5-10 let
- nátěry na bázi bezbarvých polyesterových pryskyřic, které mohou být obarveny přídavkem keramických barev, dobře drží na kovu a skle a jsou prakticky věčné
- pigmenty a plniva se přidávají do polyesterové pryskyřice v množství do 60 % její hmotnosti
- pro obarvení polyesterových pryskyřic je možné používat v tuku rozpustná barviva, což umožňuje doplňovat chybějící části na barevném smaltu