

Návod na laboratorní práci:

Tavení skla

Vedoucí práce: Dr.Ing. Martin Míka, Ing. František Lahodný, Ph.D. telefon 220444102

Místo: laboratoře A14 a A15

Úvod

Tavení je nejčastější způsob přípravy oxidových skel. Jedná se o vysokoteplotní proces, při kterém z homogenní směsi sklářských surovin nazývané sklářský kmen vzniká sklotvorná tavenina nazývaná sklovina. Pokud se ke sklářskému kmeni ještě přidávají sklené střepy v obvyklém množství 30-50 hmot.%, pak se tato směs označuje jako vsázka. Teplota tavení závisí na chemické složení skla, které se nejčastěji vyjadřuje v hmotnostních procentech oxidů prvků tvořících dané sklo. Běžné tavicí teploty křemičitých skel se pohybují v rozpětí 1400-1500°C. Základní surovinou křemičitých skel je nejčastěji sklářský písek, kterým se vnáší sklotvorný oxid SiO_2 . Surovinami znělec nebo živec se vnáší podmíněně sklotvorný oxid Al_2O_3 . Tavicí teplota se snižuje surovinami, které vnáší do skla oxidy tzv. modifikátorů. Jedná se zejména o suroviny:

soda (Na_2CO_3) – vnáší se Na_2O

vápenec (CaCO_3) – vnáší CaO

dolomit ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) – vnáší MgO a CaO

Další důležitou složkou je čeřivo, které odstraňuje bubliny ze skloviny, jež vznikají rozkladem uhličitánů nebo uzavřením vzduchu během natavování surovin. Tento proces se nazývá čeření skloviny. Pro čeření obalových a plochých skel se jako čeřivo používá síran sodný Na_2SO_4 , který vnáší do skloviny anionty SO_4^{2-} . Tyto anionty se ve sklovině při teplotách nad 1400°C rozkládají na SO_2 a O_2 . Tyto plyny pak difundují do malých bublin, zvětšují jejich objem a bubliny pak rychleji stoupají k hladině.

Pro odstranění nežádoucího barevného odstínu skla, nebo pro obarvení skla se používají barviva ve formě oxidů kovů. Jedná se nejčastěji o následující oxidy a barvy:

FeO – modrozelená

Mn_2O_3 - červenofialová

Fe_2O_3 – světležlutá

CuO – modrozelená

Cr₂O₃ – zelená

Er₂O₃ - růžová

CoO – modrá

Nd₂O₃ – fialová (vykazují dichroismus)

NiO – žlutohnědá (sodná skla) nebo fialová (draselná skla)

V technologii skla se tavicí proces dělí na tři na sebe navazující procesy:

1. tavení – během zahřívání dochází nejprve ke vzájemné reakci pevných surovin a jejich rozkladu. Vzniká alkalická tavenina, se kterou pevné částice reagují a rozpouštějí se v ní. Jako poslední se rozpouštějí částice oxidu SiO₂. Proces vlastního tavení končí rozpuštěním všech pevných částic.
2. čeření a homogenizace – tyto procesy probíhají současně při dosažení maximální teploty tavení, kdy je viskozita skloviny nejnižší. Během čeření se sklovina přesytí plyny vznikajícími rozkladem čeřiva (např. SO₂ a O₂), které difundují do malých bubli, zvětšují jejich objem a tak urychlují jejich odstranění z taveniny. Při homogenizaci se vyrovnávají koncentrační gradienty v tavenině procesem difúze a rovněž konvekčním prouděním skloviny.
3. sejítí skloviny na pracovní teplotu – snížením teploty nastane zvýšení viskozity skloviny na hodnotu, která je vhodná pro následné tvarování skloviny.

V laboratorních podmínkách se sklo nejčastěji taví v kelímcích v elektrických pecích. Používané kelímky jsou nejčastěji buď z korundu (Al₂O₃), nebo ze slitiny PtRh. Korundové kelímky jsou na jedno použití a během tavby dochází k rozpouštění oxidu Al₂O₃ a kontaminaci skloviny. Výhodnější, avšak dražší variantou, jsou kelímky ze slitiny PtRh10 nebo PtRh20. Kelímek z této slitiny se dá použít několikrát po sobě, neboť utavené sklo lze z kelímku poměrně snadno vyjmout. Používané tavicí elektrické pece mají nejčastěji odporové topné články. Pro malé pece s teplotami do 1450°C se tyto články vyrábějí ze slilitu (SiC). Pro trubkové pece s teplotami do 1500°C je možné použít odporového vinutí tvořeného drátem ze slitiny PtRh20. Toto vinutí ve tvaru spirály je natočeno např. na korundovou trubku. Hustotou závitů je možné v trubce vytvořit požadovaný gradient teploty. Pro pece s teplotami až do 1800°C se často používají superkanthalové smyčky z disilicidu molybdenu MoSi₂. Tyto smyčky se používají rovněž v tavicí peci, ve které se bude provádět toto laboratorní tavení skla.

Postup práce

Cílem laboratorní práce je připravit obalové křemičité sklo o složení uvedeném v tabulce 1. Podle toho, jaká se zvolí barva výsledného skla, tak se k tomuto základnímu složení přidá odpovídající barvicí oxid.

Tabulka 1 Složení skla.

Oxid	hmot. %
Na ₂ O	15,00
MgO	3,50
CaO	8,00
Al ₂ O ₃	1,50
SiO ₂	72,00
Suma	100,00

Tabulka 2 Složení směsi surovin pro přípravu bioaktivního skla.

Surovina
Na ₂ CO ₃
Dolomit
CaCO ₃
Živec
SiO ₂

Uvedené sklo bude připraveno v množství 200g tavením směsi surovin uvedené v tabulce 2. Složení sklářského kmene se vypočítá v programu KMEN, do kterého se zadá složení skla v hmot. % a z databáze programu se vyberou vhodné sklářské suroviny. Program pro zadané množství skla vypočte hmotnosti jednotlivých surovin a zkontroluje zda je možné se zvolenými surovinami připravit sklo požadovaného složení. V případě nevhodně zvolených surovin určí odchylky složení skla od zadaného složení. Program rovněž vypočte koncentraci doprovodných oxidů, které se v surovinách vyskytují jako nečistoty. Podle zadané vlhkosti surovin program také přepočítá hmotnosti suchých surovin na hmotnosti skutečných vlhkých surovin podle vztahu:

$$m_v = \frac{100m_s}{100 - v}$$

kde m_v je hmotnost vlhké suroviny, m_s je hmotnost suché suroviny a v je vlhkost suroviny v hmot. %.

Vypočtené množství surovin se naváží na předvážkách s přesností na setiny gramu. Správnost navážení kmene se zkontroluje jeho převážením, kdy celková hmotnost kmene se nesmí od vypočtené hodnoty lišit o více než jednu desetinu gramu. Navážený kmen se homogenizuje v uzavřené polyethylenové lahvi po dobu 5 min.

Homogenní kmen se vloží do PtRh kelímku v množství, které zaplní 2/3 objemu kelímku. Kelímek se vloží do elektrické pece se superkanthalovými smyčkami a zakryje se víčkem. Suroviny se taví při teplotě 1430°C. Zbývající kmen se přidává po 15 min tak, aby objem směsi v kelímku nepřesáhl 3/4 celkového objemu. Po posledním přidavku surovin se sklovina taví 60 min. Následně se sklovina míchá krouživým pohybem kelímku tak dlouho, pokud sklovina v kelímku teče. Míchání se provádí 3x po 15 minutách. Po promíchání bude následovat další tavení po dobu 30 minut. Během tavení skla studenti projdou elektronickým výukovým programem VADY VE SKLE. Tento výukový program (e-learning) simuluje virtuální tavbu a tvarování skla ve sklářské pánvové huti. Studenti se tak seznámí s možnými vadami skla, které mohou vzniknout při tvarování skla a naučí se postupy, jak těmto vadám předcházet.

Po ukončení tavení budou z taveniny vytaženy tyčinky a zbývající tavenina bude odlévána do nerezové formy, kde ztuhne ve tvaru trámečků. Ještě horké tyčinky a trámečky se přemístí do temperovací pece. Pro odstranění vnitřního napětí budou trámečky a tyčinky temperovány při teplotě 560°C po dobu 1h. Následně se tyto skleněné výrobky do druhého dne ochladí rychlostí 3°C/min na laboratorní teplotu.

Do protokolu se uvede výpočet složení kmene, navážka, popis postupu práce a výsledná barva připravených skleněných výrobků.