

# VÝVOJ POVLAKŮ PRO STAVEBNÍ APLIKACE

Ing. PAVEL WONDRAK

*AGC Flat Glass Czech, a.s., člen AGC Group; Teplice, Czech  
email: pavel.wondrak@eu.agc.com*

## ABSTRACT anglicky

The following papers explains the function of magnetron coatings and their importance for reaching the thermal and solar parameters of glazing. The article describes also the evolution of soft magnetron coatings for building applications. A new type of soft magnetron coating – triple silver coating which offers the best possible parameters is mentioned at the end of document.

## ÚVOD

Skleněná výplň v konstrukci obvodového pláště zcela nepochybně zasahuje svou koncepcí do architektonické tvorby. Stavební sklo bylo, je a stále bude jedním z hlavních stavebních prvků v architektuře, a to nejen díky svým estetickým vlastnostem, jako jsou průhlednost a čistota, ale hlavně díky neustále se zlepšujícím tepelně izolačním vlastnostem v kombinaci se solární ochranou nebo solárními zisky.

Pro zajištění nejlepších požadovaných parametrů a tím maximální efektivnosti zasklení používáme skla s povlaky. Skla s povlaky musí být vždy použita v rámci izolačního zasklení a to izolačního dvojskla nebo trojskla.

## Skla s povlakem

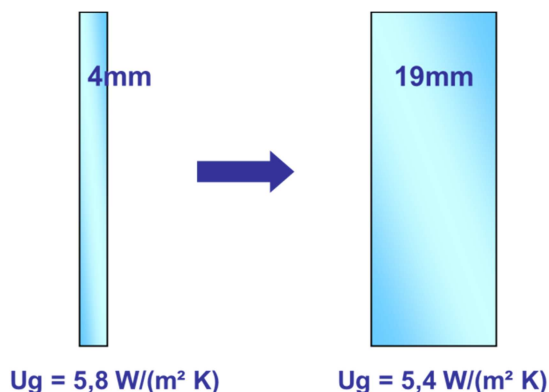
S příchodem nových technologií získáváme moderní skla s vynikající tepelnou izolací a vysokou účinností sluneční ochrany. Tyto typy skel odrážejí určité spektrum sluneční energie pomocí speciálního povlaku. Často se nepřesně mluví o sklech s pokovením. Povlak však může být i jiného charakteru, a norma ČSN EN 1096 *Sklo ve stavebnictví – Sklo s povlakem* proto výraz pokovení nepoužívá. Rozlišují se dva druhy povlaků:

- Tvrdé povlaky (on-line technologie, např. pyrolitické), které jsou aplikovány na čiré nebo barvené sklo přímo na výrobní lince – tento druh skla lze použít i v pozici 1u jednoduchého skla nebo izolačních dvojskel případně trojskel.
- Měkké povlaky (off-line technologie, např. magnetronové) – tento druh povlaku je náchylný k oxidaci a není tak odolný vůči mechanickému poškození jako skla s tvrdým povlakem, proto skla s měkkými povlaky mohou být použita pouze uvnitř izolačních dvojskel nebo trojskel.

Ve všech budovách se zvětšuje průměrná plocha zasklení. Tento nárůst sebou nese zpřísnění požadavků na tepelně technické charakteristiky výplní stavebních otvorů, popř. lehkých obvodových plášťů budov (a v některých případech i požadavky na zvýšenou protisluneční ochranu), aby se zabezpečila jejich celková energetická bilance. Pro zajištění všech požadavků je nezbytné, aby v každém izolačním zasklení bylo použito sklo s povlaky.

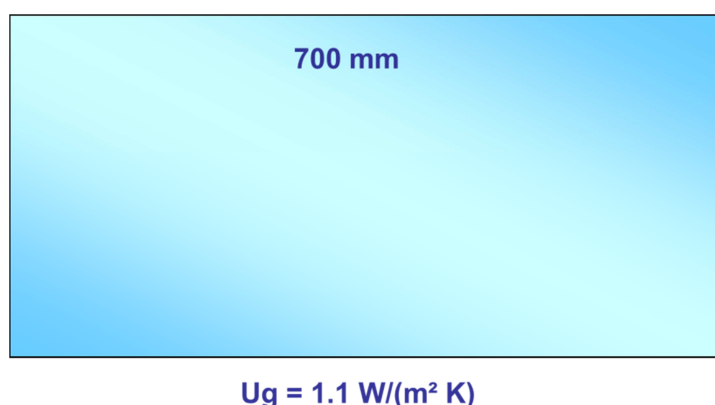
## Vlastnosti povlaků – tepelná izolace

Sklo jako základní materiál má malé izolační vlastnosti. Součinitel hodnoty tepelné vodivosti je  $\lambda = 1,35 \text{ W/mK}$ . Pro zajištění lepších tepelně izolačních vlastností nám nepomůže pouze zvětšování tloušťky skla.



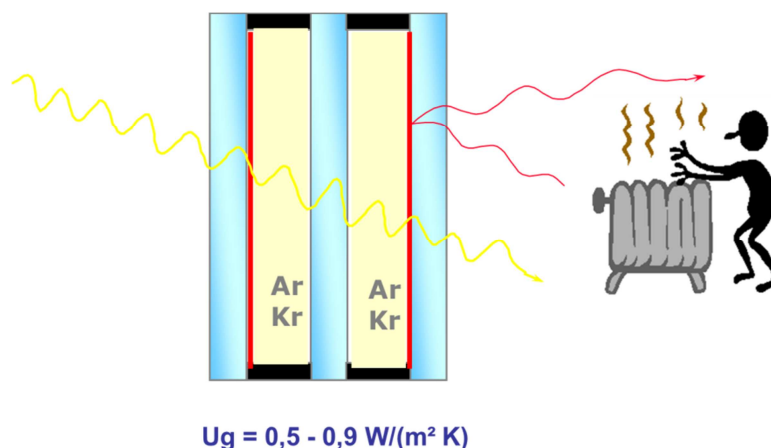
Obr. 1- vliv tloušťky skla na součinitel prostupu tepla

Pro docílení standardní hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  bychom museli použít jednoduché sklo v celkové tloušťce 700 mm.



Obr. 2 – součinitel prostupu tepla  $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  pro monolitické sklo

Pro snížení spotřeby energie na vytápění budov v zimním období a tím současně snížení emisí škodlivého  $\text{CO}_2$  se používají izolační skla s povlakem s nízkou emisivitou. Jejich tajemství spočívá v takřka virtuální, neviditelné vrstvě kovů nanesené na povrch skla. Povlak výrazně zvyšuje tepelně izolační vlastnosti izolačního skla. Nízkoemisivní povlak funguje v podstatě jako zrcadlo pro dlouhovlnné infračervené záření a výrazně tak redukuje unikání tepla z interiéru. Skla s nízkoemisivními povlaky se používají pro výrobu izolačních dvojskel a trojskel. Velmi dobré tepelně izolační vlastnosti izolačních skel je možné ještě vylepšit použitím vzácného plynu do meziskelní dutiny, který má nižší tepelnou vodivost než vzduch. Pro plnění meziskelní dutiny se nejčastěji používá inertní plyn argon, případně krypton. Pro dosažení nejlepších tepelně izolačních vlastností v izolačním trojskle je nutné použít dvě skla s nízkoemisivním povlakem a meziskelní dutiny vyplnit inertním plynem (argonem případně kryptonem).



Obr. 3 – izolační trojsklo s dvěma povlaky

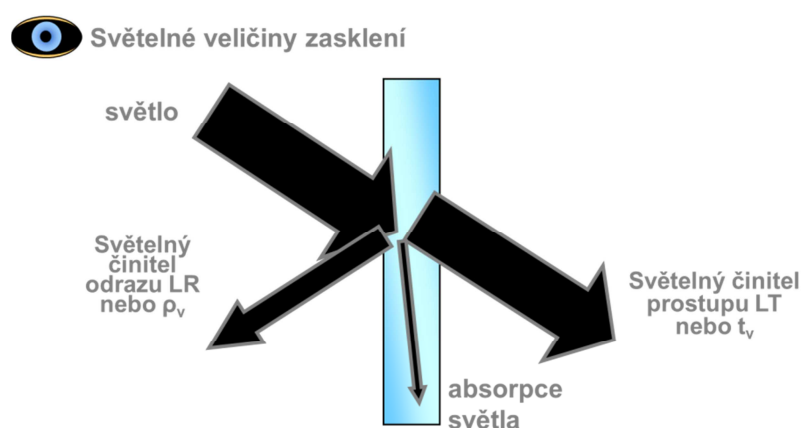
### Vlastnosti povlaků – světlo a solární ochrana

Skla s povlaky umí také vyřešit další problém, a to nepříjemné přehřívání interiéru, a zároveň zajistit dostatečný světelný průstup.

Vlastnosti zasklení jsou definovány pomocí několika málo veličin – světelných faktorů, energetických faktorů a selektivity.

Světelné faktory:

Světelné parametry jsou výhradně definovány na viditelné části slunečního záření (mezi 380 nm až 780 nm). Světelný činitel průstupu  $T_v$  (Light transmittation – LT) a světelný činitel odrazu  $\rho_v$  (Light reflection – LR) jsou definovány jako část viditelného světla, které projde přes zasklení do interiéru respektive které je odraženo zpět do exteriéru. Záření pohlcené do hmoty skla není viditelné a je zpravidla zanedbatelné.



Obr. 4 – světelné veličiny zasklení

Energetické faktory:

Při dopadu slunečních paprsků na zasklení se celkové sluneční záření (mezi 300nm až 2500 nm) rozkládá na:

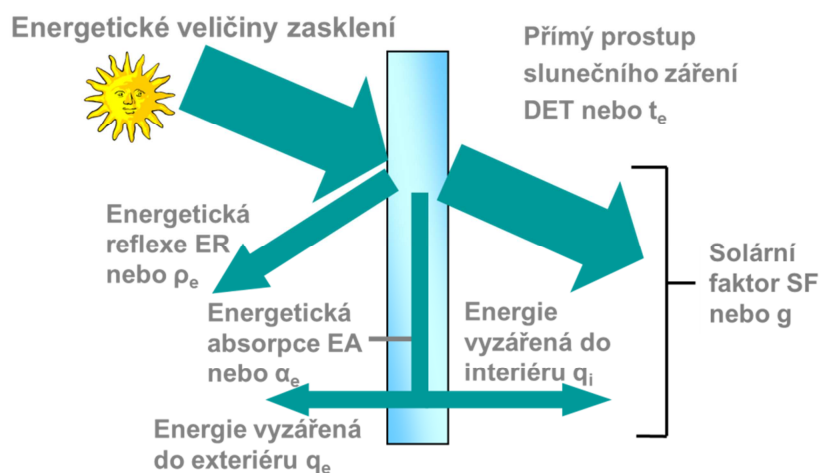
- část energie  $\rho_e$ , která je odražena zpět do exteriéru;  $\rho_e$  (Energy reflection – ER) je činitel odrazu přímého slunečního záření
- část energie  $\tau_e$ , která je přenesena přes zasklení do interiéru;  $\tau_e$  (Direct energy transmittion – DET) je přímý energetický prostup
- část energie  $\alpha_e$ , která je pohlcena do hmoty skla;  $\alpha_e$  (Energy absorption – EA) je činitel pohlcení přímého slunečního záření. Tato energie je následně:
  - vyzářena do exteriéru  $q_e$ ;  $q_e$  je činitel pohlcení přímého slunečního záření 1
  - vyzářená do interiéru  $q_i$ ;  $q_i$  je činitel pohlcení přímého slunečního záření 2

Pro tyto činitele platí zákon zachování energie:

$$\rho_e + \tau_e + \alpha_e = 1 \text{ nebo } ER + DET + EA = 100$$

Celkový činitel prostupu slunečního záření  $g$  (Solar factor, solární faktor – SF) reprezentuje celkovou energii přenesenou přes zasklení – je to suma energie přenesené přes zasklení (DET) a energie následně vyzářené do interiéru:

$$g = \tau_e + q_i$$



Obr. 5 – energetické veličiny zasklení

Selektivita:

Sluneční záření, tj. viditelné světlo, ultrafialové záření (UV) a infračervená radiace (IR) přináší do interiéru staveb teplo. Tuto tepelnou energii můžeme omezit bez výrazného snížení prostupu světla použitím vysoce účinného nízkoemisivního povlaku na povrchu skla, který zabrání prostupu UV a IR záření a zároveň propustí viditelné světlo. Takové zasklení se nazývá selektivní. Selektivita zasklení se dá vyjádřit pomocí podílu světelného činitele prostupu (LT) a celkového činitele prostupu slunečního záření(SF):

$$\text{Selektivita} = \frac{\text{Světelná prostupnost LT } (\tau_v)}{\text{Solární faktor SF (g)}}$$

Donedávna platilo, že selektivita skla s povlakem může dosahovat hodnot 0 až 2:

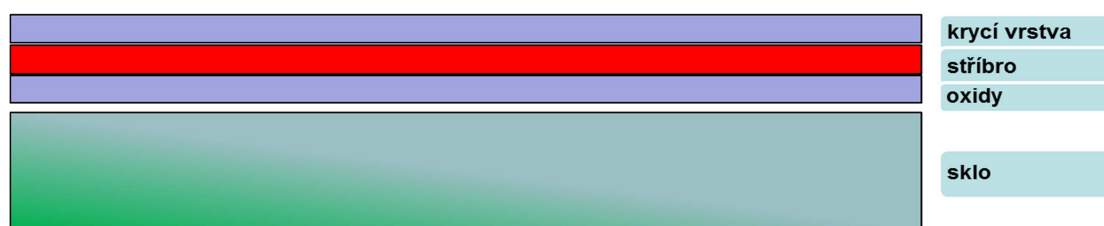
- 0 pro opakní sklo, které nepropouští světlo ( $LT=0$ )
- 2 bylo považováno za nejlepší možnou hodnotu selektivity. Viditelné světlo tvoří 50% z celkového rozsahu slunečního spektra. Proto se např. pro zasklení s  $LT= 50\%$  uvažovalo s nejlepším možným  $SF = 25\%$ . S příchodem nových materiálů a technologií již lze dosáhnout hodnoty selektivity vyšší než 2.

Selektivita je jeden z nejdůležitějších parametrů, který určuje efektivitu a výkon zasklení.

### Vývoj “měkkých“ magnetronových povlaků

Povlaky s jednou vrstvou stříbra:

Jedná se o nejzákladnější povlaky používané převážně do běžných izolačních dvojskel a trojskel. Jejich použití je hlavně pro běžnou rezidenční výstavbu. Hlavní funkční vrstvou v konstrukci povlaku je vrstva stříbra a oxidy kovů. Jako každý “měkký“ povlak je opatřen krycí vrchní vrstvou, která chrání jednotlivé funkční vrstvy před poškozením.



Obr. 6 – konstrukce povlaku s jednou vrstvou stříbra

Selektivita (poměr mezi světelnou prostupností a solárním faktorem) základních povlaků dosahuje hodnot maximálně **1,6**.

Povlaky se dvěma vrstvami stříbra:

Povlaky vyvíjené zejména pro aplikaci v nerezidenčních stavbách. Z hlediska parametrů byly tyto povlaky dlouho považovány za nejlepší a obtížně překonatelné. Hlavní funkční vrstvou v konstrukci povlaku jsou dvě vrstvy stříbra oddělené oxidy kovů a absorpční mezivrstvou. Povlak je také opatřen krycí vrstvou, která chrání jednotlivé vrstvy před mechanickým poškozením.

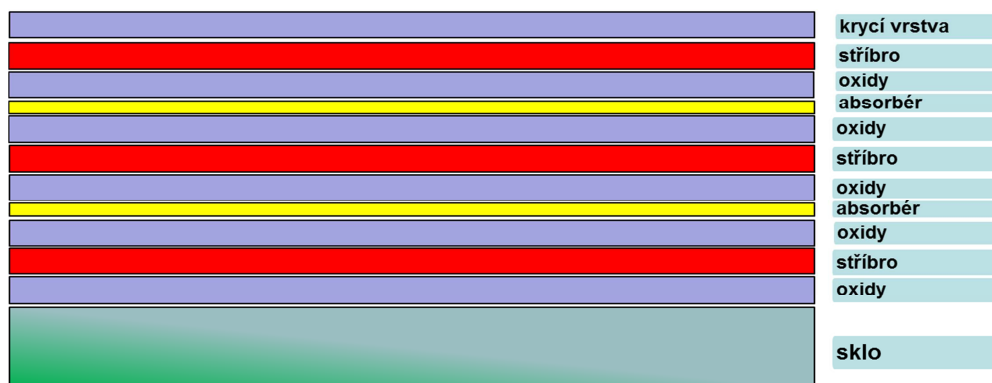


Obr. 7 – konstrukce povlaku s dvěma vrstvami stříbra

Selektivita (poměr mezi světelnou prostupností a solárním faktorem) těchto povlaků dosahuje hodnot maximálně **1,85**.

Povlaky se třemi vrstvami stříbra:

Jedná se úplnou a převratnou novinku v oblasti vývoje povlaků pro stavební aplikace. Je to povlak, kde jsou poprvé použity tři funkční vrstvy stříbra v kombinaci s ostatními kovy a prvky. Díky unikátní kompozici této vrstvy dosahují izolační skla selektivity vyšší než 2, což bylo dlouho mylně považováno za maximální možnou hodnotu.



Obr. 8 – konstrukce povlaku s třemi vrstvami stříbra

Selektivita těchto revolučních povlaků dosahuje hodnot až **2,15**.

## ZÁVĚR

I když celková tloušťka povlaků je v řádu nm, neobejdeme se bez nich v žádném izolačním zasklení. Díky izolačním sklům s nejnovějšími a nejvýkonnějšími povlaky můžeme dosáhnout výrazných úspor v celkové energetické bilanci každé nové nebo případně rekonstruované budovy. Můžeme tím tak výrazně přispět k významné redukci emisí CO<sub>2</sub> a dosáhnout tak maximální efektivity staveb vzhledem k jejich vlivu na životní prostředí.

## LITERATURA

Interní materiály AGC Glass Europe