

JAK FUNGUJÍ TEPELNÉ IZOLACE – A KDY DOKONALE

THERMAL INSULATION MATERIALS – HOW DO THEY WORK, HOW TO MAKE THEM TO PERFORM BEST

Jan Hollan¹

Abstract

Thermal insulation is to reduce the 3 ways of heat transfer: radiation, conduction and convection. Insulating materials are foam or fibre types containing as much volume of tiny voids as possible and still holding its form or resisting external loads. Two less obvious processes limit insulating performance: radiation (if the foam cell walls are not [opaque](#) at wavelengths over 4 μm) and convection (if the voids are connected). Radiation transfer is damped by increasing the mass/volume ratio of the foam, or better by adding an absorbing/reflecting component (C or Al, making the foam grey). Convection is minimised by making the pores very small (slowing down the flow by friction), by reducing temperature difference or by increasing the ratio *loop length / pressure difference*, reducing the driving force. This is done by dividing the porous insulating layer into several sub-layers, by vapour-permeable barriers like paper or cardboard. This way, the Nusselt number (ratio of real heat flow to that without convection) of insulating layers made of coarse, but cheap and climate-friendly materials like straw can be reduced from 3 or 2 down to 1.1. Three existing implementations to achieve passive house standard are described: one on a flat roof and two on brick walls.

Anotace

Vrstvy tepelné izolačních materiálů se ve stavbách používají tisíce let. Ve dvacátém století to přestalo být běžné, až k jeho konci se začaly opět používat, i když materiálově odlišné: šlo o ropné produkty a kyselá či bazická skla. Izolační materiály z přírody (sláma, rákos, konopí, len, hobliny, piliny, seno, dřevovláknité vrstvy, ovčí vlna) se ve třetím tisíciletí vracejí. Autorovým cílem je zajistit, aby jejich fyzikální vlastnosti byly stejně dobré jako vlastnosti materiálů ropných či skleněných.

Nejznámější omezení izolačních schopností je vedení tepla vzduchem, který tvoří většinu objemu izolací. To lze potlačit užitím plynu s menší vodivostí: s těžšími molekulami či takovými, které mají menší počet stupňů volnosti (v oknech lze užít argon či krypton, v izolačních materiálech oxid uhličitý či freony; ty tam vydrží desítky let, jen když jde o souvrství zcela uzavřená kovovou vrstvou – pak je i možné zapouzdřený materiál evakuovat a vodivost danou plynem eliminovat, místo ní začne platit omezení dané vodivostí kovové vrstvy, která brzdí difuzi plynů). Další omezení plyne z vodivosti materiálu pěny či vláken, oproti vzduchu 4× až 30× větší (což se moc neprojevuje, je-li objemový podíl vzduchu několikrát vyšší).

Méně známý je vliv záření. Ten je dominantní, jsou-li póry v materiálu větší než 7 mm. Projevuje se i u menších pórů, je-li materiál mezi nimi prostupný pro záření o vlnových délkách větších než 4 μm – to se týká polystyrénu a polyetylénu. U EPS se tomu bránilo vysokými objemovými hmotnostmi, lepší je užít pigmentu absorbujícího či odražejícího (sazí či hliníkových vloček; tak se snadno dosahuje „kategorie 031“). Výhodou vláknitých izolací je, že dlouhovlnné infračervené záření silně pohlcují a přísady nepotřebují. Je ale potřeba dbát na to, aby v nich nebyly póry větší než 1 mm.

Konvekce se u vláknitých materiálů uplatňuje, nejde-li o případ, že je izolace umístěna *pod* teplou částí budovy a nezafukuje do ní vítr. Situace, kdy konvekce neprobíhá, může nastat i ve vodorovné vrstvě *nad* teplou částí budovy, je-li splněna podmínka, že zvrstvení vzduchu zůstává metastabilní. To je u homogenních materiálů tehdy, je-li *modifikované Rayleighovo číslo* $Ram < 40$. Ram je úměrné výšce porézní dutiny H , teplotnímu rozdílu T a permeabilitě K . Pro obvyklou zemní teplotu v dutině a obvyklé materiály s $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ je to kolem $Ram = 0,7 (H / 1 \text{ dm}) (T / 10 \text{ K}) (K / 0,01 \text{ mm}^2)$, přičemž nejhrubší materiál, sláma má $K = 0,1 \text{ mm}^2$. Bez konvekce může při $T = 30 \text{ K}$ vrstva zůstat (je-li zakrytá proti proudění vzduchu) do tloušťky 20 cm. Vzorec naznačuje, jak docílit, aby i 40cm tloušťka fungovala správně: rozdělit ji vodorovně na dvě části, čímž se teplotní spád v každé z nich stane poloviční. Takovým způsobem byla v létě 2006 provedena izolace nad ubytovací částí Centra modelových projektů pro venkov v Hostětíně: k rozdělení slamené vrstvy na poloviny byly užity archy balicího papíru.

Ve svislých izolacích metastabilní zvrstvení nastat nemůže, konvekce probíhá vždy. Jde pak o to, aby přenesla dostatečně málo tepla, pokud možno nezhorsila materiálové vlastnosti více než o desetinu. Toho se docílí, je-li $Ram < 10$. V případě slámy to při izolační tloušťce 40 cm znamená, že stačí, aby napříč tepelného toku byly dvě bariéry proti proudění, tedy aby konvektivní smyčky probíhaly v komorách, s tloušťkou podél teplotního spádu $< 15 \text{ cm}$. Taková trojitá či čtyřnásobná (s vrstvami tlustými jen kolem 10 cm) souvrství byla r. 2006 instalována na zdi Centra v Hostětíně, s jiným provedením nosné konstrukce je nyní obdobná izolace doplňována na rodinném domě autorovy rodiny v Brně na Lipové 19.

Podobně lze užít jakýkoliv přírodní izolační materiál. Je-li sypký či poddajný, lze i svislou izolaci dělit vodorovně, vrstvičky musí být ale tenké, s výškou činicí nejvýše pětinu izolační tloušťky. Více viz <http://amper.ped.muni.cz/pasiv/slama/>

Recenzoval

RNDr. Jindřiška Svobodová, Ph.D., MU, pedagog, fakulta, katedra fyziky, Poříčí 7, Brno, svobodova (na) ped.muni.cz

¹ Jan Hollan, RNDr., VUT v Brně, FAST, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, hollan (na) ped.muni.cz