

Pórobeton – moderna, nebo tradice?

Kvalitní stavební materiály umožňují vytvářet výjimečnou architekturu s výjimečnými vlastnostmi. Stavebnictví je v současnosti plně nejrůznějších značek stavebních materiálů, kdekoho tedy nejspíš překvapí, že první značka stavebního materiálu na světě vznikla teprve před necelými 70 lety. Z dnešního pohledu už ale není tak překvapivé, že impulsem k tomuto kroku byla potřeba energetických úspor.

Vizionářský materiál – první značka na světě

Vznik pórobetonu lze datovat již do roku 1918. Po první světové válce byl ve Švédsku, podobně jako jinde v Evropě, dramatický nedostatek energie. Na trhu bylo dostupné pouze dřevo, jehož zdroje nejsou nikdy neomezené. Uhlí nebo olej se do Švédska nákladně dovážely a byly cenově takřka nedostupné.

Výsledkem této situace byla mimo jiné snaha vyvinout stavební materiál, který by dokázal uspořit velké množství energie, a to jak při výrobě, tak hlavně při dlouhodobém užívání staveb. Vzhledem ke skandinávskému klimatu byly náklady na vytápění tradičních staveb z masivních zdících materiálů, prakticky bez izolačních schopností, obrovské pro každou domácnost. Vznikl tedy vizionářský stavební materiál – pórobeton se vzduchovými tepelněizolačními dutinami. Na své masovější uplatnění si ale počkal až do roku 1929, kdy se začal sériově vyrábět v malém městečku Yxhults Anghärdade. V roce 1940 dostal první pórobeton své jméno – podle místa výroby a názvu technologie: Yxhult + Gasbetong = Ytong. Od té doby již nic nebránilo rozšíření materiálu na další evropské trhy, kde se pórobeton zejména v obdobích opakovaných energetických krizí intenzivně rozvíjel až do dnešní podoby.

Tradiční nebo moderní?

Pórobeton není jednoduché zařadit do škatulek jako tradiční nebo moderní stavební materiál. Na jedné straně zastánci lehkých montovaných staveb považují pórobeton za typického zástupce „starých“ zděných konstrukcí s vyšší tepelnou akumulací a setrvačností, tradiční tloušťkou stěn atd. Navíc se jedná o technologii starou již bez mála 100 let.

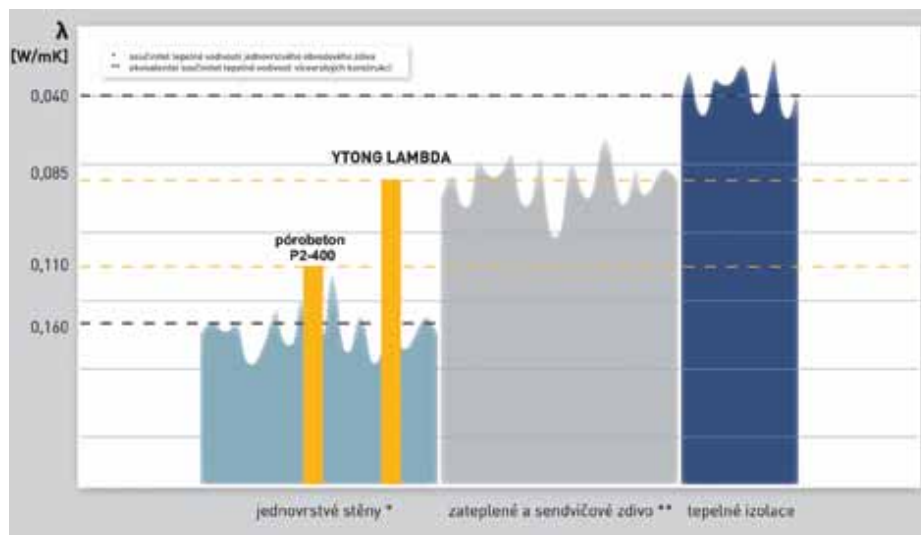
Na druhé straně existují ale stavebníci, architekti a projektanti, kteří na pórobeton pohlížejí jako na příliš moderní až novátorský materiál a raději sázejí na tradiční pálené materiály (dle výsledků opakovaných výzkumů prováděných

výrobce Ytongu v ČR mezi odbornou a laickou veřejností).

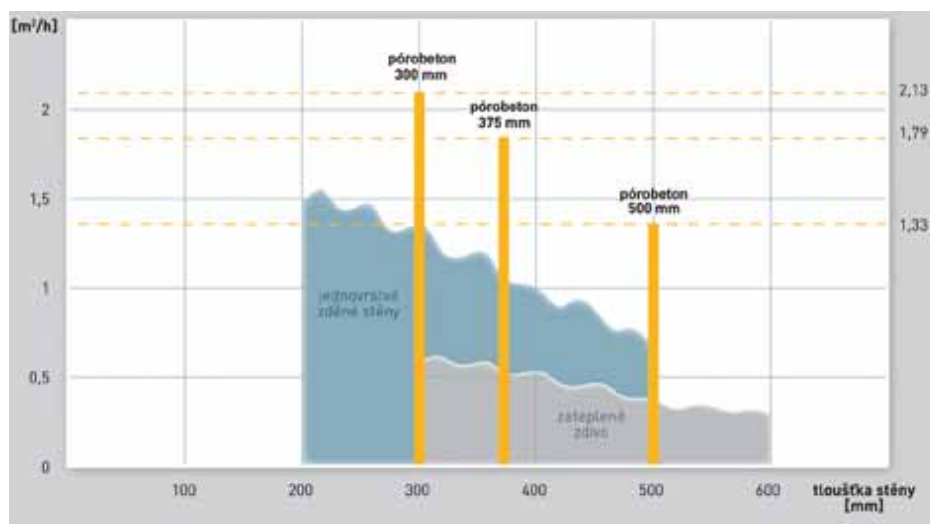
V porovnání s dosud nejpoužívanější stavební technologií u nás – zdivem z pálených thermobloků – je pórobeton skutečně relativně inovativním materiálem. Již z podstaty výrobní technologie vyniká například svou rozměrovou přesností a minimálními tvarovými odchylkami jednotlivých tvár-

nic. Způsob rychlého a přesného zdění na 1–3 mm tenké maltové lože je také ve srovnání s jinými zděnými konstrukcemi inovativní a často nedostižitelný. V posledních letech jej kopírují prakticky všichni výrobci pálených cihel. Další v poslední době obježovaná přednost je rovnoměrné vedení tepla ve všech směrech a s tím související eliminace tepelných mostů v některých tradičních detailech stavby (opět je možné najít paralelu např. v současné snaze vyplňovat dutinové pálené tvárnice pro části staveb porézní strukturou s vlastnostmi podobnými pórobetonu).

Jak tedy pórobeton zařadit? Je to tradiční, nebo novátorský materiál? Pravda bude nejspíš někde uprostřed. Vyplývá z konkrétních vlastností křemičitého pórobetonu, který si udržel některé podstatné výhody tradičních zdících materiálů. Zároveň ale nabízí některé výjimečné vlastnosti, potřebné pro moderní stavby s extrémním důrazem na úspory energií a kvalitu vnitřního klimatu. Navíc se ukazuje, že současné vlastnosti pórobetonu ještě zdaleka nebyly vyčerpány.



Graf 1: Porovnání tepelněizolačních schopností



Graf 2: Porovnání pracnosti

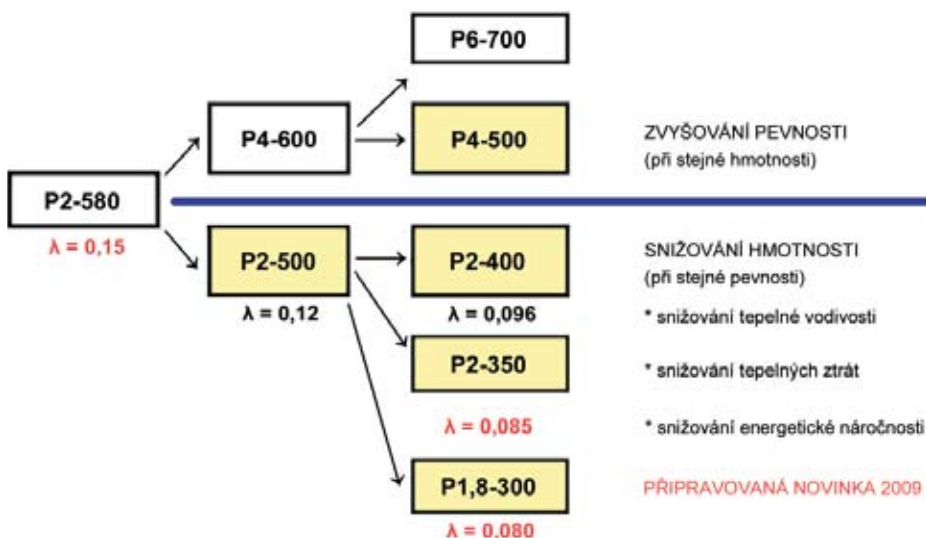
Masivní jednoplášť

Idea pórobetonu je poměrně jednoduchá. Vytvořit chemickou reakcí materiál s co největší pevností a únosností, a zároveň s maximálním vylehčením a s co nejvyšší tepelněizolační schopností. Jedná se o protichůdné vlastnosti, které v současnosti limitují prakticky všechny běžné konstrukční materiály a které vedou k masovému odklonu od tradičních jednovrstvých obvodových stěn. Zděné jednovrstvé konstrukce přestávají vyhovovat rostoucím požadavkům norem i investorů na tepelnou izolaci obvodových stěn i při extrémních tloušťkách. Sofistikované zdící prvky jsou navíc stále více náchylné na přesnost provádění a vyžadují složité řešení různých detailů. Proto se část stavebníků logicky přiklání k lehkým montovaným pláštům nebo volí vícevrstvé sendviče, které oddělují nosnou a izolační funkci pláště a nabízejí vyvážený souhrn vlastností bez kompromisů.

První volba ale znamená vzdát se některých neoddiskutovatelných výhod masivních staveb,

jakými jsou příjemná tepelná stabilita v létě i v zimě, rozmanité dispoziční a statické možnosti architektury, přirozený vlhkostní režim interiéru a tradiční přívětivé klima, jednodušší přestavby, adaptace a rekonstrukce domů, nebo jejich dílčí úpravy; dlouhá životnost, bezpečí, požární odolnost a v neposlední řadě také subjektivní pocity uživatelů z trvanlivosti a kvality masivních konstrukcí. Druhá varianta – použití masivních sendvičů – sice všechny přednosti zděných staveb dokáže zachovat a v mnohém i předčít, oproti jednopláští však v jejich nepospěch hovoří vyšší pořizovací cena a stavební prarost.

Zvyšující se obliba pórobetonu na současném trhu (u RD až 40% podíl) je tedy dána především tím, že pórobeton dokáže zmíněné protichůdné požadavky uspokojit i přes poměrně rychlé navyšování normových požadavků na tepelnou izolaci stěn. Technologové materiál průběžně zdokonalují a postupně stále zvyšují jeho izolační schopnosti při zachování potřebné pevnosti. Tento trend zcela jistě nebude pokračovat do neko-



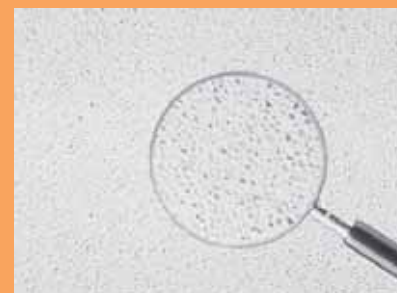
Vývoj vlastností pórobetonu zn. YTONG



„Syrový“ pórobeton v líc formě již s potřebnými póry

Technologie výroby pórobetonu

Pórobeton je stavební materiál ze skupiny lehkých betonů. Vyrábí se z běžně dostupných přírodních surovin: křemenného písku, cementu, vápna, vody a přísad (sádrovec nebo anhydrit, hliníkový prášek). Jemně rozemletý křemenný písek se promísí s vápnem, cementem, přísadami a vodou a vzniklá směs se nalije do odlévacích forem. Po odlití do formy vzniká ve směsi reakcí hliníku v alkalickém prostředí vodík, který směs nakypří a vytvoří v ní velké množství malých pórů. Během dalších výrobních pochodů zůstává v pórech pouze vzduch. Po zatuhnutí se vyjme z formy surový pórobetonový blok, který se krájí na kráječky pomocí tenkých drátů na výrobky požadovaných rozměrů. Díky tomuto způsobu krájení lze dosáhnout vysoké rozměrové přesnosti a zároveň velké variability rozměrů krájených výrobků. Nakrájené bloky postupují do autoklávů, kde se parou vytvrzují. Během autoklávizace dochází v hydrotermálním prostředí syté vodní páry za zvýšeného tlaku a teploty k úplné rekrytalizaci hmoty za vzniku nového minerálu Tobermoritu ($5 \text{ CaO} \cdot 6 \text{ SiO}_2 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$). Drobné listovité krystalky tohoto minerálu jsou vzájemně prorostlé a vytvářejí pevný skelet vyautoklávovaného pórobetonu. Vytvrzením výrobků a jejich zabalením na palety je ukončen výrobní proces pórobetonu.



Krystalická struktura pórobetonu při různém zvětšení

nečna, podle současných výsledků je ale jisté, že pórobeton má ještě dostatečnou rezervu, která umožní zachování jednovrstvého zdění i při dalším zpřísnění tepelně-technických požadavků norem.

Pevnost versus teplo

Proces vývoje vlastností pórobetonu u nás nejlépe dokumentuje přiložený obrázek. Pórobeton označují dvě hlavní veličiny: pevnost v tlaku (třída P2, P4, P6 – udává zaručenou pevnost v tlaku v N/mm^2) a objemová hmotnost (300 až 700 kg/m^3). Například označení P2-400 znamená zaručenou pevnost v tlaku 2 N/mm^2 (MPa) a objemovou hmotnost 400 kg/m^3 . Tepelněizolační schopnosti udává součinitel tepelné vodivosti λ (W/m.K), který je přímo závislý na objemové hmotnosti a struktuře pórů v materiálu. Udávaná pevnost je zaručená, tedy na straně bezpečnosti, zatímco průměrná pevnost v tlaku je u jednotlivých tříd přibližně ještě o 25 % vyšší. Snaha výrobců pórobetonu je zjevná – vyrobit materiál s co nejvyšší pevností a s co nejnižší objemovou hmotností – která je zárukou dostatku vzduchových pórů, a tedy dobrých izolačních vlastností.

Původním materiálem, který se vyráběl ve výrobních závodech v České republice, byl pórobeton třídy P2-580 se součinitelem $\lambda = 0,15 \text{ W/m.K}$. Postupným vylepšováním kvality vstupních surovin a výrobní směsi i celého technologického procesu se nastartovaly dva směry vývoje.

Dvojnásobná únosnost

Prvním bylo zvýšení únosnosti pórobetonu při zachování jeho nízké objemové hmotnosti. Šlo o to vyvinout takovou třídu pórobetonu, která umožní výrobu tvárnic pro vysoce namáhané stěny a prvky, jako jsou překlady nebo panely, aniž by se zároveň zvyšovala spotřeba surovin a hmotnost tvárnic. A hlavně se vyvarovat zhoršení tepelněizolačních parametrů. V tomto směru bylo pro některé domácí výrobní závody pórobetonu velkou výhodou, když se po sametové revoluci dostaly pod značku Ytong. Vytvoření lepších tříd pórobetonu vyžaduje prakticky kontinuální vylepšování různých procesů od mletí surovin až po podmínky v autoklávech při zrání materiálu. Vyžaduje to řadu průběžných zkoušek a také výměnu zkušeností. Díky tomu, že Ytong vlastní desítky výrobních závodů v různých evropských zemích, je vývoj o poznání snadnější. Vývoj v posledních letech dospěl k třídám pórobetonu P4-500 nebo P1,8-300, ostatní výrobci často dodávají pouze běžné třídy jako P2-500 nebo P2-400.

Vývoj z P2-580 tedy postupoval přes pórobeton P4-600 až k třídám P4-500 a P6-700. V případě P4-500 to znamená při mírném snížení



Měkký pórobeton na řezací lince



Řezací linka dokáže ze syrového pórobetonu vyrobit potřebné formáty s absolutní přesností



V autoklávech získává pórobeton díky krystalizaci potřebnou pevnost

hmotnosti zdvojnásobení únosnosti. Tato hodnota je přitom dostatečná i pro staticky extrémně namáhané prvky.

Poloviční hmotnost

Logickou reakcí na stále se zvyšující požadavky norem na tepelnou izolaci obvodových stěn bylo postupné snižování objemové hmotnosti pórobetonu při snaze zachovat dostatečnou únosnost tvárnice. Prvním krokem bylo snížení objemové hmotnosti pórobetonu P2 z 580 na 500 kg/m³ a zlepšení součinitele λ z 0,15 na 0,12 W/m.K, což je hodnota, která dosud přetrvává v povědomí řady projektantů. Dalším krokem bylo snížení koeficientu tepelné vodivosti na hodnotu $\lambda = 0,096$ W/m.K u pórobetonu Ytong třídy P2-400, který byl nejlepším tepelněizolačním pórobetonem až do roku 2007, kdy byla v České republice představena novinka s názvem Ytong Lambda. Tyto tvárnice s objemovou hmotností 350 kg/m³ a součinitelem tepelné vodivosti $\lambda = 0,085$ W/m.K si prakticky okamžitě našly své zákazníky v oblasti energeticky úsporných a nízkoenergetických staveb a dnes postupně přebírají pozici hlavního materiálu pro obvodové stěny bytových a občanských budov.

Dalším krokem je příprava sériové výroby nové třídy P1,8-300. Tento materiál, určený pro izolační výplňové zdivo vícepodlažních budov, dosahuje za cenu snížení garantované pevnosti o 10 % hodnoty $\lambda = 0,080$ W/m.K, což je izolační schopnost na pomezí běžných zdicích prvků a tepelných izolací.

Pórobeton místo izolace

Pórobeton tak prokazuje, že téma jednopláškových zděných staveb ještě zdaleka není otázkou minulosti. Izolační schopnosti pórobetonu přesto nelze zvyšovat do nekonečna a i pórobetonové stěny bez zateplení mají své hranice. Té dosahují nízkoenergetické domy s obvodovými stěnami tl. 500 mm a součinitelem prostupu tepla $U = 0,16-0,20$ W/m².K (dle volby pórobetonu). Stavby v pasivním standardu již s jednovrstvými stěnami při rozumných tloušťkách nevystačí a řeší se za pomoci tepelněizolačního sendviče s nosnou stěnou z pórobetonu P2-400 doplněného z vnější strany izolačními deskami Ytong Multipor. Tento maximálně vylehčený pórobeton s objemovou hmotností pouhých 115 kg/m³ dosahuje součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,045$ W/m.K. Nemá sice dostatečnou únosnost pro použití na samonosné konstrukce, ale v kombinaci s nosnou stěnou Ytong představuje prémiové řešení pro pasivní domy s výjimečnými stavebněfyzikálními parametry. Celé souvrství je díky spojení materiálů s podobnými vlastnostmi velmi homogenní a funguje podob-



Test tlaku



Tepelněizolační sendvič s nosnou stěnou z pórobetonu P2-400 doplněný z vnější strany izolačními deskami Ytong Multipor

ně jako jednovrstvá stěna z pórobetonu. Obrovskou výhodou proti běžným sendvičům s podobnými izolačními parametry je difúzní otevřenost všech vrstev včetně speciální malty, použité pro vzájemné spojení materiálů a pro povrchovou úpravu vnější strany desek. Díky tomu v konstrukci nedochází ke kondenzaci vodních par jako u jiných zateplených stěn.

VÁCLAV VETENGL, MAREK DUDÁK

foto archiv autorů

Ing. Václav Vetengl pracuje jako product manager společnosti Xella CZ.

Marek Dudák se zabývá poradenstvím v oblasti energetických úspor. Pracuje jako managing director společnosti Deee Communication.



Finále výroby na balicí lince