

## Protipožární ochrana konstrukcí uvnitř budov

*Stále více architektů a developerů vybírá konstrukční ocel jako stavební materiál pro výstavbu významných budov. Konstrukční ocel totiž, narozdíl od betonu, dodává celkovému designu osobitý výraz, snižuje váhu nosné konstrukce a rozšiřuje využitelný prostor. Konstrukční ocel však ztrácí svou pevnost již při teplotách okolo 400 °C (v závislosti na zatížení). Při teplotě okolo 600 °C ocel ztrácí až 50% ze své původní pevnosti. Je tedy nezbytně nutné, aby byla dokonale zajištěna ochrana konstrukčních prvků před vysokými teplotami, které vznikají v případě požáru v budově. Tento článek zdůrazňuje klíčové body protipožární ochrany konstrukční oceli v budovách, s odkazem na dva nedávné případy ničivého požáru v budově Torre Windsor v Madridu a tragické události Světového obchodního centra v New Yorku.*

Na mnohé, pokud ne na všechny významné budovy, které byly v nedávné době postaveny kdekoli na světě, byla pro nosné konstrukce použita vysoce pevná konstrukční ocel, která dává designérovi možnost vyjádřit svou kreativitu, zatímco pro developera znamená splnění jeho zvýšených požadavků na funkčnost.

Jak vnější, tak vnitřní ocelové prvky mohou hrát hlavní roli při vyjádření strukturní formy a mohou zajistit optimální rozvržení budovy, při kterém je dosaženo maximálního možného využití prostoru, a tudíž i návratnosti investice. Pro všechny investory je velmi zajímavá skutečnost, že při použití oceli jde výstavba mnohem rychleji a je redukována hmotnost nosné konstrukce. A konečně, ocel nabízí možnost dosažení tzv. trvale udržitelného růstu – je 100% recyklovatelná, tudíž budovy s ocelovou nosnou konstrukcí a ocelovými prvky mohou být považovány za „přátelské k životnímu prostředí“.

Aby bylo možné uvědomit si všechny výhody, které s sebou nosná ocelová konstrukce přináší, je nezbytně nutné zajistit pasivní protipožární ochranu nejen pro ni samotnou, ale také pro některé nebo všechny ocelové prvky, které jsou její součástí. Dojde-li k celkovému vzplanutí, má nechráněná ocel bohužel velmi malou odolnost vůči ohni, což může ve výsledku vést k částečnému nebo celkovému zhroucení budovy.

Existuje mnoho faktorů, které je nutno vést v patrnosti, pokud chceme zhodnotit schopnost nechráněné oceli odolat požáru. Patří k nim například:

- stupeň závažnosti požáru
- míra zatížení a podepření v době požáru
- mechanické vlastnosti (např. mez kluzu oceli  $\sigma_{Kt}$ )
- poměr obvodu k průřezu ocelového profilu a plocha, která je vystavena ohni
- interakce se stěnami a podlahami, teplotní hranice

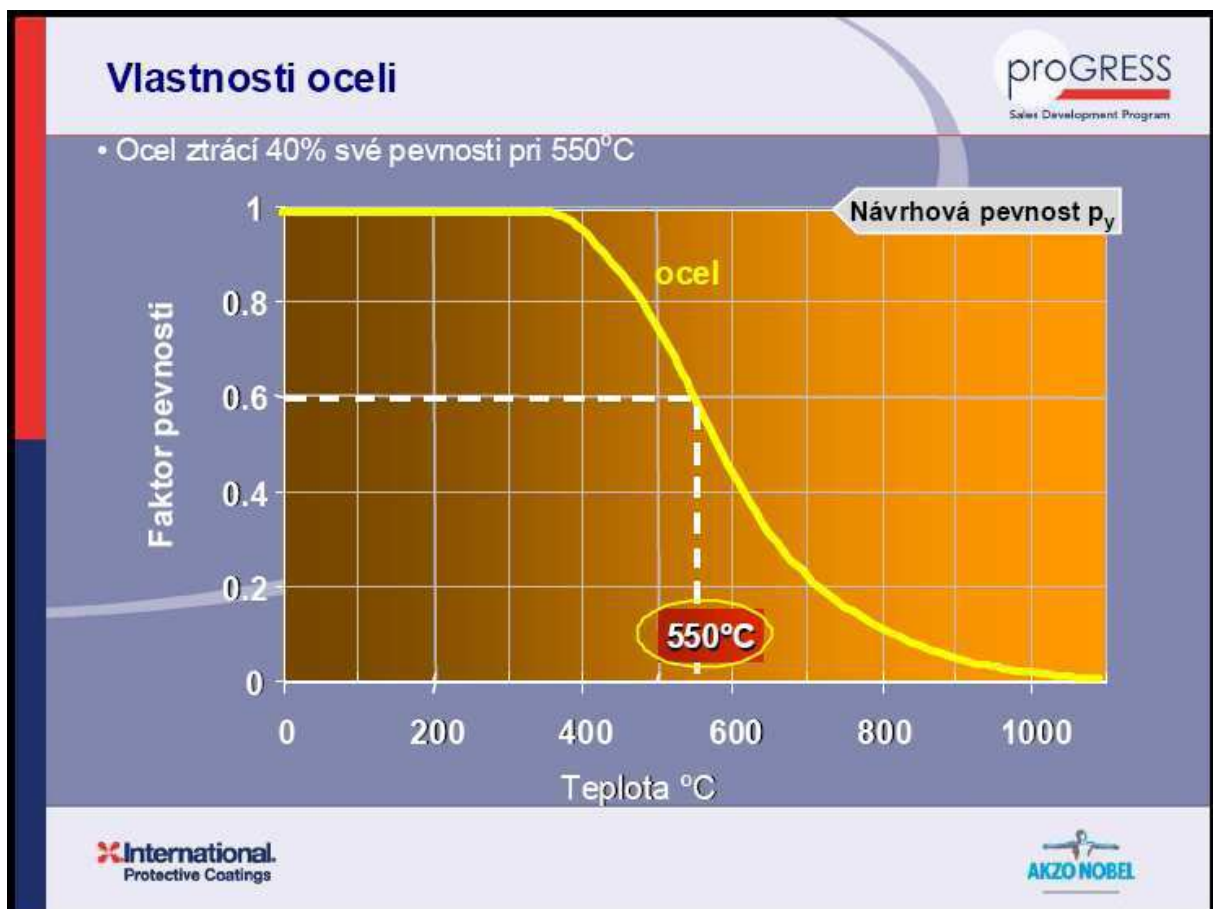
Bylo zjištěno, že nechráněné ocelové sloupy se zbourají, pokud teplota v průřezu dosáhne hodnoty 550 °C. Při teplotě 620 °C pak dojde ke kolapsu nechráněných ocelových nosníků, které podpírají podlahu. Nedávné studie však prokázaly, že v některých případech může nechráněná ocel odolat i takto vysokým teplotám.

Důležitou roli při stanovení tzv. kritické teploty, kdy dochází ke kolapsu materiálu, určuje míra zatížení a okolní podmínky, které při požáru panují. Kolaps jednoho prvku samozřejmě nevede k celkovému zhroucení stavby. Záleží především na tom, jak byl navržen nosný trám. Kolaps jednoho prvku může vést k přenesení zátěže na okolní prvky, čímž dochází ke změně původně nastavených podmínek.

Proč je důležité brát v potaz tyto faktory při kalkulaci vhodného protipožárního systému ukazuje následující příklad:

Uvažme nechráněný ocelový sloup stupně S275 s rozměry 305x305x97, který je součástí kancelářských prostor. Návrhové zatížení za normálních vnějších podmínek je porovnáváno s limitními hodnotami, které jsou únosné v případě požáru, a to za použití příslušného faktoru oslabení pevnosti, který je závislý na povolené hodnotě návrhového zatížení. Při daném axiálním zatížení, které by způsobilo deformaci 0,5 % předpokládáme, že ke kolapsu nechráněného ocelového sloupu dojde při teplotě 567 °C, a to za 13 minut a 52 sekund za standardních podmínek hoření. Nicméně pokud by se jednalo o deformaci 1,5 %, dojde ke zhroucení už za 11 minut a 38 sekund, a to při dosažení teploty 484 °C.

Tento příklad dokazuje, jak může provedení konstrukčního návrhu ovlivnit rozhodnutí nutná pro výběr vhodné protipožární strategie, a tím pádem také nejlepšího produktu, který zajistí, aby ocel nedosáhla kritického teplotního bodu v době navrhované protipožární periody. Jednoduchý vztah mezi pevností oceli a teplotou lze vidět na následujícím obrázku.



Jak ničivé následky může mít kolaps nosné ocelové konstrukce dokazuje tragédie Světového obchodního centra v New Yorku a rozsáhlý požár, který zachvátil budovu Torre Windsor Tower v Madridu.

### **Světové obchodní centrum, New York, 11. září 2001**

Po pádu budov Dvojčat v New Yorku v roce 2001 se jednou z priorit při navrhování výškových budov stala právě bezpečnost v případě požáru. Publikace a zprávy vydané Národním institutem pro standardy a technologie (National Institute of Standards and Technology) a Federální kanceláří pro krizové situace (Federal Emergency Management Agency) se zaměřují především na:

- zdokonalení integrity konstrukce
- zdokonalení návrhů protipožární ochrany
- zdokonalení protipožárních systémů, které jsou na konstrukci aplikovány nástřikem
- zdokonalení aktivní protipožární ochrany, zdokonalení systému evakuace budovy a schopnosti reagovat na pohotovostní stav

Následek nárazu letadla s plnou nádrží do výškové budovy je extrémní událost, které nelze jakkoliv legislativně zabránit. Nicméně na základě dodatečných šetření jsme došli k několika poučným závěrům. Byly zvažovány různé scénáře, které mohly přispět ke kolapsu nosných ocelových konstrukcí. Jak se dalo předpokládat, hlavním viníkem byly především velmi vysoké teploty přesahující hranici 1 000 °C a kombinace vysoce výhřevného leteckého paliva spolu s vysokým požárním zatížením kanceláří a dostatkem kyslíku. Je pravděpodobné, že došlo ke konstrukčnímu poškození dlouhých podlahových podpěr v okamžiku, kdy byly podlahy zasaženy ohněm. Vzhledem k tomu, že tyto prvky tvořily spojnici mezi vnějšími sloupy, po jejich kolapsu už konstrukce nebyla schopna déle odolávat deformačním silám a zhroutila se. Spouštěcí moment, který vedl k pádu druhé věže Světového obchodního centra, je tedy připisován právě postupnému zhroucení externích sloupů, což je patrné právě z úhlu naklonění vrchní části budovy na následujícím obrázku:



Důležitou otázkou k zodpovězení zůstává, jak účinný byl cementový protipožární nástřík, který byl pro podpěrné trámy, nosníky a sloupy použit. Vzhledem k tomu, že neexistuje žádný přesvědčivý důkaz, že jiné protipožární systémy by byly v této situaci lepší, následná šetření se zaměřila na otázku adekvátnosti tohoto typu ochrany. Slabou stránkou je především neschopnost odolat výbuchu nebo explozivnímu typu požáru. Dále byla projednána otázka životnosti systému, protože určité nedostatky byly na omítkovém nástříku zaznamenány ještě před zborcením.

Nefunkčnost protipožárního systému dokazují následující snímky, na kterých jsou patrné plochy konstrukce, od kterých se protipožární vrstva oddělila. Šetření dále odhalila plochy sloupů, na kterých byla pasivní protipožární ochrana zcela opomenuta v mylné naději, že zavěšené stropy budou jako ochrana před požárem dostatečné. Toto pochybení vedlo ke zhroutilí sloupů.



### **Torre Winsor Tower, Madrid, únor 2005**

V době velkého požáru probíhaly na této 27 patrové kancelářské budově rozsáhlé opravy. Okolnosti požáru ukázaly na vážná pochybení s ohledem na protipožární ochranu této stavby. Jednalo se obzvláště o nedostatek stabilních hasících systémů, neadekvátní opatření budovy suchovody, nedostatečné množství podpůrných zdí mezi jednotlivými patry a v první řadě nedostatečná aplikace protipožárního systému na vnější sekci ocelových sloupů od 17. patra výše. Tyto vnější sloupy byly navrženy tak, aby podpíraly novou vnější fasádu a betonové podlažní prvky, které přesahovaly vnitřní vyztužené betonové sloupy po vnějším obvodu budovy a které byly chráněny pouze do 17. patra.



Konstrukce budovy nedokázala vzdorovat požáru příliš dobře. Oheň, který vypukl v 21. patře, se rychle rozšířil nejen do vrchních pater, ale také do nižších



podlaží, a to kvůli nechráněným dutinám mezi novou a existující fasádou a kvůli nechráněným sekcím, které sloužily pro správu budovy. Po cca 2 hodinách došlo ke kolapsu podlažních nosníků po obvodu budovy nad 17. patrem z důvodu zborcení konstrukce vnějších nechráněných sloupů, což vedlo k odtržení vnější fasády a trámů po obvodu, a to mimo oblast s vnitřními vyztuženými betonovými sloupy. Naproti tomu podlahové nosníky, které se těsně přimykaly

k novému, chráněnému ocelovému schodišti, požár přečkaly bez výraznějšího poškození. Výše uvedená fotografie budovy po požáru zřetelně znázorňuje, kde došlo k odtrhnutí a zhroucení podlahových nosníků a sloupů a k následnému obnažení betonového jádra budovy. Chráněné trámy v podlažích pod 17. patrem přečkaly požár a extrémní teploty bez toho, že by došlo ke zborcení.

### Výběr správného produktu

Estetický vzhled konstrukční oceli může být zachován nebo dokonce povznesen pouze v případě, že je vybrán vhodný nátěrový systém, který nezakryje geometrické rysy oceli. Intumescentní nátěr je jediným typem pasivní protipožární ochrany, který je schopen tento požadavek splnit. Nicméně je třeba dodat, že při výběru intumescentního nátěru je třeba důkladně zvážit také další okolnosti – nejedná se pouze o prosté prostudování technických listů nebo dimenzačních tabulek, abychom byli schopni navrhnout systém dosahující požadovanou požární odolnost. Účinnost intumescentního nátěru bude ovlivněna jeho interakcí se základním a vrchním nátěrem, bude záležet také na správné přípravě povrchu a na dlouhodobých podmínkách panujících v okolním prostředí. Systém musí být schopen zajistit požadovanou ochranu na více než 20 let od okamžiku, kdy bude aplikován.



David Wickham, International Paint Ltd.