

# VYUŽITÍ OCELI ATMOFIX V ARCHITEKTUŘE A STAVEBNICTVÍ VE VZTAHU KE KOROZNÍM PROJEVŮM

**Dagmar Knotková, Kateřina Kreislová, Lubomír Rozlívka\***

**SVUOM s.r.o., Praha, [www.svuom.cz](http://www.svuom.cz)**

**\* Institut ocelových konstrukcí, Ostrava, [www.iok.cz](http://www.iok.cz)**

## Úvod

Nízkolegované patinující oceli (Atmofix, Corten) mají zvýšenou odolnost proti atmosférické korozi přidavkem legujících prvků – především Cu, P, Cr a Ni, které modifikují tvorbu rzi na povrchu oceli. Obsah legujících prvků nepřesahuje 2%. Ocel Atmofix je z hlediska korozního chování srovnatelná s klasickou ocelí Corten. V sedmdesátých letech byl v ČSSR zaveden úplný sortiment patinujících ocelí s vlastnostmi, které odpovídají obdobným ocelím zahraničním. Oceli odpovídají specifikacím dle ČSN EN 10025 - 5. V ČR byly první objekty z patinujících ocelí postaveny v 70.tých letech minulého století. Hlavními objekty byly stožáry elektrického vedení, ale i řada dalších konstrukcí jako osvětlovací stožáry, vysílací věže a mosty. Materiál byl využit i k architektonickým účelům jako obložení budov či nosné a doplňkové prvky budov. Některé stavby byly realizovány jako experimentální a byly dlouhodobě průběžně sledovány. Podle typu objektu se vyskytly specifické korozní problémy, související s konstrukčním řešením jednotlivých objektů. Rozsah a způsob využití patinujících ocelí v architektuře se v čase mění, v současné době je zaznamenán v celosvětovém měřítku nárůst realizací, a to zejména pro stavbu rozsáhlých budov se specifickým využitím (muzea v přírodě) a unikátních rodinných domů.

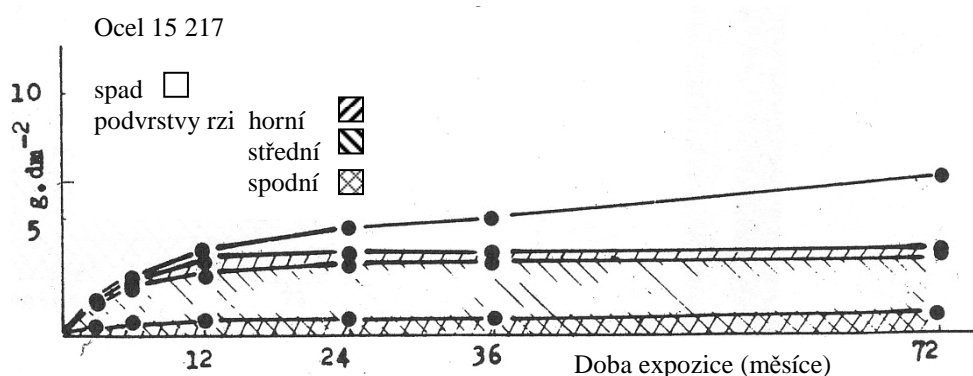
## Korozní chování patinujících ocelí v atmosférických podmínkách

Základní specifickou vlastností těchto ocelí, která je zvláště významná pro užití v architektuře, je schopnost tvořit na svém povrchu esteticky příznivě působící a relativně ochrannou vrstvu rzi.

Ve vhodných atmosférických podmínkách vzniká postupně pevná a přilnavá vrstva korozních produktů – patina, která zpomaluje korozní proces. Struktura, barva i ochranná funkce patiny závisí na klimatických faktorech a konstrukčním uspořádání. Rez-patina tvoří vysoce adherentní, omezeně propustnou vrstvu, která však není bariérou proti proniku prostředí ani pasivní povrchovou vrstvou na kovu. Základní vlastnosti

patiny jsou vyšší kompaktnost, nižší poréznost, více amorfních podílů, místní nahromadění sloučenin legujících prvků, snížení vlivu korozně stimulujících látek, zejména oxidu siřičitého apod. Počáteční korozní rychlost těchto ocelí je přibližně stejná jako nelegovaných ocelí a vyšší odolnost se projeví po určité době. Vrstva patiny se vyvíjí postupně a ustálených vlastností dosahuje cca po 3 - 4 letech. Tloušťka vrstvy rzi-patiny dosahuje max. 200  $\mu\text{m}$ . Vrstva rzi sestává z podvrstev [1], které se odlišují zejména svými mechanickými vlastnostmi (Obr. 1). Zejména ve vztahu k uplatnění v architektuře je třeba si uvědomit, že i vysoce ochranné vrstvy rzi vykazují určitý podíl spadu, který se může na nevhodně řešených detailech hromadit a může znečišťovat okolní materiály (okna, zdivo, okolí objektu).

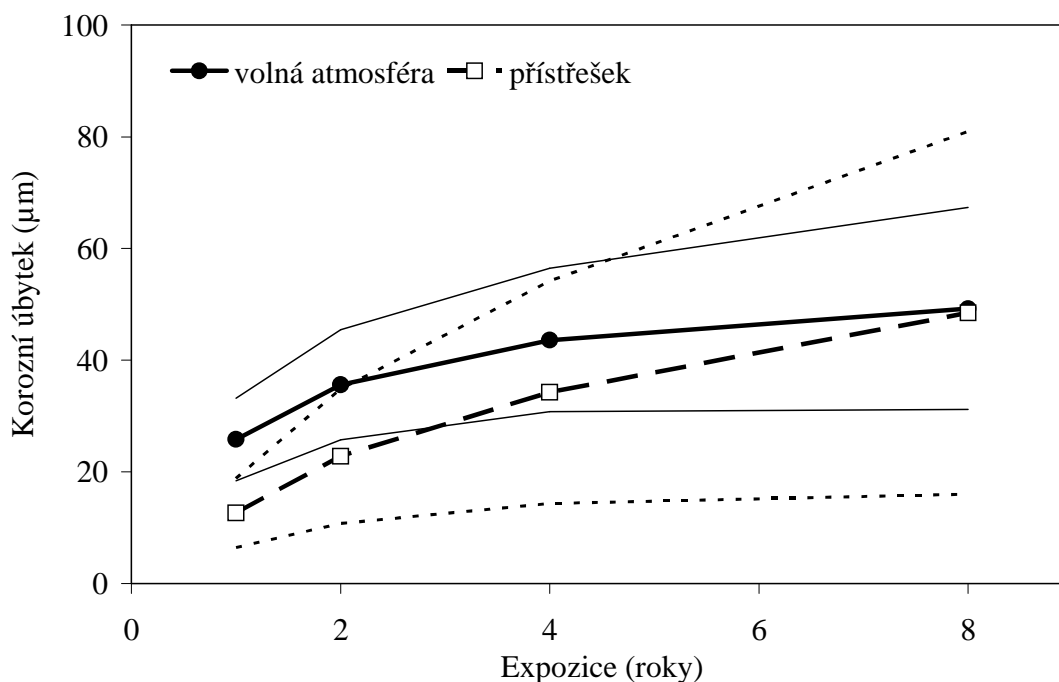
Obrázek 1 – Průřez vrstvy patiny



Pro vznik ochranné vrstvy je nezbytné periodické střídání doby ovlhčení a vysušení povrchu. Na trvale vlhkých místech nedochází ke vzniku této patiny. V místech s nepříznivým konstrukčním uspořádáním se může korozní rychlost zvýšit. Děje se tak např. pod vrstvou hromadících se korozních produktů a nečistot. Směrné korozní rychlosti patinujících ocelí,

jak je uvádí ČSN ISO 9224 byly odvozeny pro velký rozsah atmosférických prostředí s přihlédnutím ke koroznímu chování různých typů nízkoaloyovaných patinujících ocelí světové produkce. V národních podmínkách byla realizována řada dlouhodobých zkušebních programů v různých typech atmosfér [2], SVÚOM se podílel i na osmiletém zkušebním programu v celoevropském měřítku, kde bylo chování oceli Atmofix 52A ověřeno v rozsáhlém regionálním smyslu na 39 zkušebních stanicích. Byly stanoveny korozní rychlosti v relativně teplých a suchých podmínkách (Toledo), v průmyslové atmosféře s přímořským vlivem (Borregaard) i ve velmi vlhkém příměstském prostředí (Lincoln). Tyto zkoušky probíhaly již za snižujících s úrovní znečištění SO<sub>2</sub>. Na grafu (Obr. 2) jsou souhrnně uvedeny výsledky těchto zkoušek, vycházející z jejich statistického zpracování [3].

Obrázek 2: Průměrné hodnoty a standardní odchylky korozních úbytků patinující oceli Atmofix 52A exponované po dobu 1, 2, 4 a 8 let na volné atmosféře a pod přístřeškem na 39 stanicích



Tabulka 1 uvádí směrné ustálené hodnoty koroze (ČSN ISO 9224) a předpokládané ustálené hodnoty koroze patinujících ocelí v současných typech atmosfér v ČR.

Ve vnějších atmosférických podmínkách ČR se ochranné vrstvy rzi na

patinujících ocelích tvoří, což bylo prokázáno dlouhodobými atmosférickými zkouškami i průzkumy stavů různých objektů. Ve vnitřních a přístřeškových mikroklimatech se přednosti nízkolegovaných ocelí tak výrazně neuplatňují. V dobře provětrávaných přístřeškových expozicích se na površích s alespoň omezeným periodickým ovlhčováním a vysušováním tvoří korozní vrstva, která je relativně ochranná, ovšem vzhledově odlišná od korozní vrstvy na patinující oceli plně vystavené působení vnějších atmosférických činitelů.

Tabulka 1: Dlouhodobý chod atmosférické koroze patinujících ocelí typu Atmofix 52A a Atmofix 52B a srovnávací konstrukční oceli tř. 11 v různých typech atmosfér

Typ atmosféry (korozní agresivita)	Ustálená korozní rychlost ( $\mu\text{m/a}$ )			
	směrná hodnota	Atmofix 52A	Atmofix 52B	ocel tř. 11
venkovská C2 – C3	0,1 – 1,0 (C2) 1,0 – 5,0 (C3)	1 - 2	2 - 3	4 - 6
městská/C3	1,0 – 5,0	1,5 – 2,5	3 - 7	6 - 9
průmyslová C4 – C5	5 - 10 (C4) 10- 80 (C5)	8 - 15	7 - 25	20 - 32

SVUOM spolu s dalšími odborníky dlouhodobě a opakovaně sleduje vývoj korozního chování těchto ocelí na různých typech objektů a to i v zahraničí, zejména ve Švédsku. Podle typu konstrukce se vyskytly specifické korozní problémy související spíše s konstrukčním řešením jednotlivých objektů, např. spárová koroze nebo zvýšená koroze proti vnějším vlivům chráněných horizontálních ploch.

### Užití patinujících ocelí v architektuře a stavebnictví

Patinující oceli jsou používány v architektuře již od šedesátých let minulého století. Rozsah i způsob využití se v průběhu let měnil. Realizace se snažily využít specifického estetického působení tmavě hnědofialových ploch a zároveň technických i ekonomických výhod těchto aplikací. V posledním desetiletí je opět zaznamenán zvýšený zájem o využití patinujících ocelí v architektuře. Řešení sledují určitý protiklad k estetickému působení objektů uplatňujících korozivzdorné oceli, sklo, eloxovaný hliník a kontinuálně lakované tvarované plechy. Změnil se i názor na „přijatelný“ vzhled ploch pokrytých rží v různých odstínech.

Oceňuje se klidný vzhled nelesklých tmavěhnědých ploch ladící s okolní zelení. Je přijímán i mírně šokující vzhled nerovnoměrně zbarvených realizací v kontrastu s jejich okolím.

Rozsah publikace neumožňuje podat přehled o zajímavých architektonických realizacích, kde byly uplatněny patinující oceli. Zprvu byly realizovány spíše unikátní rozlehlé budovy administrativního charakteru, v současné době jsou návrhy zaměřeny na speciální objekty jako jsou muzea a kulturní centra a na unikátní rodinné domy.

Příkladem „klasického“ Cortenového objektu je přístavba Národního muzea ve Stockholmu (1965) a Richards Daley Centrum v Chicagu (1965), před kterým je umístěna i ocelová Picassova socha. Progresivní architektonické pojetí vykazuje budova krematoria se zvonící (1967) v lesním prostředí u Stockholmu. V sedmdesátých letech byly patinující oceli použity již jako nosné prvky a dílčí oplaštění obytných domů (Francie, Dánsko), byl realizován i obytný dům v Praze-Motole. Z tohoto období pocházejí i 3 rozlehlé objekty podrobněji hodnocené dále.

Nejnovější realizace se zaměřují zejména na unikátní rozsáhlé objekty v přírodním prostředí, jako je muzeum přírodních věd v Matsunoyama v Japonsku (2003), archeologické muzeum v Kalkriese, Německo (2002) a španělsko-portugalské kulturní centrum v Zamoře. V USA, Japonsku a Kanadě byly realizovány unikátní rodinné domy. Je využito estetického působení rzi pokrytých ploch s okolní zelení či s barvou písku v pouštní oblasti. Rodinný dům v Humpolci preferuje jednoduchý tvar a lze jen očekávat, jak budou po letech působit rozsáhlé rovné ocelové povrchy (Obrázek 3).

Obrázek 3 – Rodinné domy z patinujících ocelí



Ontario, Kanada



Humpolec, ČR

## **Hodnocení korozních projevů na dlouhodobě vystavených stavebních objektech**

### **Kancelářská budova, Praha**

Rok realizace: 1974

Typ atmosféry: městská, průmyslová, ovlivněná intenzivní dopravou

V roce 1983 byla vrstva rzi vytvořená na volně vystavených, různě orientovaných plochách hodnocena jako stabilizovaná, ochranná. Vnitřní povrch masivních nosníků byl pokryt jemně zrnitou rzí, která je také ochranná. Povrch nosníků je částečně pokryt okujemi. Horizontální a částečně horizontální plochy ve vyšších částech budovy vykazují negativní vliv kumulace znečištění a dlouhodobého ovlhčení. Nebyly zjištěny korozní problémy vyvolané kombinací materiálu patinující oceli a hliníku. V konstrukci budovy se nevyskytují šroubové spoje. Svařované spoje byly bez defektů. Bylo doporučeno instalovat zábrany proti hnízdění holubů [4].

V roce 2004 byla patina vytvořená na volně exponovaných i částečně zakrytých površích hodnocena jako ochranná, byly zjištěny jen velmi malé rozdíly vyvolané konstrukčním uspořádáním a orientací povrchů. Vrstva patiny je stabilní. Na části povrchů hlavních nosníků byly stále patrné okuje. Plochy svarů jsou pokryty dobře vyvinutou patinou. Při prohlídce provozovatelem byla zjištěna vrstevnatá koroze v rozích na vrchních částech budovy. Instalace zábran proti hnízdění ptáků na fasádě byla účinná [5, 6].

### **Obchodní dům, Praha**

Rok realizace: 1978

Typ atmosféry: městská

Ocel Atmofix byla použita na opláštění budovy a také jako překrytí svislých povrchů pochozích teras. Projekt použití oceli na opláštění objektu byl vypracován velmi pečlivě, byla dodržena všechna opatření na omezení koroze spojů. Jednotlivé šablony opláštění byly lisovány do tvaru, který snižuje barevnou diferenciaci ploch vyvolanou polohou a orientací plechů na budově. První hodnocení se uskutečnilo v r. 1986: ochranná patina se vytvořila i na plochách ve vnitřním atriu, v rozích budovy byla patina jemněji zrnitá. Vrstva rzi na obložení byla hodnocena jako postupně vznikající ochranná patina. Je patrný vliv orientace budovy směrem ke světovým stranám. Rez na malých horizontálních površích byla typická pro tyto plochy, ale nevyskytovaly se zde defekty. Hodnocení vnitřního

povrchu bylo možné provést pouze u plechů sejmutých z obložení terasy. Volný vnitřní povrch byl pokryt adherentní jemnou rzí. Na hlavní fasádě budovy nebyly zjištěny žádné defekty. Použití patinující oceli na obložení pochozích teras způsobilo závažné problémy. Odvodnění terasy není dostatečné, voda proniká mezi stěny a plechy obložení. Upevňovací šrouby a spodní plochy plechů vykazovaly intenzivní korozní napadení v místech, kde zatékalo [4].

V roce 2004 vykazovala vrstva patiny na obložení budovy ochranné vlastnosti, a rozdíly vyvolané orientací ploch byly malé. Nebylo možné hodnotit vnitřní povrch plechů. Částečným zakrytím některých prvků fasády nevznikají problémy, patina má pouze jiné zbarvení - je více hnědá. Nedochozí ke koroznímu napadení upevňovacích šroubů, ale výrazné korozní napadení se vyskytuje na spodních částech svislého obložení pochozích teras [5, 6].

### **Obchodní dům, Liberec**

Rok realizace: 1973 -75

Typ atmosféry: městská, průmyslová

Vrstva rzi - patiny na vnějším povrchu obložení měla v roce 1983 ochranné vlastnosti. Velmi zřetelný byl vliv orientace povrchu a tvarování profilu obkladových plechů. Nebylo možné hodnotit vnitřní povrch plechů. Obkladové panely byly upevněny k nosné konstrukci samomaznými šrouby ze stejné oceli tak, že mezi konstrukcí a zadní stranou panelů vznikly štěrbin. Kumulované vrstvy uvolněných korozních produktů zůstávaly vlhké, koroze se velmi zvýšila. Nedostatečné provětrávání na spodní i horní části obkladů vedlo k lokálnímu koroznímu napadení v horní části obkladových plechů. Korozní napadení bylo velmi intenzivní, a proto bylo navrženo nové uspořádání obkladových šablon a vhodnější způsob upevnění obkladových plechů k nosné konstrukci (navarované příchytky a pryžové distanční vložky), které bylo realizováno v roce 1984 [4].

V roce 2004 bylo tedy hodnoceno nové obložení zhotovené z oceli Atmofix po 20 letech expozice (Obrázek 4). Zásadní změna upevnění panelů obložení se ukázala jako účinná. K dostatečnému provětrávání vnitřních ploch přispěla i změna spodního profilu panelů. Na pleších je vrstva ochranné rzi - patiny. Je patrný vliv orientace ploch ke světovým stranám, tmavě fialová patina vznikla pouze na jižních plochách budovy. Na některých severních nebo částečně zakrytých polohách je patina hnědá a hrubě zrnitá. Zadní strana obkladových plechů nebyla hodnocena, ale je zřejmé, že provětrávání je dostatečné - nikde nebyla zjištěna uvolněná rez.

Budova není vhodně udržována - obkladové dlaždice a hliníkové rámy oken jsou silně znečištěné rží a dalšími nečistotami. Jako zcela nevhodné je použití patinující oceli na parapety a okapy nad dveřmi a okny. Kumulace nečistot a dlouhodobé ovlhčení způsobují úplné prokorodování těchto prvků [5, 6].

Obrázek 4 – Objekt Obchodního domu v Liberci a detail zakončení opláštění



### **Stručný přehled zkušeností s užitím patinujících ocelí v architektuře a stavebnictví**

**Typ objektu:** venkovní nosné konstrukce budov

**Rizikové oblasti:** kouty, podhledy, horizontální, nikoliv plně prostředí vystavené plochy, kombinace materiálů

**Zkušenosti:** patinující oceli jsou obecně vhodné pro venkovní nosné konstrukce budov. Zvláštní pozornost je třeba při navrhování věnovat kombinacím s dalšími konstrukčními materiály a to jak na vlastní konstrukci, tak i v jejím okolí. Bylo ověřeno, že je třeba pečlivě navrhovat řešení oken, vyvarovat se rozsáhlých horizontálních ploch a vhodně zamezit zbarvování skel rozpustnými podíly rzi. Je třeba se vyvarovat dutin vhodných pro hnízdění ptáků a ploch, kam usedají holubi. Speciální pozornost je třeba věnovat upevnění fasádních prvků na nosné konstrukce.

**Typ objektu:** opláštění budov

**Rizikové oblasti:** kouty, horizontální povrchy, podhledy a zadní plochy prvků opláštění, spáry, spoje, parapety, okapy, kombinace materiálů, zejména okna a jejich rámy



**Zkušenosti:** použití patinujících ocelí pro opláštění budov při vysokých a často specifických estetických nárocích klade vysoké požadavky na architektonické i konstrukční řešení. Je třeba se vyvarovat vzniku štěrbin a kapes u spojů fasádních panelů s nosnou konstrukcí. Preferují se svarové spoje. Pokud se štěrbiny vyskytnou, je třeba tyto štěrbiny zatmelit či jinak chránit. Osvědčilo se i použití 5 - 10 mm podložek z inertního materiálu. Je nutno zajistit dostatečnou ventilaci mezi pláštěm a tělesem budovy. Za plášť by neměla zatékat voda ani prosakem na př. z okolních teras. Tvarové řešení fasádních prvků záleží na požadovaném estetickém působení, rozsáhlé rovné plochy nevykazují rovnoměrný barevný efekt.

**Typ objektu:** střecha

**Rizikové oblasti:** horizontální plochy a plochy s malým sklonem, štěrbin, okapy, kouty

**Zkušenosti:** střechy musí mít dostatečný sklon, který podmiňuje odtok vody a zároveň brání hromadění nečistot, které mohou porůst mechem. Pod nánosy nečistot, zvláště s mechem, se zvyšuje působení vlhkosti a dochází k urychlené korozi. Okapy z patinujících ocelí vykazují nízkou životnost. Odvod vody ze střech je třeba řešit tak, aby nedocházelo ke znečištění povrchů stékající vodou se rzí.

## **Závěr**

Na základě více než 25 letitých zkušeností z použití patinujících ocelí v reálných podmínkách ČR lze konstatovat, že při vhodném použití má materiál velmi dobré předpoklady pro dosažení dlouhodobé životnosti a to i při uplatnění v architektuře. V současné době, s využitím výsledků mnohaletých průzkumů stavu realizovaných objektů, se již nedá hovořit o konstrukčním materiálu, který není nutné udržovat, jedná se o materiál jehož údržba je snadná, nicméně žádoucí pro dosažení dlouhodobé životnosti. V souvislosti se zvýšenými požadavky na ochranu životního prostředí při provádění povrchových úprav, popř. jejich oprav se opět stává tento materiál zajímavým pro investory. Velký nárůst zájmu o využití v oblasti architektury souvisí i s vývojem přístupu k pojetí estetického působení objektu a snahou o jeho začlenění do okolního, zejména přírodního prostředí.

*Príspevek byl zpracován v rámci VZ MŠMT 2579478701.*

## LITERATURA

- [1] D. Knotková, J. Vlčková, J. Honzák, 1982: Atmospheric corrosion of metals, ASTM STP 767, 1982, Baltimore, USA, 27 – 44,
- [2] D. Knotková a kolektiv, 1978: Korozní vlastnosti nízkolegovaných ocelí se zvýšenou odolností k atmosférické korozi (Sourhnná zpráva za období 1972 – 1978), Výzkumná zpráva SVÚOM 14/78
- [3] J.Tidblad, K.Kreislova, D.Knotkova, V.Kucera, Exposure of weathering steel in the UN/ECE ICP materials programme, International workshop on atmospheric corrosion and weathering steels, Sept. 2004, Cartagena de Indias (Colombia)
- [4] J. Gulmann, D. Knotková, V. Kučera, P. Swartling, J. Vlčková, 1985: Weathering steels in building – cases of corrosion damage and their prevention (booklet), Swedish Corrosion Institute, National Institute for Protection of Materials, Stockholm, 1985
- [5] V. Kučera, P. E. Augustsson, D. Knotková, L. Rozlívka, 2004: Experience with the use of weathering steels in constructions in Sweden and in the Czech Republic, International workshop on atmospheric corrosion and weathering steels, Sept. 2004, Cartagena de Indias (Colombia)
- [6] D.Knotková, L.Rozlívka, K.Kreislová, Průzkum dlouhodobého chování oceli Atmofix na objektech, konference AKI 2004, 19.-21.10.2004, Znojmo