

# Kounický viadukt – bezmála čtvrt století od ukončení železničního provozu

Vladimír Ustohal, Karel Stránský

## Úvod

Pozoruhodným dokladem vývoje stavebních materiálů na bázi železa pro mosty je od roku 1978 již z provozu vyřazený železniční viadukt na trati Znojmo–Střelice. Byl postaven v letech 1869 až 1870 francouzskými železárnami F. Cail a spol. v Paříži a ve Fives-Lille. Byla to první mostní stavba svého druhu v Rakousko-Uhersku. Údolí řeky Jihlavy překlenul jednokolejný most o šesti polích s celkovou světlostí od opěry k opěře 373,5 m. Tyto krajní opěry byly zděné, obložené kamennými kvádry. Největší výška horní hrany kolejnice byla 42,7 m nad hladinou malé vody řeky. Mezi krajními opěrami bylo vztyčeno pět pilířů tvaru komolého jehlanu. Každý byl tvořen čtyřmi stojkami z litinových trub vyplněných betonem. Kromě několika dalších litinových částí byla ostatní mostní konstrukce sestavena ze svářkového železa. Celkem bylo v mostu zabudováno 1238 tun svářkového železa a 296 tun litiny. Když byly v dalších letech zjišťovány na některých litinových troubách stojek jemné podélné trhliny v délce i několika centimetrů, byly pilíře z litinových trub po 22 letech provozu mostu vyměněny v roce 1892 za pilíře ze svářkového železa, které bylo dodáno železárnami z města Resita v dnešním Rumunsku.

Kromě menších oprav v rámci běžné údržby, kdy byla zesilována místa s nově objevenými prasklinami, se most ze svářkového železa ve své podobě z roku 1892 zachoval až do roku 1978. V tomto roce, tedy po 108 letech provozu, byl z bezpečnostních důvodů uzavřen. Byl nejstarší provozovanou ocelovou mostní konstrukcí československých železnic a patrně dokonce v celé Evropě. Souběžně s ním byl postaven a je v provozu most nový. Jeho ocelovou konstrukci vyrobila Mostárna n. p. Vítkovice a montáž provedly Hutní montáže n. p. Vítkovice.

Po ukončeném provozu starého mostu, Ivančického viaduktu, zvaného také most *Bránický*, *Kounický*, nebo prostě *Železnák*, bylo možno provést podrobnější rozbor použitého svářkového železa dnešními moderními analytickými metodami, aby byla získána aspoň zpětná informace o tom, jaká vlastně byla kvalita mostního materiálu, který po více než století přenášel zatížení a odolával vlivům prostředí. Vzorek byl odebrán z jedné diagonály vyjmuté z původní mostní konstrukce, a podroben rentgenové vlnové dispersní mikroanalýze k určení chemického složení svářkového železa jako celku i jeho jednotlivých strukturních součástí, metalografické analýze k vyhodnocení struktury, způsobu zpracování a stanovení velikosti zrna, fraktografické analýze pro zjištění lomového chování železa, k měření tvrdosti s přepočtem na pevnost v tahu [1].

## Analýzy a jejich výsledky

Výsledky analýzy chemického složení oceli jsou uspořádány v *tabulce 1*. Ocel má nízké obsahy manganu a křemíku, avšak poměrně vysoké obsahy fosforu a síry. Obsah 0,140 hm. % fosforu a obsah 0,033 hm.% síry výrazně převyšují současný limit 0,025 hm. %, který je obvyklý u běžných, v současnosti vyráběných konstrukčních ocelí. Zejména obsah fosforu převyšuje uvedenou mez téměř šestinásobně.

**Tabulka 1.** Výsledky mikroanalýzy matrice vzorku z diagonály Kounického viaduktu

Prvek [hm.%]	C	Mn	Si	P	S	Cr	Fe
průměr $\bar{x}$	0,05	0,24	0,16	0,140	0,033	0,11	99,32
střední chyba $s_x$	–	0,05	0,03	0,007	0,005	0,05	–

Poznámka: Mikroanalýzátor JEOL JXA 3A, rtg. vlnově disperzní analýza, urychlovací napětí 15 kV, složení stanoveno ve třech náhodně vybraných místech matrice, aplikován systém korekcí ZAF, obsah uhlíku stanoven metalograficky.

Z prvkové analýzy vměstků, jejíž výsledky jsou uspořádány v *tabulce 2*, lze usoudit, že jde o oxidické struskové vměstky, v nichž dominuje železo a které mají vysoký obsah fosforu. Obsahy zbývajících analyzovaných prvků – hliníku, křemíku, síry, vápníku, chromu a manganu, jsou v destínách až jednotkách hm. %. Obsahy jednotlivých typů oxidů podle předem zadané stechiometrie jsou uspořádány v *tabulce 3*.

**Tabulka 2.** Výsledky prvkové analýzy vměstků ve vzorku z diagonály Kounického viaduktu

Prvek [hm.%]	Al	Si	P	S	Ca	V	Cr	Mn	Fe	O
průměr x	0,37	1,40	6,66	0,53	1,06	0,24	0,18	0,25	54,56	34,74
střední chyba $s_x$	0,01	0,08	0,87	0,05	0,17	0,05	0,06	0,04	1,81	0,55

Poznámka: Mikroanalýzátor JEOL JXA-8600/KEVEX, rtg. energiově disperzní analýza, urychlovací napětí 15 kV, složení stanoveno v náhodně vybraných charakteristických oxidických vměstcích, aplikován systém korekcí ZAF, obsah kyslíku stanoven na podkladě zadané stechiometrie oxidů podle *tabulky 3*.

**Tabulka 3.** Výsledky analýzy oxidických vměstků ve vzorku z diagonály Kounického viaduktu

Prvek [hm.%]	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	CaO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
průměr x	0,70	2,99	15,26	0,53	1,48	0,35	0,26	0,33	78,01
střední chyba $s_x$	0,03	0,17	1,99	0,05	0,24	0,08	0,08	0,05	2,59

Poznámka: Podmínky analýzy stejné jako v poznámce k *tabulce 2*, stechiometrické složení oxidů stanoveno podle analogie se struskami, které provázejí ocelářské oxidační procesy a pochody.

Podle metalografické analýzy je struktura téměř čistě feritická, hrubozrnná, o velikosti feritických zrn stupně 2 až 4 podle ASTM a silně znečištěna oxidickými vměstky. Podle struktury byl obsah uhlíku odhadnut na 0,05 hm. %. Vměstky jsou intenzivně protvářeny v jednom směru a byly nalezeny řádky vměstků o délce přes jeden milimetr. Plošný podíl vměstků se pohybuje od 5 do 13 % při střední hodnotě cca 9 %. Podle dnešních kritérií by mikročistota této svářkové oceli byla hodnocena tím nejhorším stupněm znečištění. Tvrdost oceli podle Brinella byla změřena o hodnotě  $130,2 \pm 2,7$  HBS 2,5/187,2/15, což podle semiempirických vztahů odpovídá pevnosti v tahu přibližně  $455 \pm 9$  MPa.

Podle laboratorně připraveného lomu, provedeného ohybem ve dvou navzájem kolmých směrech, bylo možno usoudit na zásadně odlišné chování svářkové oceli vzhledem ke směru namáhání. Při namáhání tahem ve směru vláken, to znamená v ose nosníku, byla takto vyrobená ocel dostatečně odolná vůči křehkému lomu. Nebezpečí hrozilo pouze při namáhání nosníku na vzpěr, tj. při vybočení diagonál do stran, například při rázech, popřípadě při silném bočním větru. Toto nebezpečí však bylo podstatně sníženo omezením rychlosti projíždějících vlaků na 25 km/h a pro některé vlaky až na 15 km/h.

## Technologie výroby oceli

Podle složení matrice a struskových vměstků, jakož i podle množství vměstků, lze soudit, že ocel příhradové konstrukce mostu byla vyrobena svářkovou technologií. To je ve shodě s všeobecně přijímaným tvrzením, že jde o belgické svářkové železo. Z vysokého obsahu fosforu v matrici oceli a ve vměstcích vyplývá, že bylo použito vysokopeční surové železo se zvýšeným obsahem fosforu. Na jeho zkujnění v pudlovací peci, která byla vytápěna minerálním palivem, lze usuzovat podle zvýšeného obsahu síry. V oxidačním režimu zkujňovacího procesu bylo totiž možno odstraňovat ze surového železa fosfor, nikoli však síru. Kromě toho měl výrobce oceli značné potíže s dosažením co nejnižšího obsahu fosforu a použil zřejmě technologii hlubokého odfosfoření, která byla současně provázena vysokým oduhlíčením oceli.

Předpoklad, že ke zkujnění byla použita pudlovací pec, je dále podporován podobností ve složení struskových vměstků podle *tabulky 2* a *3* a strusky provázející pudlovací proces, při němž bylo zpracovávalo šedé surové železo [2]. Podle Tylecoteho [2] obsahovala struska z pudlovací pece před rokem 1864 v hm. %: 63,58 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO), 23,86 SiO<sub>2</sub>, 6,17 MnO, 0,91 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,28 CaO, 0,24 MgO, 0,62 FeS a 6,42 P. Vidíme, že zvláště obsahy fosforu 6,42 (Tylecote) a 6,66 (podle *tabulky 2*), vždy ve hm. %, se dobře shodují, což ukazuje na pudlovací proces.

Podle dnešních kritérií jakosti by tento materiál byl pro stavbu železničního mostu naprosto nepřijatelný. Skutečností však zůstává, že bez vážné poruchy, avšak se skrytou možností katastrofické destrukce, vydržel most v provozních podmínkách téměř 108 let. Vyřazení mostu z provozu znamenalo začátek jeho konečného zániku.

#### **Literatura**

- [1] USTOHAL, V. – STRÁNSKÝ, K.: Svářková ocel příhradové konstrukce Ivančického viaduktu.  
In: Z dějin hutnictví 21, Rozpravy Národního technického muzea v Praze 127. NTM Praha 1993, s. 44–47.
- [2] TYLECOTE, R. F.: A History of Metallurgy, The Metal Society, London 1976, s. 110.