

Seminář k výsledkům výzkumného projektu MPO-FT-TA5/076:
*Výzkum vlastností stávajících a nově vyvíjených patinujících
ocelí z hlediska jejich využití pro ocelové konstrukce.*
23. 11. 2010
VŠB-TU Ostrava

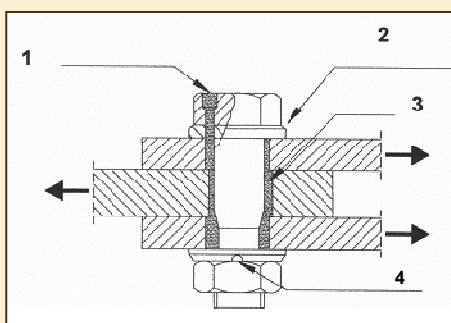
Injektované vysokopevnostní šrouby

Ing. Vít Křivý, Ph.D.

Úvod do problematiky

Co jsou injektované šrouby

- Vysokopevnostní šrouby třídy 8.8 nebo 10.9 s úpravami pro injektáž.
- Postupy pro stanovení návrhové únosnosti jsou uvedeny v ČSN EN 1993-1-8.
- Podrobnosti o výrobě a montáži jsou uvedeny v ČSN EN 1090-2.



Legenda

- 1 díra pro injektování
- 2 podložka se zkosením
- 3 pryskyřice
- 4 drážka pro odvzdušnění v podložce

Použití injektovaných šroubů

- Nizozemí, Německo – rekonstrukce nýtovaných mostů (poprvé v roce 1973).
- Zesílení oslabených prvků mostních konstrukcí.



most přes řeku Havel
v Oranienburgu,
Německo

- Nizozemí – šroubové spoje u **nových** železničních a silničních mostů, ztužidla vysokých budov, konstrukce vodních děl na hrázích (**odolnost proti krátkodobému přetížení, vyšší únosnost, příznivé únavové vlastnosti spoje, zabráněna vnitřní koroze šroubů**).

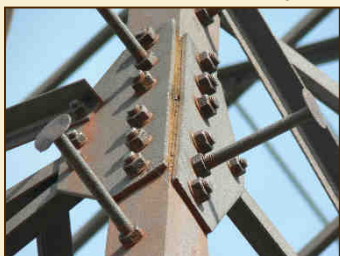
Použití pro konstrukce z patinujících ocelí

- Zesílení oslabených částí mostních konstrukcí.



železniční vlečka,
Krnov (1979)

- Oprava poškozených šroubových spojů.



Vlevo: stožár
elektrického
vedení, Neznášov

Vpravo:
železniční vlečka,
Krnov

Návrhová únosnost (ČSN EN 1993-1-8)

Spoje kategorie A:

- Není požadováno předepnutí šroubů a úpravy styčných ploch.
- Díky injektáži je spoj odolný v prokluzu.
- Návrhové únosnost pryskyřice v otláčení $F_{b,Rd,resin}$

$$F_{b,Rd,resin} = \frac{k_t k_s d t_{b,resin} \beta f_{b,resin}}{\gamma_{M4}}$$

→ pevnost pryskyřice
v otláčení

↑
zkušební, testy

Spoje kategorie B a C:

- Návrhová únosnost ve smyku je dána součtem návrhové únosnosti šroubu v prokluzu $F_{s,Rd}$ a návrhové únosnosti pryskyřice v otláčení $F_{b,Rd,resin}$.

Vizuální ověření injecktáže na vzorcích z plexiskla

Vizuální ověření injecktáže

- Pro injecktáž je zcela postačující **běžná vytláčovací pistole** s ručním vyvozením tlaku.
- Vhodnější jsou **menší pistole** s objemem do 300 ml.
- Cena pistole je cca 150 Kč.
- Injecktážní směs je možno podle [ECCS 79, 1994] nalít do **pistole vyplněné fólií** nebo do **speciálních plastových válečků**.

Pistole vyplněná fólií



Vizuální ověření injektáže

- Pro ověření injektáže byly vyrobeny vzorky z plexiskla.



Vzorek s neoslabenou vnitřní částí

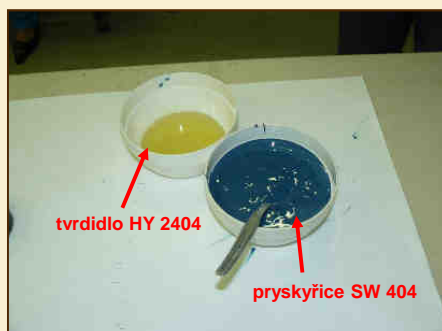


Vzorek s oslabeným vnitřním plexisklem

oslabené vnitřní plexisklo

Vizuální ověření injektáže

- Injektážní směs je vhodné připravovat pouze v dávce přiměřené počtu injektovaných šroubů.
- Reálná doba zpracovatelnosti je 15 minut.
- V jednom pracovním sledu lze bezpečně provést injektáž 8 šroubů.



Vizuální ověření injektáže

- Přibližně 3 minuty trvá namíchání a nalití směsi do injektážní pistole, injektování jednoho šroubu trvá přibližně 1 minutu, přibližně 2 minuty jsou potřeba na očištění pistole.



Vizuální ověření injektáže

- Po vyplnění dutiny mezi šroubem a otvorem začíná injektážní směs vytékat z odzdušňovací drážky na podložce u matice šroubu.
- Drážku je nezbytné zatmelit.
- Po vytažení špičky pistole z díry v hlavě šroubu je potřeba zatmelit také tuto díru.
- Jako vhodný přípravek postačí běžný sklenářský tmel.



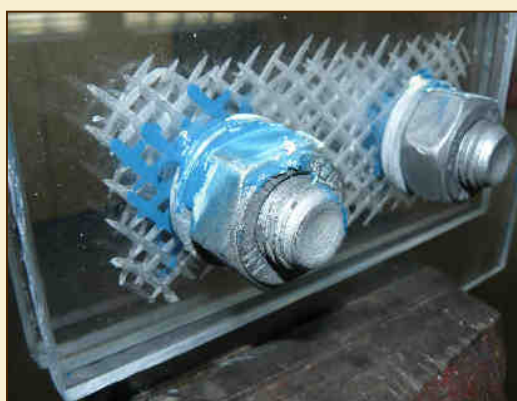
Vizuální ověření injecktáže

- Vizuální zkouška prokázala, že injecktážní směs dokonale vyplní prostor mezi šroubem a otvorem v základním materiálu.
- Směs se nedostala pouze do míst, kde je šroub v přímém kontaktu se základním materiálem.



Vizuální ověření injecktáže

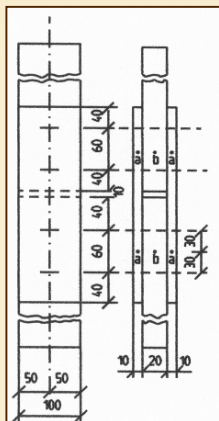
- Vzorky s oslabeným vnitřním plexisklem – simulace spojů prvků s nerovným povrchem.



Ověřovací statická zkouška pevnosti pryskyřice

Ověřovací zkouška pevnosti pryskyřice

- Ověření, zda zvolenou technologií injektáže lze dosáhnout předpokládaných hodnot pevnosti pryskyřice v otláčení $f_{b,resin} = 130 \text{ MPa}$ (150 MPa).

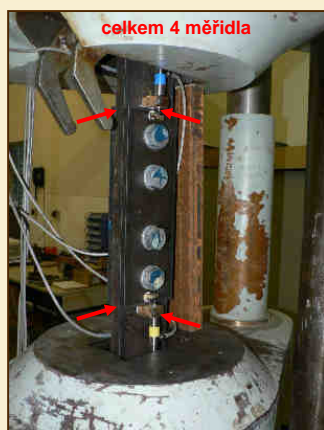


šrouby M20 v dírách
průměru 22 mm

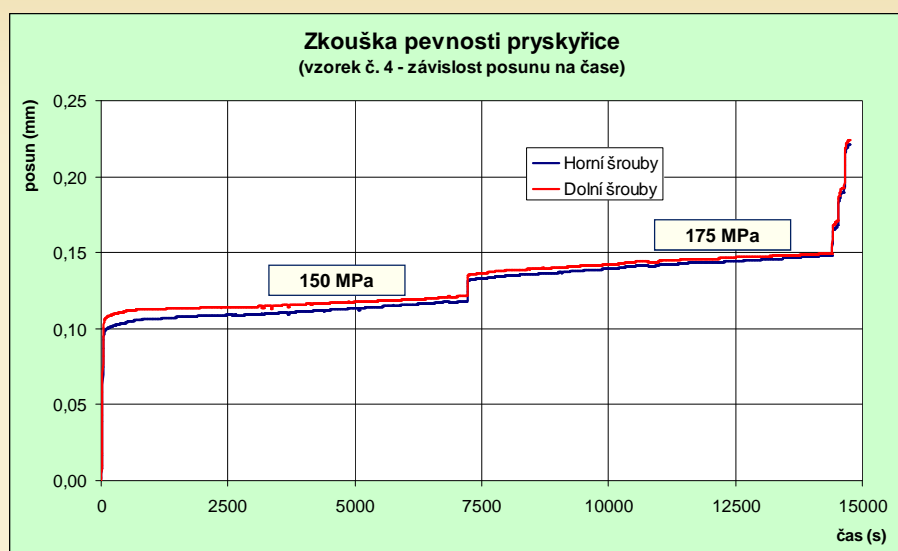


Ověřovací zkouška pevnosti pryskyřice

- Musí se prokázat, že hodnota pevnosti pryskyřice v otláčení $f_{b,resin}$ je taková, že vzájemný posun spojovaných součástí po dvou hodinách od vnesení zatížení do vzorku nepřekročí hodnotu 0,15 mm.



Ověřovací zkouška pevnosti pryskyřice



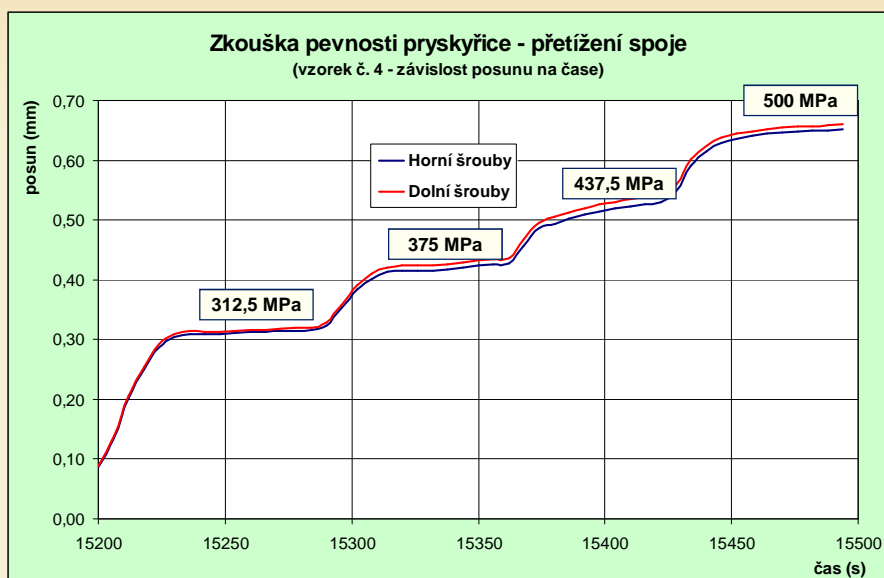
Ověřovací zkouška pevnosti pryskyřice

- Zkoušky potvrdily, že lze bezpečně uvažovat konzervativní hodnoty pevnosti pryskyřice v otlacení $f_{b,resin} = 150 \text{ MPa}$.

Vzorek č. 1	
Horní šrouby	$f_{b,resin} = 175 \text{ MPa}$
Dolní šrouby	$f_{b,resin} = 200 \text{ MPa}$
Vzorek č. 2	
Horní šrouby	$f_{b,resin} = 175 \text{ MPa}$
Dolní šrouby	$f_{b,resin} = 175 \text{ MPa}$
Vzorek č. 3	
Horní šrouby	$f_{b,resin} = 175 \text{ MPa}$
Dolní šrouby	$f_{b,resin} = 200 \text{ MPa}$
Vzorek č. 4	
Horní šrouby	$f_{b,resin} = 175 \text{ MPa}$
Dolní šrouby	$f_{b,resin} = 175 \text{ MPa}$

Ověřovací zkouška pevnosti pryskyřice

- Při přetížení spoje nedochází k prokluzu.



Ověřovací zkouška pevnosti pryskyřice

- Vzorky po přetržení.

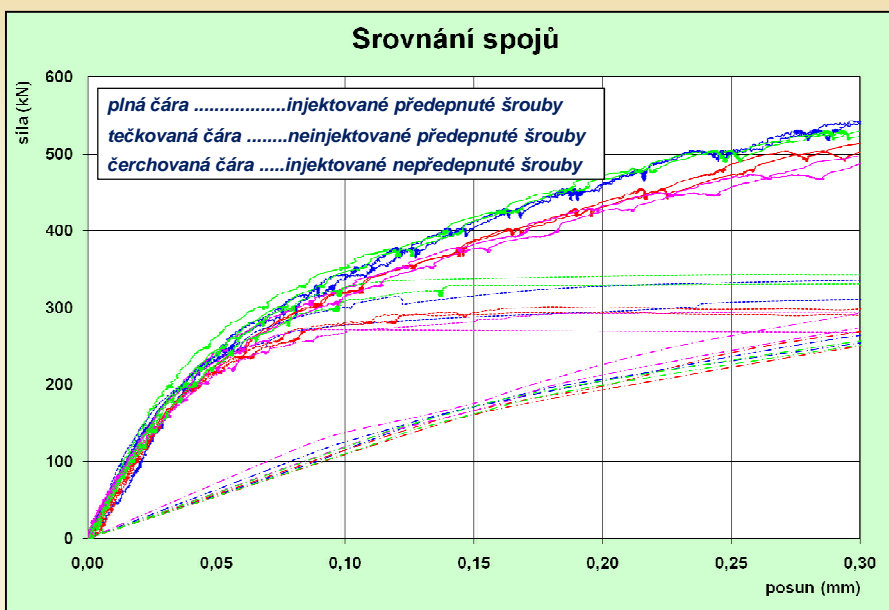


**Statické zatěžovací zkoušky
(porovnání spojů)**

Statické zatěžovací zkoušky

- Na stejných vzorcích jako u ověřovací statické zkoušky pevnosti pryskyřice byla sledována závislost mezi posunem spoje a silou při postupném zatěžování.
- Závislosti byly stanoveny pro tři různé typy spojů:
 - a) Nepředepnutý injektovaný spoj
 - b) Předepnutý (třecí) neinjektovaný spoj
 - c) Předepnutý (třecí) injektovaný spoj

Statické zatěžovací zkoušky



Cena spojů s injektovanými šrouby

Cena spojů s injektovanými šrouby

- **Vyšší časová náročnost** - v pracovním cyklu 15 minut jsou schopni 2 pracovníci provést injektáž cca 8 šroubů včetně přípravy pryskyřice a očištění nástrojů.
- **Vyšší náklady na vstupní materiály:**
 - a) **Cena pryskyřice** – na 1 šroub M20 byla při testech použita pryskyřice za cca 60 Kč.
 - b) **Cena šroubů a podložek** – objednávka z Nizozemí (až 4x dražší v porovnání s běžnými VP šrouby bez speciálních úprav).
 - c) **Další materiály** (pistole 150 Kč, misky, sáčky)

Cena spojů s injektovanými šrouby

- Náklady na pořízení spojovacích prostředků lze výrazně **omezit vlastní dílenskou výrobou** ze standardních šroubů a podložek.
- Příprava jednoho šroubu (vyvrtání otvoru do hlavy) a jedné podložky (vyfrézování žlábků) trvá přibližně 1 minutu



DĚKUJI ZA POZORNOST