PŘÍKLAD NÍZKÉ VYPOVÍDACÍ SCHOPNOSTI PROJEKTOVÝCH PARAMETRŮ VT PAROVODŮ PRO PLÁNOVÁNÍ PRODLUŽOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI JEJICH KOMPONENT

EXAMPLE OF LOW INFORMATION CAPABILITY OF PROJECTED PARAMETERS FOR LIFETIME EXTENSION OF HIGH PRESSURE VESSELS

Ladislav Horváth[a)], Jakub Horváth[a,c)], Martin Smejkal[b)] a Marie Rohlová[c)]

[a)] UJP PRAHA a.s.
[b)] VAMET, s.r.o.
[c)] Ústav materiálového inženýrství FS ČVUT v Praze

Abstrakt

Zobecnění informací, získaných na jednom kotli pro kotle dalších bloků elektráren, postavených ve stejné době a zhruba i stejně provozovaných je obecně používaný postup. Uvedený příspěvek ukazuje, že ne vždy je možné tento postup použít.

Abstract

Generalized procedure for boilers and high pressure vessel lifetime assessment is usage of creep data and roughly the same operation time between boilers. This paper present results that this procedure is not always possible to use.

Aplikace výsledků creepových zkoušek dané oceli i obdobných zařízení

Výstavbu tepelných energetických bloků v naší republice je možné zhruba rozdělit do dvou etap. První etapu představuje výstavba 100 (110) MW bloků, která začala prototypem 100 MW na elektrárně Tisová v roce 1960 a skončila v roce 1971 dokončením čtyř bloků 110 MW elektrárny Mělník II. Druhou etapu byla výstavba 200MW bloků, která začala výstavbou prototypu na elektrárně Ledvice v roce 1967 a skončila v roce 1978 dostavbou elektrárny Chvaletice. U většiny těchto celků je možné hovořit o širokém nasazení oceli 15128 na bázi 0,5 Cr – 0,5 Mo – 0,25 V, která po zvládnutí technologie svařování a tepelného zpracování nahradila ocel 15 313. Je třeba zdůraznit, že ocel 15 128 představuje nejlépe prozkoušenou Čs. ocel z pohledu žárupevnosti, u které byly creepové zkoušky prováděny až za hranici 2 105 hodin. Z pohledu výpočtového posuzování by díky plně ověřeným hodnotám dlouhodobé pevnosti při tečení neměl být žádný problém.

Nutnost opravy tvrdonávaru těsnicí plochy šoupátka DN 250, PN160 si vynutila vyříznutí kovaného tělesa z VT parovodu parního uzlu elektrárenského bloku. Šoupátko bylo provozováno cca. 8 104 hodin při projektových parametrech – teplota přehřáté páry 535 °C, přetlak páry 9,6 MPa. Ocel tělesa je 15 128. Přístupnost tělesa z jeho průtočné části umožnila získat podklady pro předpokládané rozhodnutí o prodloužení životnosti nad hodnotu 10^5 provozních hodin garantovaných výrobcem šoupátka a zobecnit toto rozhodnutí i na zbylé tři bloky. Výsledky provedeného výpočtu creepové a únavové životnosti pro projektové parametry se však neshodují se skutečným stavem materiálu tělesa, zjištěným NDT metodami. Příspěvek ukazuje, jak se vysvětlení této skutečnosti promítne do plánování prodlužování životnosti komponent VT parovodu.

Výpočtové hodnocení

Pomocí programového souboru PMD [1] na komplexním modelu tečení [2] byly zavedeny okrajové podmínky od tlaku 9,6 MPa a teploty 535 °C. Na obr. 1 jsou vyznačeny oblasti odběru replik. V těchto místech dosahuje napjatost hodnoty okolo 25 MPa (obr. 2), což dá pro teplotu 535 °C hodnotu bezpečnosti k limitu časové pevnosti 100 tis. hodin větší než 2,5. Z hlediska

degradačního mechanismu, s uvážením nominálních dat teploty a tlaku, nedochází k relevantnímu creepovému poškození ani deformaci. Také výpočet únavového poškození s použitím [3] skončil závěrem, že provoz za nominálních podmínek se z hlediska únavy pohybuje v trvalé životnosti.

Provedené výpočtové hodnocení je v plném souladu s našimi zkušenostmi z měření na obdobných kotlích pracujících při srovnatelných teplotách a tlacích přehřáté páry. Stejné výsledky dá i použití Monkmann-Grantova vztahu, do kterého se dosadí rychlost creepu určená z její závislost na napětí publikovaná v pracích Vítkovice – Výzkum a vývoj s.r.o., resp. MMV s.r.o. [4, 5, 6].

Výsledky vyhodnocení sejmutých strukturních replik doplněné o měření tvrdosti

Provedené replikové zkoušky ukázaly, že struktura v místě odběru replik, zejména na vnitřním povrchu výstupu páry ze šoupátka je silně degradovaná. Ve struktuře jsou také patrné ojedinělé kavity bez převažující orientace. Podle klasifikace zavedené v [7] je creepové poškození v oblasti 2a až 2b (obr. 3). Protože překročení teploty a tlaku není z důvodu ochran na turbíně pravděpodobné, muselo být těleso šoupátka vystaveno přídavnému namáhání.

Interpretace

Na pravděpodobnou příčinu rozporu ve výsledcích ukázaly výsledky měření tvrdosti po délce průtočné části šoupátka, které vyšly přímo úměrné tuhosti tělesa v jednotlivých částech a tomu odpovídajícímu rozložení velikosti redukovaného napětí při změně okrajových podmínek tak, že byl omezen axiální posuv v přilehlém uložení parovodu. Z toho bylo vyvozeno, že kluzná uložení parního uzlu obr. 4 nepracují podle projektových předpokladů, což vede ke zvýšení sil a momentů působících na těleso a následné akceleraci creepového poškozování.

Závěr

Provedené práce doložily, že strukturní stav tělesa šoupátka zřejmě neumožní prodlužování jeho životnosti nad 105 hodin. Získané výsledky jsou ovlivněny vlivy, které mohou být pro parní uzly ostatních bloků výrazně odlišné a nelze proto závěr o stavu tělesa zobecnit na další bloky. Vzhledem ke zdokumentovanému stavu tělesa šoupátka je nutné očekávat i creepové poškození ostatních komponent parního uzlu (kolen, T kusů). Tomu bude nutno přizpůsobit plán kontrol.

Literatura

[1] (2015): *Soubor programů PMD/PMD-GFEM* byl stanoviskem Komise č.5 „Pevnostní výpočty komponent a potrubních systémů“ ze dne 24.11.2015 doporučen pro vytváření podkladů pro bezpečnostní dokumentaci jaderných elektráren typu VVER. (před tímto datem byl soubor PMD atestován Státním úřadem pro jadernou bezpečnost pod registračním číslem 531)

[2] Bína a kol. (1999): *Komplexní model tečení. Evaluation of Long Term Creep Data and Application of Results in Lifetime Assessment in East Europe*, VDEh.

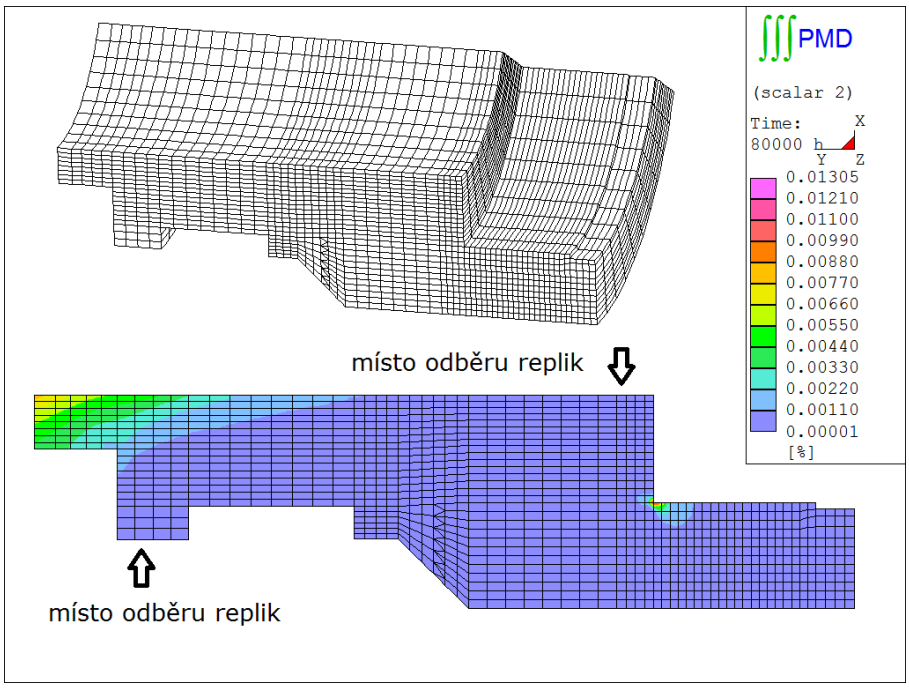
[3] Kneifl, M. a kol. (1988): *Vlastnosti ocele 15128 namáhané únavou a tečením*. Zpráva SVÚM Z-88-5822.

[4] Stejskalová, Š. (2007): *Závěrečná zpráva úkolu „Hodnocení zbytkové životnosti parovodů kotle K3 v Elektrárně Chvaletice“, II. etapa – Hodnocení creepových vlastností a zbytkové životnosti ohybu a svarového spoje*. Zpráva Vítkovice – Výzkum a vývoj s.r.o., č. zprávy: Z-11/2007.

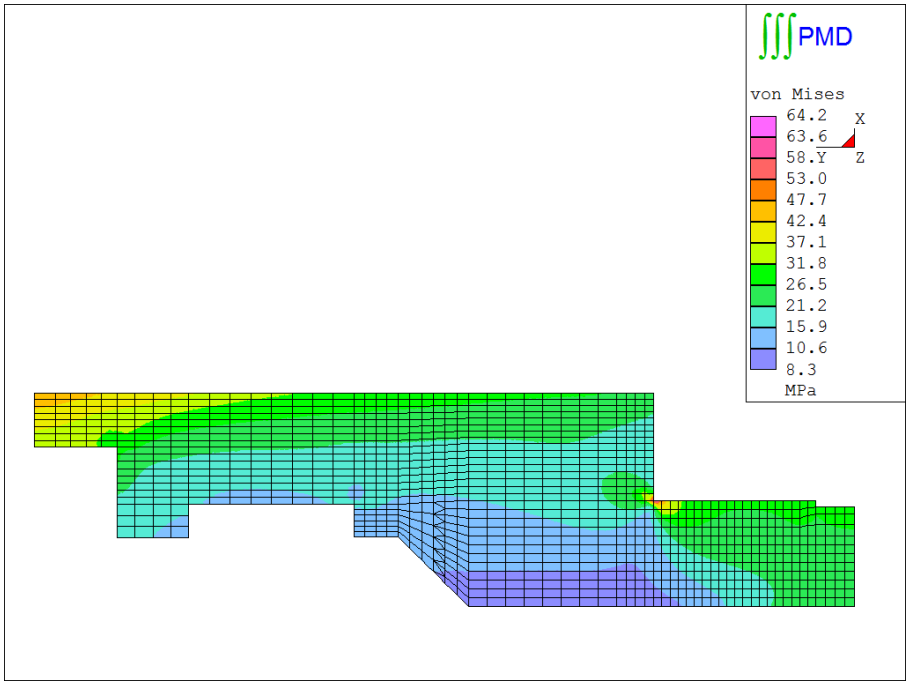
[5] Kuboň, Z. (2016): *Materiálové zkoušky trubek kotlů K3 a K4 Elektrárny Chvaletice (Sev. en EC) po dlouhodobém provozu (závěrečná zpráva)*. Technická zpráva T-46/2016, MMV.s.r.o.

[6] Kuboň, Z., Jedličková, M. (1988): *Využití rovnic Monkmann-Granta a Dobeše-Miličky pro predikci žárupevnosti nízkolegovaných CrMoV ocelí*. Interní zpráva VÍTKOVICE, Železárny a strojírny K. Gottwalda, Výzkumný ústav strojírenský a metalurgický, Ostrava.

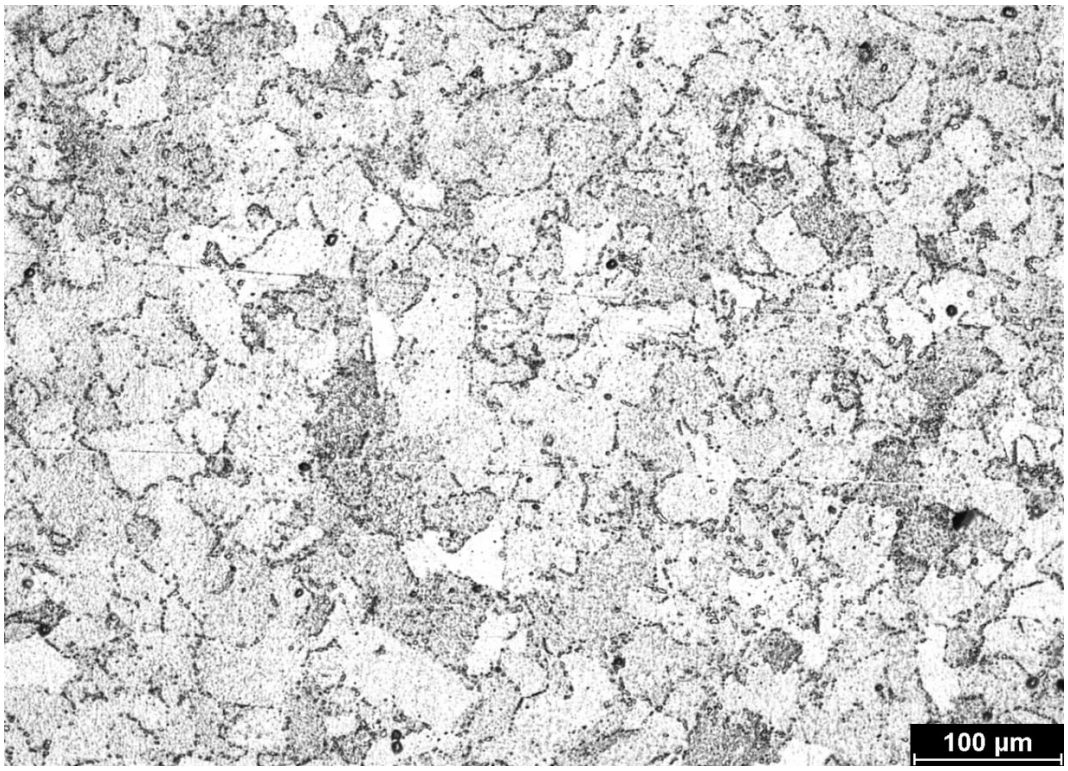
[7] (2005): *Richtreihen zur Bewertung der Gefügeausbildung und Zeitstandschähle für Hochdruckrohrleitungen und Kesselbauteile VGB-TW 507, 2. Ausgabe 2005*. VGB-Power Tech Service GmbH.



Obr. 1: Výpočtové creepové poškození po 80 tisícíchozních hodinách



Obr. 2: Elastická napjatost v čase 0 hodin



Obr. 3: Strukturní stav vnitřního povrchu průtočné části

Obr. 4: Parní uzel se šoupátkem a pohled na uložení