

Materiáloví specialisté řešili možné příčiny poruch materiálu T24 u nadkritických kotlů v Evropě

Téměř padesát specialistů na materiálové inženýrství a svařování oceli se počátkem listopadu sešlo na konferenci **Promatten 2011**, kterou pořádala společnost **Flash Steel Power, a.s.** Z celkem 12 přednášek zaujaly nejvíce asi ty, které popisovaly možné příčiny poruch membránových stěn z oceli T24 u kotlů s nadkritickými parametry páry. Poprvé se problémy objevily loni v elektrárně Walsum (dodávka kotle společností Hitachi s membránovými trubkami Vallourec Mannesmann). Jde o 750 MW blok o výšce 100 metrů. Vady se objevily po 400 hodinách zkušebního provozu na membránových stěnách kotle, a to především v oblasti svarových spojů. Provoz byl okamžitě zastaven. Vady se objevovaly po celém obvodu pláště ve výšce 57 až 77 metrů. „Šlo o stovky možná tisíce trhlin, nešlo o náhodné vady, které se občas vyskytnou při nekvalitním provedení svařů,“ říká Jiří Zapletal, ředitel pořádající společnosti **Flash Steel Power**.



Jiří Zapletal seznamuje účastníky konference s problémy na blocích s nadkritickými parametry páry



Do hotelu Vidly zavítaly desítky materiálových inženýrů

„Původně si všichni mysleli, že na vině jsou špatně provedené svařky, proto se poškozená místa kompletně vyměnila a opět svařila. Situace se však opakovala zhruba po 200 hodinách,“

vysvětluje Ing. Jiří Zapletal, generální ředitel společnosti **Flash Steel Power, a.s.** Situace je o to závažnější, že stejný materiál (ocel T24) je používán celkem na 17 blocích v Německu, Belgii,

Holandsku a taktéž v Česku – v Ledvicích. Celkový instalovaný výkon těchto bloků činí 16,5 GW. „Již nyní se hovoří o dvouletém odsunutí zahájení provozu nadkritických bloků. Tristní ale je, že se doposud neví, co může být příčinou problémů. Existuje více hypotéz a je možné, že jde o souběh několika příčin,“ vysvětluje J. Zapletal. Mezi odborníky panují obavy, jak si Německo i v této souvislosti zajistí dostatek elektrické energie, když odstavilo a hodlá odstavit své jaderné elektrárny.

„Naše firma byla oslovena v létě 2011 skupinou odborníků ze zemí Beneluxu, kteří řeší problémy na některých blocích v západní Evropě. Zaujaly je naše výsledky výzkumu svařů a základního materiálu, který jsme v souvislosti s T23 a T24 začali řešit někdy v roce 2001 ve spolupráci s odborníky Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava. Tehdy jsem nečekal, že tento typ oceli pronikne na trh tak rychle,“ říká Jiří Zapletal. Podle jeho slov byli specialisté firmy, kteří dlouhodobě spolupracují s akademiky z ostravské technické univerzity, požádáni o znalecký posudek. „Zjištění důvodů poruch je záležitostí dalšího šetření, nicméně dokud nebude tento příklad objasněn, představuje použití T24 velké riziko,“ dodává J. Zapletal.

Moderní záropevná ocel T24 se používá tam, kde kotel pracuje s vysokými provozními parametry, čili tlakem a teplotou média. Jako ideální se zdála být pro bloky s nadkritickými a superkritickými parametry páry. Konvenční oceli 10CrMo9-10 nebo 13CrMo4-5 nemají dostatečnou pevnost při tečení (creep) proto, aby z nich mohly být vyrobeny membránové stěny kotle pro nadkritické parametry.

Možné příčiny

Od 90. let 20. století se v souvislosti s nástupem nadkritických kotlů píše vývoj ocelí T23 a T24. Japonci a Američané šli cestou oceli označené T23, západní Evropa pak cestou oceli T24. Jde o nízkolegované oceli, které se svými creepovými vlastnostmi blíží špičkové vysokolegované oceli P91. Cílem obou směrů bylo vyvinout materiál, který bude mít vysokou odolnost proti tečení, bude umožňovat svařování bez předehřevu a bez nutnosti tepelného zpracování po svařování. První cíl se podařil, další dva (v kontextu s novými událostmi) již nikoliv. Na základě praktických zkušeností



FLASH STEEL
POWER



TECHNOLOGICKÉ CELKY - HUTNÍ MATERIÁL PRO ENERGETIKU STROJNÍ POLOTOVARY A DÍLY - MATERIÁLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Technologické celky pro energetický a chemický průmysl

Parovody, tlakové nádoby,
výměníky, plynová potrubí,
spalinovody

Hutní materiál pro energetický a chemický průmysl

Ocelové trubky, rovné trasy,
ohyby, armatury, redukce,
T-kusy, příruby, plechy, výpalky,
ploché a kruhové tyče



Flash Steel Power, a.s., Martinovská 3168/48, 723 00 Ostrava, tel.: +420 596 958 542, info@flashsteel.cz, www.flashsteel.cz



TEĎ SE NEZASTAVÍM

Financování strojů a zařízení s UniCredit Leasing zvýší váš náskok před konkurencí o mnoho obrátek. S produkty UCL CreditMachinery, UCL FinMachinery a UCL LeaseMachinery lehce získáte nové stroje a technologie, spolu s výhodným pojištěním. **Více informací naleznete na www.unicreditleasing.cz, tel.: 844 11 33 55.**

 **UniCredit**
Leasing

1991 – 2011 | 20 let s vámi



Snímek z konference Promatten 2011



Petr Mohyla spatřuje problémy v sekundárním vytvrzování a doporučuje tepelné zpracování po svařování

se již prosadil názor, že je potřeba svařovat zásadně s předehřevem. Diskutabilní je pak problematika nutnosti tepelného zpracování po svařování.

Podle odborníků „japonské“ T23 tyto problémy nemají, ale je nepsanou a známou skutečností, že jsou tepelně zpracovány po svaření. „Může to být důsledek konkurenčního boje, možná mají Japonci více poznatků a materiál tepelně zpracovávají,“ říká J. Zapletal.

1) Sekundární vytvrzování (pnutí)

Pod vlivem špatných zkušeností s masivním praskáním svarových spojů oceli T24 po krátké době provozu připustili němečtí inženýři možnost tzv. sekundárního vytvrzení. Přitom narazili na práce

českých specialistů, kteří se vlivem sekundárního vytvrzení na mechanické vlastnosti svarů zabývají. Ing. Petr Mohyla, Ph.D. považuje jako jednu z pravděpodobných příčin praskání svarů z oceli T24 tzv. sekundární vytvrzování nepopuštěných svarů vlivem dodatečné precipitace karbidů vanadu. „Výsledky našich prací byly publikovány v zahraničí, nejdříve bez odezvy, nyní jsme zaujali kolegy z Německa a Belgie,“ říká P. Mohyla, který pracuje ve Flash Steel Power, a.s. jako Ředitel divize Výzkum a Vývoj.

Problematiku sekundárního vytvrzování studovali specialisté z „ostravské creepové školy“ (například dr. Václav Foldyna, prof. Jaroslav Koukal) již v minulosti na svarech z oceli 15128 (zpevněná karbonitridy a karbidy vanadu). „Západ šel

v rámci konvenčních aplikací cestou chrom-molybdenové oceli, vyhýbali se oceli s vanadem, obávali se křehnutí, vysokých nároků na tepelné zpracování a svařování. Výsledkem bylo to, že neměli zkušenosti se sekundárním vytvrzováním oceli s vanadem, jako my díky oceli 15128. Do materiálu T24 přidali vanad a titan, čímž získali vysokou mez pevnosti při tečení u této oceli. Ale přitom podcenili právě přítomnost sekundárního vytvrzování.

Při svařování se tyto částice (karbidy resp. karbonitridy vanadu) vlivem teplotního režimu rozpustí, resp. ve všech zónách teplotně ovlivněné oblasti dojde k určitému stupni rozpuštění do tuhého roztoku. Když pak následně nejsou svarové spoje popouštěny, struktura se nenachází v rovnovážném stavu. Při teplotní expozici již v provozních podmínkách dojde k dodatečné precipitaci disperzních částic (ta ale není tak optimální jako při řádném popouštění, částice jsou velice jemné), takže vytvrzení je mnohem vyšší, než po řádném tepelném zpracování.

„Již před několika lety jsme uveřejnili výsledky výzkumu, kdy jsme zkoušeli materiál T24 tepelně popuštěný a i nepopuštěný. Na vzorcích svarů jsme simulovali povoz při 500 resp. 550 °C a měřili jsme tvrdost a vrubovou houževnatost. U svaru, který nebyl popuštěný, byla tvrdost svarových spojů velmi vysoká, přes 400 HV. Tam, kde tvrdost materiálu rostla, tam klesala houževnatost. Můžeme se proto domnívat, že sekundární vytvrzení způsobuje pokles plastických vlastností svarových spojů oceli T24,“ říká Petr Mohyla a dodává, že vynechání popouštění po svařování zde považuje za nebezpečné. K maximálnímu vytvrzení došlo při 550 °C po cca. 450 hodinách. Tato doba koresponduje s tím, co se stalo v elektrárně Walsum v praxi,“ říká.

2) Vodíkové zkřehnutí

Další z přítomných specialistů na konferenci Promatten 2011 - Dr. Ing. Zdeněk Kuboň, specialista firmy Materiálový a metalurgický výzkum s.r.o. - s některými závěry a myšlenkami Petra Mohyly souhlasí, podotýká však, že ani žihání oceli T24 po svaření nemusí problémy natrvalo odstranit. „Při řešení problémů s nadkritickými kotli je nutné zvažovat i problematiku vodíkem indukovaného korozního praskání. Vodík se může do svaru dostat při svařování, při nedokonalé provedení čistících operacích a dále pak při najíždění bloku,“ říká.

„Pro snížení obsahu vodíku v oceli je možné žíhat na 300 až 350 stupňů Celsia, pokud potřebujeme odstranit pnutí, pak můžeme žíhat v rozmezí 600 až 650 stupňů. Pokud chceme dosáhnout optimálních vlastností svarových kovů a tepelně ovlivněné oblasti (z hlediska stavu precipitace a ve vztahu k následnému vytvrzování při stárnutí) pak musíme jít s teplotou popouštění těchto ocelí až nad 710 stupňů. S tímto jsem zajedno s kolegou P. Mohylo,“ říká Z. Kuboň. Podle jeho slov s sebou případně tepelné zpracování žáropevných ocelí může přinášet i nevýhody. Jednak se do určité míry snižují žáropevné vlastnosti těchto typů ocelí, což je pro jejich aplikaci pro



Zdeněk Kuboň považuje za problém korozní praskání pod napětím, při kterém asistuje vodík

nadkritické bloky alfou a omegou. Tepelné zpracování může být iniciátorem vzniku tzv. trhlin při žhání, nevýhodou jsou i vyšší náklady a technologické problémy – např. žhání montážních svarových spojů přímo na staveništi.

„Osobně si myslím, jak jsem již uvedl, že problémem ocelí T24 v těchto aplikacích je korozní praskání pod napětím, které způsobuje vodík. Ocel

T24 a zejména její svarové spoje dosahují vysokých pevností, a tudíž jsou více náchylné ke koroznímu praskání. K tomu je potřeba vzít v potaz, že se pohybujeme v ideálním korozním prostředí – vyvážka nebývá dokonalá a zanechává stopy kyselin, sirovodíku – což je zdroj vodíku,“ vysvětluje Z. Kuboň. Jeho teorii podporuje i značný výskyt vodíku na povrchu základního materiálu na prasklých

membránových stěnách, který byl zjištěn po odstavení bloku ve Walsumu.

Pokusy Materiálového a metalurgického výzkumu byly realizovány na trubkách. „Sledovali jsme stavy bez a s tepelným zpracováním. Z výsledku testů vyplývá snížení pevnosti žháných svarových spojů při teplotě tečení až o 40%,“ dodává Z. Kuboň. Petr Mohyla podotkl, že pro další zpřesnění dosažených výsledků a ohodnocení vlivu tepelného zpracování po svaření bude potřeba udělat rozsáhlejší creepové zkoušky popouštěného a nepopouštěného materiálu.

(Pozn. redakce: Problematice se budeme, vzhledem k závažnosti, věnovat v dalších číslech All for Power a na www.allforpower.cz, kde je možné na příspěvky reagovat formou diskusního příspěvku.)

Ing. Stanislav Cieslar

POJMY, DEFINICE:

Žhání je druh tepelného zpracování kovů prováděné za účelem zlepšení některých vlastností, jako je povrchová tvrdost a odstranění účinků některých operací (kalení, tváření). Provádí se zahřátím na „žhací teplotu“ (500 až 1 200 °C) a následným ochlazením na volném vzduchu nebo v hale při teplotě cca 20 °C.

Žhání ke snížení pnutí (600 až 630 °C)

Provádí se za účelem snížení vnitřního pnutí u dílců, které vznikají při předchozím tepelném zpracování, mechanickém zpracování, svaření, nebo tuhnutí odlitku ve formě. Zařazuje se obvykle po normalizačním žhání, kdy mohou pnutí v dílci do táhnout až 1/3 meze kluzu. Teplota žhání je co nejbližší Ac1, nesmí ji však překročit, obvykle se provádí za teplot 600-630°C s výdrží na teplotě 1-10hodin. Ohřev i ochlazování musí být pomalé.

Popouštění je tepelné zpracování materiálu, během něhož se vhodným ohřevem ovlivní jeho vlastnosti, zejména se odstraňuje vnitřní pnutí. V praxi se používá u zakalené oceli, slitin a nezelezných materiálů (hliník, sklo). Provádí se pomalým ohřátím materiálu na tzv. popouštěcí teplotu, která je nižší než teplota tání, a to v tzv. popouštěcích pecích.

Vrubová houževnatost - Poměr práce potřebné k porušení (přeražení) zkušební tyče a jejího nejmenšího průřezu v místě lomu. Vrubová houževnatost je při dané teplotě charakterizována jako schopnost materiálu plastické deformace při koncentraci napětí a velké deformační rychlosti. Vrubová houževnatost je jedním z výsledků vrubové zkoušky rázem; tyto zkoušky se zpravidla provádějí na kyvadlovém kladivu (tzv. Charpiova zkouška).

Tvrдость - Mechanická vlastnost materiálu projevující se jako odpor proti vniknutí cizího tělesa. Měří se zkouškou tvrdosti různými způsoby, např. Brinellovou zkouškou, kdy je kulička daného průměru zatlačována do povrchu zkoušeného tělesa.

Tabulka 6 - Směrné chemické složení osvědčených nízkolegovaných žárupevných ocelí											
Jakost	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	W	Nb	Ostatní	Pracovní teplota
	[hmot. %]										[°C]
EN 10027-1 EN 10027-2 ASTM											
10CrMo9-10 1.7380 T/P22(213)	0,14	0,50	0,80	2,5	-	1,10				Al 0,01	545
10CrMoWV T/P23 HCM25	0,10	0,50	0,60	2,5	-	0,25	0,30	1,50	0,80	N 0,010 B 0,006 Al 0,03	550
7CrMoV (TiB)-1010 1.7378 T/P24	0,09	0,45	0,70	2,5	-	1,10	0,30			N 0,010 B 0,007 Ti 0,10 Al 0,02	550

Žárupevné oceli a jejich chemické složení

Materiály pro konvenční kotle

10CrMo9-10

Materiál	Fe	Al	C	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	S	Si	Ti	V	W	Ostatní (max)
15313	min	zbyt	0.08		2.0		0.40	0.9						0.15				
	max		0.15		2.5		0.8	1.1				0.035	0.035	0.40				

13CrMo4-5

Materiál	Fe	Al	C	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	S	Si	Ti	V	W	Ostatní (max)
15121	min	zbyt	0.10		0.7		0.40	0.40						0.15				
	max		0.18		1.3		0.7	0.6				0.040	0.040	0.35				