

Příklad skrytě se rozvíjejícího defektu pod ochrannou protikorozní vrstvou a přijatá nápravná opatření

Zachycování oxidu siřičitého ze spalin je na tepelných elektrárnách v provozu již řadu let. S větším nebo menším úspěchem jsou používány různé systémy. U všech je ovšem nutné řešit korozní ochranu ocelových částí technologie proti korozně agresivním spalinám a případně kondenzátu z nich. Jedním z používaných povlaků je povlak z pryže. Protikorozní ochrana kovových částí přicházejících do styku se spalinami pogumováním (ruberlingy) se osvědčila jako funkční a ekonomicky výhodná. Tímto způsobem jsou chráněny nejen vlastní kouřovody, ale v některých případech i vnitřní trubky komínů. Spojení dvou materiálů s výrazně odlišnými mechanickými vlastnostmi v sobě skrývá kromě výhod i riziko skrytého růstu defektů v nosných ocelových částech. Příspěvek popisuje jeden konkrétní příklad, který byl zjištěn v okamžiku blížícím havárii velkého rozsahu (přímé ohrožení životů a značné ekonomické ztráty) a následné kroky k okamžitému provizornímu zajištění konstrukce a ke konečné opravě. Příklad je zajímavý i tím, že se na vzniku havarijní situace podílelo jiné, s havarovanou částí na první pohled nijak nesouvisící technologické zařízení, vzdálené několik desítek metrů.

S rozličnými poškozeními částí vysokých válcových skořepin i průmyslových komínů se setkáváme poměrně často. Vysoké namáhání často v kombinaci s materiálovými problémy a různými výrobními a montážními vadami vede ke vzniku celé škály defektů od imploze komínových vložek až po defekty typu trhliny. Protože rozhodující většina komínů (Pozn. výraz komín je zde použit jako název i pro různá technologicky pojmenovaná zařízení) je pravidelně kontrolována, jsou defekty obvykle zjištěny před tím, než dosáhnou velikosti ohrožující integritu komína. Základem kontrol komínových těles je vizuální kontrola. U povrchů nosných částí, které je nutné chránit před korozním účinkem spalin je situace komplikovanější. Části pracující s odsiřovanými, resp. odsiřenými spalinami jsou korozně velmi exponované. K ochraně před přímým účinkem korozně agresivních spalin se používá překlátování deskami ze speciálních, obvykle niklových slitin, různé umělohmotné povlaky (vinylesterové, polymerní, epoxidové), vyzdívký (borosilikátové bloky) nebo pogumování. Všechny tyto ochrany prakticky znemožňují přímou vizuální kontrolu nosných ocelových částí, které chrání.

Zařízení popisované v příspěvku a výchozí stav

U absorberu (obr. 1) o celkové výšce 100 metrů byly v místě přechodu kuželové části do horní válcové části (výška cca 37 metrů) v roce 2009 zjištěny trhliny v ocelovém plášti.

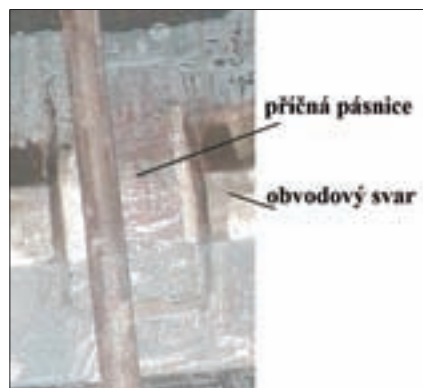
Tyto trhliny byly provizorně opraveny (obr. 2) přivařením plechových záplat na vnitřní povrch a vnitřní povrch byl po provedené opravě znovu pogumován.

Konečné řešení opravy si provozovatel naplánoval v rámci generální opravy bloku č. 6 v roce 2011. Po odstavení byla provedena kontrola na místě. V místě obvodového svaru byla zjištěna vada typu trhliny v délce cca 5 metrů (cca 40 % obvodu) a při silnějším větru docházelo k rozevirání této trhliny o několik centimetrů. Bezprostředně tak hrozila možnost dolomu. Proto byla pro odvrácení bezprostředního rizika na vnitřní povrch přivařena nejdříve krátká (obr. 3), a následně dlouhá příčná žebra.

Vlastní trhlina procházela tepelně ovlivněnou oblastí svarového spoje, a to jak na straně kuželové,



Obr. 1 – Pohled na zařízení. Šipka vyznačuje místo defektu



Obr. 2 – Oprava trhliny v roce 2009

tak i na straně válcové části (obr. 3), mezi kterými přecházela příčnými trhlínami ve svarovém kovu. Reálná byla tedy i možnost zabíhání čela trhliny do základního materiálu. Vzhledem k počtu a rozsahu jednotlivých zásahů do obvodového svaru a jeho okolí bylo možné očekávat i strukturální problémy, vzniklé tepelným ovlivněním při jednotlivých opravách, které se mohou projevit na pevnostních a únavových charakteristikách materiálu v místě přechodu.

Řešení

Vlastní řešení situace je možné rozdělit do dvou etap. První se týkala okamžitého zabezpečení cylindrické části o výšce cca 60 metrů proti pádu do prostoru elektrárny. S touto etapou se začalo prakticky okamžitě. Kolmo na směr trhliny byla přivařována nejprve krátká žebra, současně se vyráběla dlouhá žebra. Byla přijata organizační opatření, která omezovala přístup lidí do oblasti

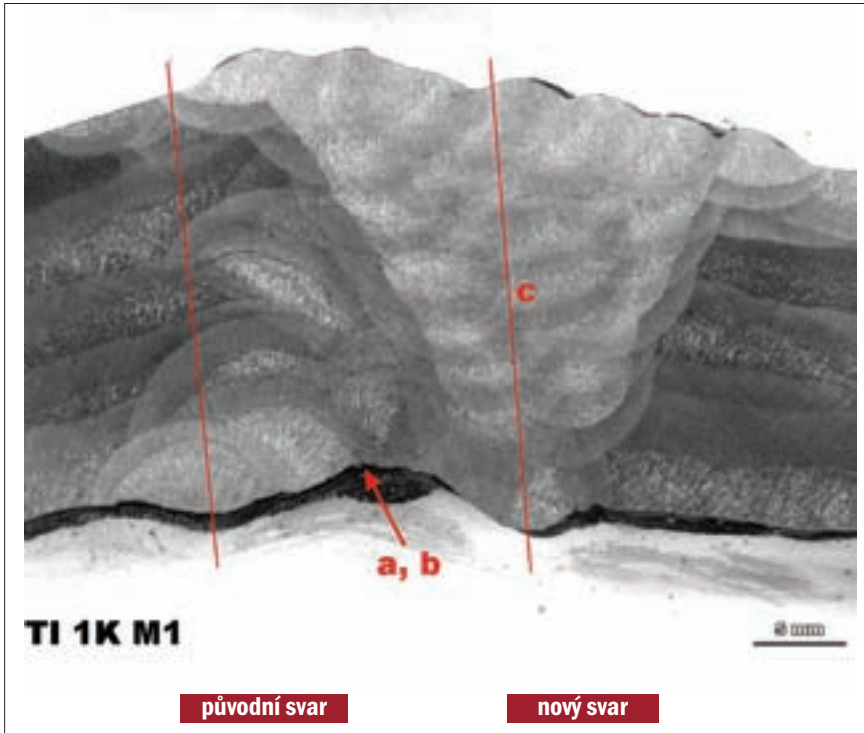


Obr. 3 – Obvodová trhlina a zajišťovací krátká žebra

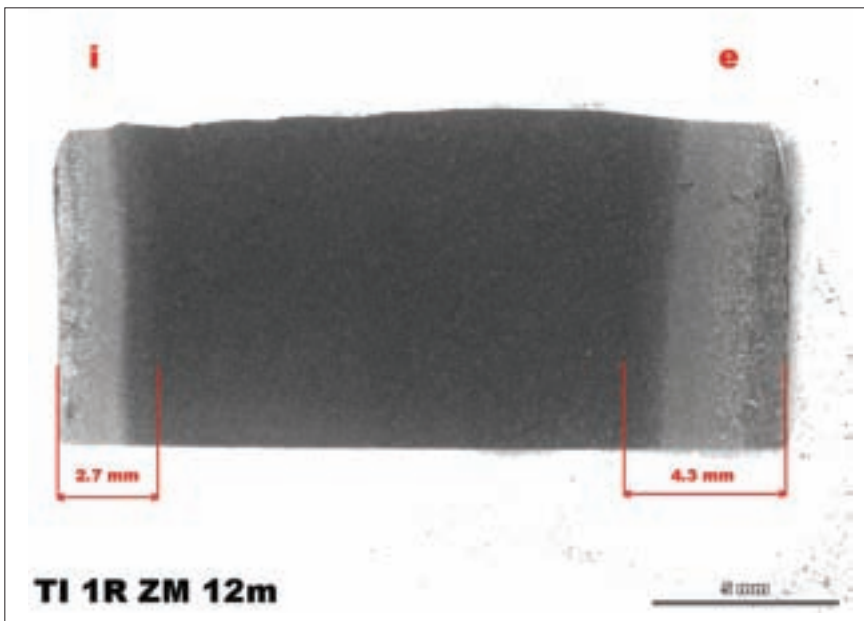
možného pádu ve vazbě na stav počasí, zejména větru. Souběžně se rozběhla i druhá etapa, a to etapa opravy, která byla časově omezena termínem konce odstávky. Paralelně tak musely probíhat metalografické práce na posouzení stavu materiálu v okolí trhliny, posouzení kvality svarových spojů mezi novými výztužnými žebry a původním materiálem, podrobnější zdokumentování stavu ocelového pláště, kontrola správnosti a doplnění rozměrů do dostupné dokumentace provedení, návrh úprav a možných zásahů do konstrukce, který by nebyl podmíněn rozsáhlejší demontáží vnějších konstrukcí přidělaných na plášti komína (ochozy, žebříky, měřicí buňka atd.), příprava výkresové dokumentace nových částí, zajištění jejich výroby a vyřešení montáže konečného provedení.

Posouzení možnosti vybroušení trhliny a její opětovné zavaření

Jako první (teoreticky nejjednodušší) varianta



Obr. 4 – Makrosnímek opraveného svaru. Na snímku je vyznačen starý a nový svar, kořenová trhlina (a, b) místa snímkování svarového kovu (c) a linie měření tvrdosti HV10



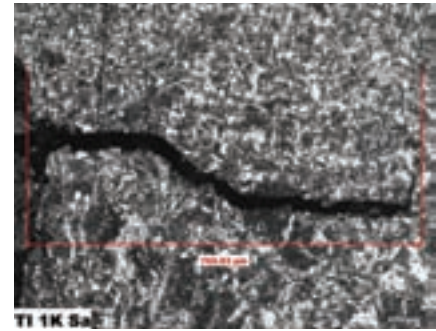
Obr. 7 – Základní materiál válcového pláště v oblasti mimo TOO (120 mm daleko). Makrosnímek. Naleptané výbrusové plochy s patrnými vrstvami teplotního ovlivnění na vnitřním (i) i vnějším (e) povrchu

byla posuzována možnost opravy původních svarových spojů. Byla zpracována svářečská dokumentace pro ruční svařování obalovanou elektrodou. Na malé části obvodu byla po vybroušení provedena nedestruktivní kontrola ultrazvukem, která nezjistila žádný defekt typu trhlinka, následně byl proveden kontrolní svar. Opravené místo bylo vyříznuto a podrobena kontrole pomocí světelné metalografie, měřením tvrdostí a provedením tahové zkoušky v místě opraveného svaru.

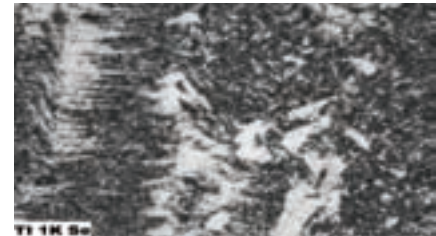
Mikrostruktura hodnoceného svarového spoje byla málo přehlednou směsí velkého množství

tepelně ovlivněných oblastí. Strukturální heterogenita je zřejmá z makrosnímku na obr. 4.

Z metalografického posouzení vyplynuly pro další postup dva podstatné závěry. Prvním byl nálezh trhlín po provedení opravného svaru v místech, kde před provedením nebyly zjištěny (obr. 4). Druhým bylo zdokumentování strukturálního stavu daleko mimo oblast svarového spoje, které bylo provedeno na základě strukturálního stavu svarového kovu základního materiálu. Potvrdilo se, že povrchy a to jak vnitřní, tak vnější vykazují výrazné tepelné ovlivnění. Jejich feriticko-perlitická struktura má v závislosti od vzdálenosti od



Obr. 5 – Obvodový svar. Nezjištěná a nevybroušená trhlinka v kořeni původního svaru. Poloha trhliny je na mikrosnímku obr. 4 vyznačena a, b. Zvětšeno 160x



Obr. 6 – Obvodový svar. Detail struktury původního svarového kovu. Uspořádání na levé straně svědčí o nevhodných tepelných pochodech při montáži jednotlivých skruží (svařování na stavbě). Zvětšení 800x

povrchu widmannstättenovo uspořádání dále strukturu velikostně heterogenních zm s ovlivněným perlitem a postupným přechodem do jádra. Popisované strukturální jevy jsou ukázány na obr. 5 a 6. Na obrázku 7 jsou zviditelněny oblasti tloušťky tepelného ovlivnění základního materiálu mimo TOO svaru. Podrobnějším rozbohem byly v okolí obvodového svaru zjištěny strukturální stavy materiálu, které by bylo možné vysvětlit například „zimním svařováním“. Při těchto postupech se místo montážního svarového spoje ohřívá pomocí hořáků. Tím se na vzdálenějších částech konstrukce rozehrívá sníh a námraza a voda stéká stružkami do oblasti montážního svaru. Předmětem prací ovšem nebyl návrat do doby výstavby, ale posouzení možnosti opravy.

Na základě provedeného posouzení byla varianta prostého zavaření zamítnuta a bylo nutné řešit kromě úpravy nosné konstrukce i problém postupného vsazování segmentů nového prstence. Vyhodnocení (mechanické a i strukturální) kontrolních svarů pro kombinaci nového materiálu a stávající plášť mimo obvodový svar s tloušťkou potvrdilo možnost tyto svary provést v ještě přijatelné kvalitě.

Prohlídka stavu na místě a doplnění rozměrů

Prohlídka z vnitřní a po sejmutí izolace i z vnější strany v okolí přechodu kuželové a válcové části (obr. 8) potvrdila pevnostní problémy i na spojích vnějších žebor se zesilujícím prstencem (obr. 9). Byly doměřeny pomocné konstrukce, které nebyly zaznamenány v dokumentaci a s provozovatelem byly upřesněny jeho nároky na zachování průchozích profilů.

Návrh konstrukčních úprav

Vlastní návrh řešení byl založen na dosažení přerozdělení napětí pomocí přivařených žebor tak,

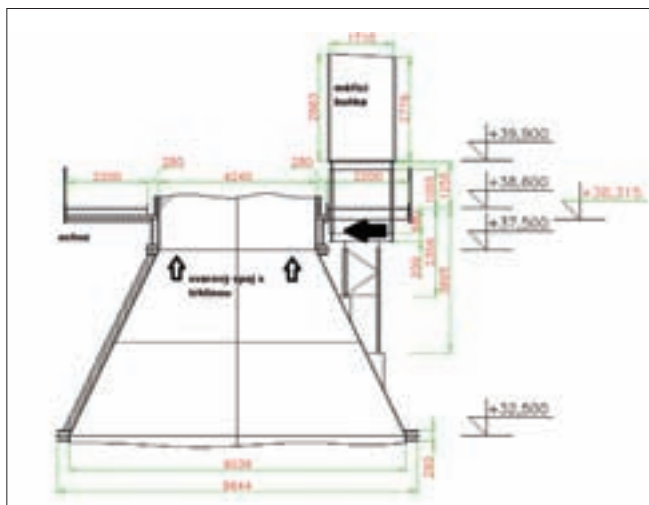
aby došlo k jeho poklesu v místě obvodového svaru (obr. 10). Návrh konstrukčních úprav bylo nutné pevnostně zkontrolovat. Pomocí MKP (výpočtový systém PMD) byl vytvořen model. Při zadávání vnějšího zatížení bylo nutné zohlednit, že komín leží na Kármánově stezce za vedle stojícím komínem (obr. 11). Zatížení byla po kontrole převzata ze studie brněnského ÚAMU.

Provedené výpočty ukázaly, že pouhé zesílení z vnější strany je nedostatečné. Proto byla přidána žebra i z vnitřního povrchu. Postupnými výpočty, při kterých byly prováděny úpravy provedení a počtu žebor bylo precizováno provedení se šestnácti žebry symetricky rozdělenými po obvodu (i když vlastní zatížení komína je nesymetrické). Touto úpravou bylo nalezeno pevnostně vyhovující řešení (obr. 12 a 13), které nekoliduje s ostatními částmi původní konstrukce a nezasahuje do pochůzných profilů.

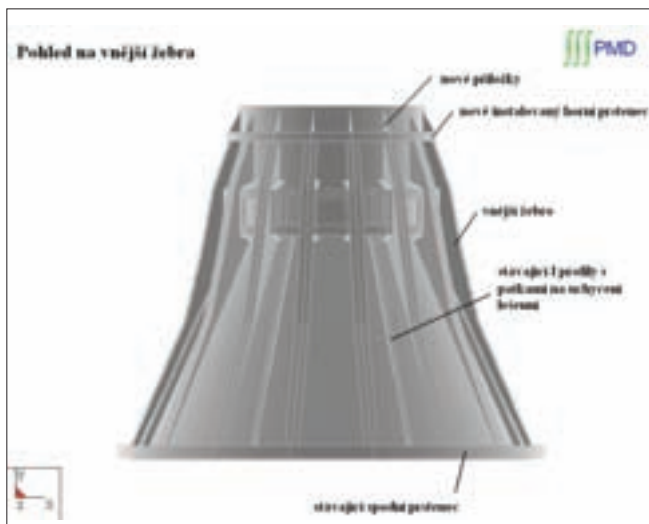
Projekce a montáž

Montáž spojená s výměnou prstence na kótě 37,5 m byla vyhodnocena jako riziková. Výpočtově byly zjišťovány maximální délky vyměňovaného pláště po obvodu (viz obr. 14) postup přivařování jednotlivých žebor ve vztahu k přerušování prací v nočních hodinách, nebo při změně počasí.

Jednotlivá žebra byla vyrobena mimo elektrárnu a na komín pouze přivařena. Tvar komína v místě přechodu není ideální a projektant musel nejprve vyrobit šablonu vnitřního i vnějšího žebra a na příslušné povrchy na obvodu si doměřit korekci od teoretického stavu u každého žebra tak, aby pokud možno co nejlépe byla zachována kořenová mezera připojovacích svarů. Polotovary takto „přilícované“, žebra byly vypáleny a svařeny. Vlastní montáž potom probíhala s pomocí 120 m pojízdného jeřábu, který



Obr. 8 – Dispoziční uspořádání v místě vady



Obr. 10 – Pohled na vnější žebra a přidání prstenců

jednotlivá žebra spouštěl jak na místa přivařování na vnějším plášti, tak dovnitř komína (obr. 15).

Závěr

Díky mimořádné vstřícnosti velkého počtu lidí různých profesí z řady organizací se podařilo vyřešit rozsáhlý defekt na ocelovém plášti komína, který mohl dosáhnout svojí velikostí díky výrazně vyšší hodnotě modulu pružnosti pryžového pokrytí. Důvodem tohoto příspěvku je snaha upozornit na toto nebezpečí i ostatní provozovatele technologických celků s pryžovou ochranou proti korozi.

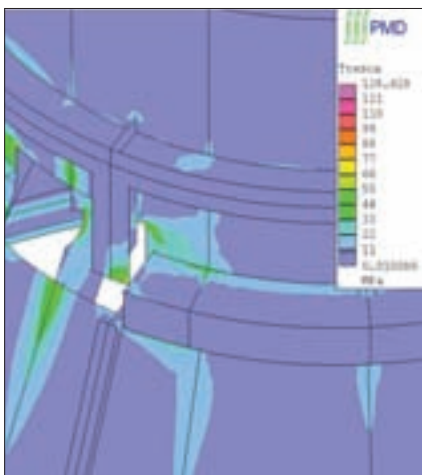
Ing Karel Bejr,
ČEZ, a.s. - OJ Teplárny, lokalita Tisová
Ing. Ladislav Horváth, CSc., Ing. Eugen Ohanka,
VAMET s.r.o.,
Ing. Milan Kolovrat,
ENGO servis s.r.o.
Milan Kriško,
LEMONTA s.r.o.



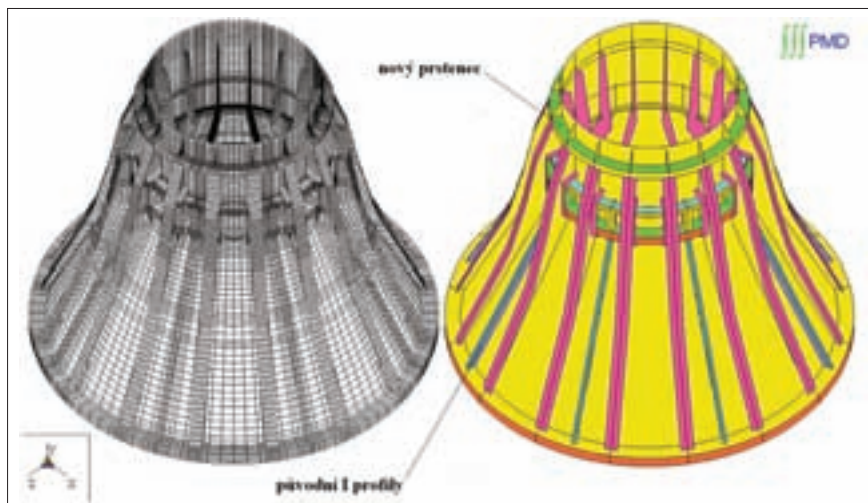
Obr. 9 – Pohled na přechod kuželové a válcové části zvnějška a detail spoje žebra s prstencem



Obr. 11 – Pohled shora se schématickým vyznačením obtékání vzduchem



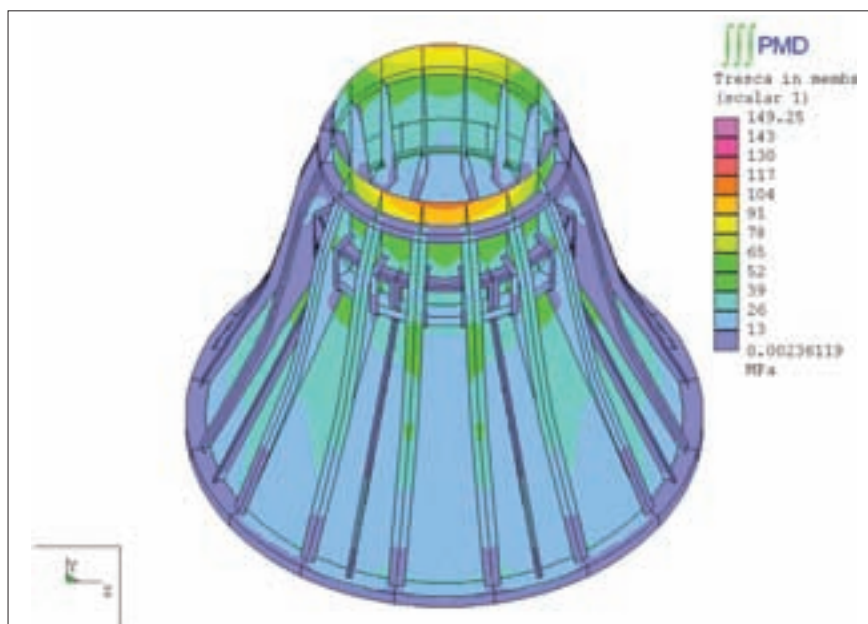
Obr. 14 – Komin bez 1 m segmentu. Redukované membránové napětí Tresca



Obr. 12 – Výpočtová síť a úpravy s vyznačením tlouštek



Obr. 15 – Vkládání žebírek do komína



Obr. 13 – Izplochy redukovaného napětí při jednom ze zatěžovacích stavů

Example of a hidden defect developing under the protective anti-corrosion layer and the corrective measures taken.

Over several years sulphur dioxide from burnt gases in heat plants is caught. Various systems are used with greater or lesser success. However, in all cases the corrosion protection of steel parts of the equipment against corrosive burnt gases and the condensate from them must be resolved. One used coat is from rubber. The anti-corrosion protection of metal parts in contact with burnt gases by rubberizing has been well established as functionally and economically beneficial. This can be used to protect not only chimney flues but, in some cases, the inside tubes of chimneys. Linking two materials with significantly different mechanical properties has, in addition to some advantages, also the risk of hidden defects in load-bearing steel parts increasing. The article describes one specific case which was ascertained at the moment of an extensive accident (direct threat to lives and large economic loss) and the consequent steps for immediately temporarily securing the construction and final repair. The example is interesting because the emergency was caused by other equipment not related to the failed part on the first site several tens of metres from the accident.

Пример скрытого развивающегося дефекта под защитным антикоррозийным слоем и принятые необходимые меры

Улавливание сернистого оксида из продуктов сгорания происходит на теплоэлектростанциях уже несколько лет. С большим или меньшим успехом используются различные системы. Но у всех возникает проблема антикоррозийной охраны стальных частей от агрессивных продуктов сгорания или их конденсата при технологических процессах. Одним из часто используемых покрытий является каучуковое покрытие. Антикоррозийная защита металлических частей, находящихся в соприкосновении с продуктами сгорания с помощью «прорезинивания» (т.е. нанесения защитного слоя резины на поверхность) зарекомендовала себя, как хорошо функционирующая и экономически выгодная мера. Этим способом защищаются не только дымоотводы, но в некоторых случаях и внутренние тубусы труб. Соединение двух материалов с различными механическими свойствами скрывают в себе риск образования и роста дефектов в несущих металлических частях. Статья описывает один конкретный случай, который был обнаружен в момент приближающейся крупной аварии (прямая угроза жизни и значительные экономические потери) и последующие шаги немедленного временного укрепления конструкции и поэтапная полная реконструкция объекта. Пример интересен ещё и тем, что возникновение аварийной ситуации спровоцировало технологическое оборудование, на первый взгляд совершенно не связанное с аварийной частью и удалённое от места поломки на несколько десятков метров.