

Účinnost odsíření dosáhne v Elektrárně Tušimice II celých 98 %

V rámci komplexní obnovy Elektrárny Tušimice II bylo rovněž rozhodnuto postavit nové a moderní odsiřovací zařízení. V tušimické elektrárně je již od poloviny 90. let v provozu odsiřovací zařízení (reaktory typu Jet Bubbling Reactor od firmy Chiyoda), které ale z hlediska hospodárnosti, snadné udržovatelnosti a disponibility již nevyhovovalo požadavkům provozovatele, společnosti ČEZ, a. s. Navíc uhlí, které se zde bude v budoucnu spalovat, vykazuje vyšší obsah síry, takže bude docházet k vyšším vstupním koncentracím SO_2 . Z těchto důvodů vypsal generální dodavatel projektu ŠKODA PRAHA Invest s.r.o. výběrové řízení a posléze pověřil firmu AE&E Austria GmbH & Co KG (AE&E Austria) realizaci zařízení na odsíření kouřových plynů, které odpovídá posledního stavu světové úrovně techniky. Je to doslova nejlepší reakce na současné a očekávané legislativní snížení přípustných hodnot emisí.

Elektrárna Tušimice II spaluje hnědé uhlí ve čtyřech blocích, každý o výkonu 200 MWe. Obsah síry v hnědém uhlí z okolí Tušimic vykazuje, ve srovnání s jinými hnědouhelnými elektrárnami, velmi vysoké hodnoty. Proto muselo být odsiřovací zařízení dimenzováno na obsah kyslíčnicku siřičitého o hodnotě 11 600 mg/Nm³ při objemu spalin cca 850 000 Nm³/h z jednoho bloku. Úkolem bylo snížit obsah SO_2 ve vyčištěných spalinách na hodnotu pod 200 mg SO_2 /Nm³, což odpovídá hodnotě účinnosti odsíření přes 98 %.

Jako nejvhodnější byla zvolena technicky vyzrálá a osvědčená technologie mokré vápencové vypírky. Při tomto procesu vstupují spaliny do spodní části absorberu. V horní části absorberu je instalováno pět sprchových rovin, z nichž je kouřový plyn protiprouděně sprchován směsí vápencové a sádrovcové suspenze, která absorbuje SO_2 z kouřových spalin. V jímce absorberu dochází pak (po přisadě vzduchu) k přeměně absorbovaného SO_2 na sádrovec, který je následně zahušťován a odvodňován. V závislosti na vlhkosti a stupni vyčištění lze pak sádrovec ukládat na skládku nebo uplatnit jako materiál využitelný ve stavebnictví. V Elektrárně Tušimice II byla přijata koncepce dvoublokového uspořádání, tj. pro dva bloky je instalován jeden absorber.

Rozsah dodávky

Kompletní obnova elektrárny byla plánována ve dvou fázích, přičemž dohromady s dvěma kotli, turbínami a elektroodlučovači je zřizována vždy jedna odsiřovací jednotka. Rozsah dodávky AE&E Austria zahrnuje kouřovody surových spalin (od rozhraní za kouřovými ventilátory), dále absorbery, oběhová

čerpadla, kompresory oxidačního vzduchu, čerpací stanici, kouřovod čistých spalin, vyprazdňovací nádrží a nádrží procesní vody, čerpací budovu a budovu elektro (rozvodnu odsíření), včetně stavební části příslušných objektů a demontáže starého zařízení. Nezbytná modernizace vápencového hospodářství a sádrovcového hospodářství byly provedeny firmou Klement, a.s., elektroinstalace a řízení procesu firmou Siemens s.r.o.

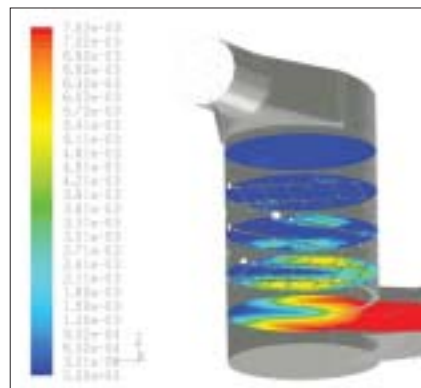
Simulace proudění

V absorberu, provedeném ve formě rozstříkovací věže, je velkým množstvím trysek rozstříkovaná promývací suspenze jemnými kapičkami tak, aby byla vytvořena co největší plocha k přechodu látky. Vedle chemických procesů má rovněž dynamika fluidních částic značný vliv na efektivitu absorberu. Z tohoto důvodu může nesouměrné proudění na vstupu surových spalin do absorberu, neoptimalizované umístění rozstříkovacích rovin a vestaveb absorberu, resp. nesprávné umístění sprchovacích trysek, způsobovat tzv. obchvatové efekty, které značně redukuje stupeň odsíření. Na základě těchto poznatků AE&E Austria od poloviny 90. let provádí rovněž trojrozměrné a dvofázové CFD simulace (Computational Fluid Dynamic Simulation) k výpočtům rozložení proudění v absorberu. K tomuto byly vyvinuty modely a standardní výpočtové programy, které byly s postupem času dále značně zdokonaleny. Původně bylo pro CFD simulace použito programu AVL Fire. Od roku 2005 se výpočty provádějí pomocí programu Fluent, čímž bylo dosaženo značného zkrácení doby výpočtových procedur

a výrazného zjednodušení vytváření síťového rástru. Tyto komerční programy pro CFD byly pro konkrétní použití při návrhu absorberu doplněny uživatelskými procedurami (doplňkovými programy), které vycházejí z dlouholeté spolupráce s Ústavem pro procesní technologii průmyslové ekologie Báňské university v Leobenu (Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes am Montanuniversität in Leoben). Podíl AE&E Austria přitom spočívá v tom, že se propočítává dvofázové proudění, které se v absorberu výrazně projevuje, pomocí věty Euler-Lagrange. Při simulování se zohledňují geometrické podmínky absorberu a jeho vestaveb, umístění a hlavní charakteristiky použitých trysek, vzájemný vliv kapek suspenze na spaliny a stěnu absorberu a rovněž složení promývací suspenze. Pomocí vlastních



3D model absorberu



Hmotnostní podíly SO_2 v různých průřezech

výpočtových standardů se propočítává látkový přechod SO_2 z plynné do kapalně fáze a přenos tepla. Tím lze spočítat profily SO_2 tak, jak jsou znázorněny na obrázku výše. Tímto přístupem jsou zobrazeny prakticky všechny procesy, které lze považovat za relevantní pro proudění a látkovou výměnu v absorberu, a lze dobře spočítat i lokální

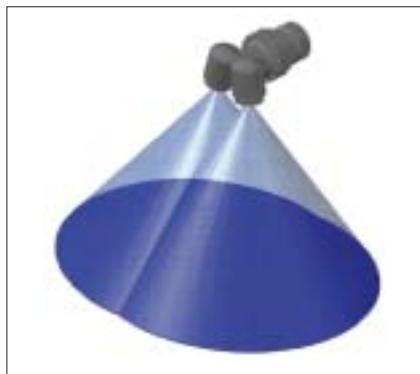
Popis		Průměrné množství spalin (na 1absorbér)	
Spaliny such.	Nm ³ /h	1 391 000	
SO_2 ve spalinách such.	mg/ Nm ³	11 600	
Spaliny vlhk.	Nm ³ /h	1 690 000	
SO_2 ve spalinách vlhk.	mg/ Nm ³	9 570	
Teplota	°C	180	
Složení spalin		vstup	výstup (max.)
SO_2 ve spalinách such.	mg/ Nm ³	11 600	200
Cl	mg/ Nm ³	max. 40	10
HF	mg/ Nm ³	max. 90	5
koncentrace TZL	mg/ Nm ³	max. 120	30
Další údaje ke spalinám			
stupeň odsíření	%	> 98,3	
vlastní spotřeba el.energie	kWh/h	4 930	
tlačková ztráta	kPa	2,87 / 2,94	
disponibilita	%	> 99	

Údaje ke spalinám, Tušimice II

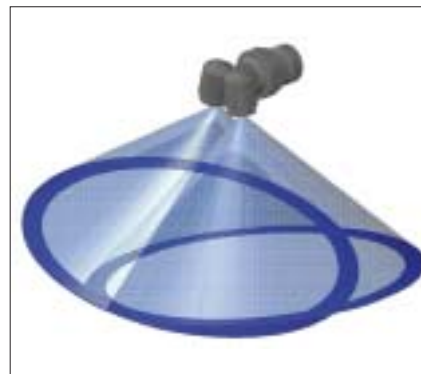
poměry v absorběru. Zvláštní pozornost je přitom kladena na zobrazení rozstříkacích charakteristik sprchovacích trysek, neboť promývací kapalina vytváří podstatnou část tlakové ztráty a podstatně ovlivňuje proudění plynů v absorběru. Tímto lze, na základě poznatků získaných ze simulace CFD, cíleně osadit určené oblasti rozstříkacích rovin určitými tryskami. Správnost výsledků CFD simulace byla ověřena náročnými měřeními profilů SO_2 a srovnáním mezi vypočtenými a naměřenými lokálními koncentracemi SO_2 . Shoda hodnot potvrdila přesnost CFD simulace. AE&E Austria má tímto k dispozici vyzrálý nástroj, který je nadále zdokonalován a který umožňuje optimální návrh absorběru z hlediska stupně odsíření a hospodárnosti. Rovněž pro odsířovací zařízení v Tušimicích byla k technickému plánování absorběru použita CFD simulace. Obsah SO_2 ve spalinách je velmi vysoký – přes 11 000 mg/Nm³. Podle běžných projektových kritérií by se zde mělo počítat s šesti rozstříkacími rovinami (úrovněmi). Díky výsledku CFD simulace jsme uspořili šestou rovinu, a tím přispěli ke značné redukci v investičních a provozních nákladech na zařízení.

Technologie, materiály

Samotné válcovité absorběry pro Elektrárnu Tušimice II jsou z uhlíkové oceli. Z hlediska protikorozní ochrany byl vnitřek absorběru a všechny vestavby z uhlíkové oceli opatřeny pogumováním z brombutylkaučuku. Ve vstupní části absorběru ale není pogumování jako protikorozní ochrana z důvodu příliš vysokých teplot možné. Proto bylo rozhodnuto použít zde vysoce kvalitní slitiny Alloy 59, která trvale odolává korozivním podmínkám v tomto prostoru zařízení. Jak jsme již uvedli, každý z obou absorběrů je vybaven pěti rozstříkacími rovinami, přičemž přes každou obíhá více než 10 000 m³/hod. propírací suspenze z jímky absorběru. Tato suspenze je rozstříkována více než 100 tryskami v každé rovině a absorbuje ze spalin každou hodinu více než 8 000 kg kyslíčnicku siřičitého. V konstrukci rozstříkacích rovin sehrává důležitou roli taktéž uspořádání rozličných typů trysek. V podstatě lze rozlišovat mezi tryskami s dutým nebo s plným kuželovým rozstříkem. Tryska s dutým kuželovým rozstříkem rozprašuje suspenzi jako plášť kužele, zatímco tryška s plným kuželovým rozstříkem suspenzi rozstříkuje rovnoměrně po celém průřezu rozprašovacího kužele. Tím se lokálně dosáhne rovněž vyšší hodnoty odporu plynu než v případě trysky s kuželem dutým. Na základě těchto vlastností lze cíleně ovlivňovat vlastnosti proudění spalin. Na stejném principu dochází k rozpoznání průniků (oblastí s větším zatížením SO_2), které lze v návrhu absorběru optimalizovat. Jako materiál pro rozstříkací roviny byl pro zařízení v Tušimicích zvolen polypropylen (PP). Oproti tomuto materiálu má sklolaminátový materiál (GFK) sice lepší pevnostní vlastnosti, především při vyšších teplotách, polypropylen je však značně odolnější proti abrazi. Činí jej tak velmi vhodným k použití při mokřém odsířování spalin. Nad rozstříkacími rovinami je umístěn dvojstupňový odlučovač kapek, který



Tryska s plným kuželovým rozstříkem



Tryska s dutým kuželovým rozstříkem



Navíjecí stroj

zajišťuje, aby nebyla čistící suspenze vynášena do proudu vyčištěných spalin. Přitom se spaliny vedou přes ohnuté lamely a těžké, pomalé kapky se na lamelách odlučují. Úlet kapek se tak omezí na hodnoty pod 100 mg/Nm³. Pravidelným proplachováním jednotlivých polí odlučovače kapek se zamezuje zanášení lamel.

Nouzové chlazení

Ačkoliv spaliny vstupují do absorběru s průměrnou teplotou nad 150 °C, nevytváří tím nebezpečí pro teplotně citlivější materiály, pokud je v provozu alespoň jedno oběhové čerpadlo, a zajišťuje tak chlazení spalin. Ke kritickým situacím může dojít, když z důvodu poruchy oběhová čerpadla vypadnou a horké neochlazené spaliny dojdou k teplotně citlivějšímu pogumování, polypropylenovým rozstříkacími rovinám či odlučovačům kapek. K tomu, aby vestavby absorběru byly i v případě poruchy chráněny proti přehřátí, slouží systém nouzového chlazení. Ještě v kouřovodu surových spalin, v určité minimální vzdálenosti od vstupu do absorběru, se nachází rozdělovací systém, kterým je možno vstříknout vodu pro nouzové chlazení. Pro zajištění co největší bezpečnosti jsou pneumaticky ovládané klapky, které se při selhání přívodu proudu automaticky otevřou, instalovány v dvojitě provedení. Voda pro toto nouzové chlazení se odebírá

z nádrží, které jsou speciálně pro tento účel instalovány ve výšce zhruba 40 m, a dostává se gravimetrickým principem do systému nouzového chlazení. Voda v množství cca 100 m³ zabezpečuje nouzové chlazení po dostatečně dlouhou dobu, tak aby bylo možno uvést výtlačné kouřové ventily do provozního stavu, který není absorběru nebezpečným.

Kouřovody čistých spalin

Mezi další komponenty odsířovacího zařízení stojí za zmínku lze uvést ještě kouřovody čistých spalin. Vyčištěné spaliny nejsou, tak jako ve starém zařízení, vedeny do komína, ale ústí do chladicí věže, která byla sanována. Vycházející vyčištěné spaliny jsou vtaženy sacím účinkem a rozptýleny do atmosféry. Značnou výhodou této varianty je, že spaliny nemusí být po vyčištění znovu ohřívány k odpovídajícímu rozptýlení emitovaných škodlivin. Drahá a z hlediska údržby náročná zařízení pro výměnu tepla mezi horkými surovými a studenými čistými spalinami tedy odpadají. Kouřovod čistých spalin je vyroben ze sklolaminátu (GFK) a je odolný proti korozi ze vznikajícího kondenzátu. Jedinečnost tohoto řešení je zdůrazněna tím, že doposud ještě v České republice nikdy nebyl postaven kouřovod ze sklolaminátu o takovémto rozměru. Délka kouřovodu prvního stupně přitom

TECHNOLOGIE
PRO BUDOUCÍ GENERACE.



ČISTÁ ENERGIE MADE IN AUSTRIA

Společnost AE&E Austria GmbH & Co KG (AE&E Austria) je předním mezinárodním dodavatelem provozů a systémů výroby energie a environmentální technologie. AE&E Austria projektuje a konstruuje elektrárny na klíč a dodává komponenty, jako jsou parní generátory a systémy čištění spalin. Dodavatelské produktové portfolio společnosti doplňují služby a modernizace.

Společnost se sídlem v Raabě u města Graz v Rakousku je charakterizována 150-ti lety zkušeností, mezinárodním know-how a nejvyšší úrovní technologické kvalifikace.

Produktovou řadu společnosti je možné rozdělit do tří hlavních skupin, které se navzájem ideálně doplňují:

**ENERGIE - PARNÍ GENERÁTORY | ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ – ČIŠTĚNÍ SPALIN |
SLUŽBY A MODERNIZACE |**



dosahuje při průměru 6,7 m více než 350 m. Doprava předvyrobených kusů kouřovodu nepřicházela z nákladově-technických důvodů v úvalu, a proto byla zřízena výrobní dílna přímo v areálu elektrárny, ve které byly díly kouřovodu vyráběny a předmontovávány. Předvýroba byla prováděna na horizontálním navijecím zařízení o průměru odpovídajícím kouřovodu. Na rotujícím trnu byly navijeny jednotlivé 10metrové díly – střídavě vždy vrstva skleněných vláken a vrstva pryskyřice až do dosažení určené tloušťky stěny. Jednotlivé kusy byly opatřeny vyztužovacími žebry a přírubami a skládány do potřebných délek. Takto předmontované díly byly pak zvedány a montovány v místech určení ve výšce zhruba 20 m. K tomu byly potřebné jeřáby, které prováděly operace, jež na stavbě odsiřovacího zařízení nejsou běžně k vidění. Například musel být jeden kus kouřovodu o hmotnosti více než 45 tun umístěn přes plášť chladicí věže do jejího vnitřku, přičemž bylo nutno překonat výšku přes 100 m. Nebo montáž další části kouřovodu, při které musel být zvedán nejtěžší díl kouřovodu o hmotnosti více než 60 tun na poměrně velkou vzdálenost.

Energosádrovec

Jak již bylo zmíněno, sádrovec, který v tomto zařízení vzniká, je zahušťován v hydrocyklonové stanici a odvodňován na vakuových pásových



Montáž kouřovodu čistých spalin

filtrtech. Nově instalované komponenty zařízení pro odvodnění sádrovce nebyly sice součástí dodávky AE&E Austria, představují přesto pro celkové zařízení význačnou součást. Odpadní vody z filtrů, které zde vznikají, jsou vedeny zpět do oběhového systému absorbéru, čímž bylo vyhověno požadavku na zařízení bez odpadní vody. Pouze když dosáhne koncentrace chloridů v čistící suspenzi příliš vysokých hodnot, které by mohly vést k technologickým provozním problémům, resp. problémům z hlediska možnosti zvýšené koroze na jednotlivých částech zařízení, dochází k odsunu části přepradu hydrocyklonu jako odpadní vody.

Termíny

Největší výzvou ovšem bylo zvládnout velmi náročné termínové úkoly, které stanovili investor a generální dodavatel. Smlouva o realizaci odsiřovacího zařízení vstoupila v platnost v červnu 2006 a již po 12 měsících, v červnu 2007, byly ke kompletní rekonstrukci v rámci I. fáze odpojeny od sítě oba bloky č. 23 a 24. K dispozici bylo pouze 12 měsíců pro veškeré plánování, což vedle projektování a výpočtů odsiřovacího zařízení obsahovalo rovněž plánování koordinace výstavby a zařízení staveniště. Velmi rychle, za pouhé dva měsíce, byly demontovány staré kouřovody, výměník tepla Ljungström a obě odsiřovací jednotky od firmy Chiyody. Toto bylo s ohledem na velmi krátkou dobu realizace nezbytné, protože nové zařízení firmy AE&E Austria muselo být postaveno na tomtéž místě, kde stály staré bublinkové reaktory. Jako u všech odsiřovacích zařízení představovala i výstavba absorbéru v Tušimicích kritickou cestu v termínovém postupu. Proto okamžitě po demontáži začaly práce na pilotáži a základech pro oba absorbéry a již pár měsíců po odstavení bloků č. 23 a 24 mohly být montovány první díly pláště absorbéru. Po plynulém startu se ovšem projeví problémy ze strany dodavatele plechu, což ohrožovalo veškeré milníky projektu. Pro další kroky byly navýšeny montážní kapacity a při

zařazení nočních směn bylo dokončeno pogumování absorbéru a jeho vestavěb. Tak mohla společnost AE&E Austria, i přes počáteční zpoždění, jako jeden z prvních dodavatelů předat včas veškeré předávací body pro instalaci elektro. Stalo se tak začátkem července 2008, po méně než 11 měsících od zahájení.



Oblast absorbéru ETU II

Závěr

Ze strany AE&E Austria byly náročné termínové úkoly splněny. V současnosti se bloky č. 23 a 24 nacházejí krátce před ukončením komplexního vyzkoušení. Nové odsiřovací zařízení se osvědčilo jako spolehlivé a stabilní zařízení. V další fázi dojde k odstavení bloků č. 21 a 22 a k zahájení demontáží ještě existujících bublinkových reaktorů. Absorbér pro bloky č. 21 a 22 je již postaven a kouřovod čistých spalin taktéž, tzn. zbývající činnosti lze bezproblémově v daném termínu dokončit. AE&E Austria prokázala své schopnosti a stala se spolehlivým partnerem pro generálního dodavatele, ŠKODA PRAHA Invest s.r.o., resp. investora, ČEZ, a. s. Důsledkem je pověření výstavbou odsiřovacích zařízení pro elektrárny v Pruněřově a Ledvicích.

**Klaus Bärnthaler,
Josef Loidl,**

AE&E Austria GmbH & Co KG

Efficiency of desulfurization shall reach 98 % in Power Plant Tušimice II

Within the complete reconstruction of Power Plant Tušimice II it was also decided to construct a new and modern desulfurizing facility. In Tušimice Power Plant there has been a desulfurization facility in operation since mid-1990s (reactor types „jet bubbling“ by Chiyoda) and due to economy, easy maintenance and availability did not comply with the requirements of the operator - the company ČEZ, a. s. Moreover, coal will be burned here in future and it shows higher contents of sulphur and as a result, there will be higher input concentrations of SO₂. As a result, the main project contractor ŠKODA PRAHA Invest s.r.o. announced a tender and then appointed the company AE&E Austria to perform the desulfurizing facility for waste gas corresponding to the latest state of the world technology level. It is the best possible reaction to the current and expected legislation decrease in acceptable emission levels. The article describes facility technology, used materials and outlined modelling and simulation of residue of combustion flow in this facility. The article also includes other interesting facts, such as performance of smoke stack of clean residue of combustion.

КПД десульфурации на электростанции Тушмице-II достигнет 98 %

В рамках комплексной реконструкции электростанции Тушмице-II было принято решение о постройке нового современного оборудования для десульфурации. На тушмицкой электростанции, начиная с середины 90-х годов, работало оборудование по десульфурации (реакторы типа „jet bubbling“ фирмы „Chiyoda“), которое, с точки зрения экономичности и простоты ухода, не удовлетворяло требования эксплуатирующей фирмы АО «ЧЭЗ». Уголь, который здесь в будущем будет сжигаться, имеет повышенное содержание серы, поэтому повысится концентрация SO₂ на входе. На этом основании Генеральным подрядчиком проекта ООО „ŠKODA PRAHA Invest“ был объявлен отборочный конкурс, и была выбрана фирма „AE&E Austria“ для поставки и монтажа оборудования по десульфурации отопительных котлов, соответствующих последним мировым достижениям техники. Это самая лучшая реакция на современное и предполагаемое снижение допустимых значений эмиссии в соответствии с законом. В статье описаны технология оборудования, применяемые материалы и выполнено моделирование и имитация потока продуктов сгорания в этом оборудовании. В статье приведены и другие интересные факты, например, о реализации проекта дымохода для чистых продуктов сгорания.