

DENOX kotlů K3 a K4 v Elektrárně Chvaletice

T-PROJECT GROUP, spol. s r.o.

Základní parametry kotlů K3 a K4

Typ kotle	průtlačný, dvoutahový s granulačním ohništěm, polovenkovního uspořádání
Označení kotle	PG 655
Výrobce	VŽKG Ostrava
Maximální parní výkon	650 t/h
Jmenovitý parní výkon	623,2 t/h
Jmenovitý elektrický výkon bloku	205 MWe
Minimální parní výkon bez stabilizace	293,4 t/h
Minimální elektrický výkon bloku bez stabilizace	95 MWe
Nejvyšší přetlak přehřáté páry	17,9 MPa**
Nejvyšší přetlak páry za přehřívákem	4,5 MPa**
Jmenovitý přetlak přehřáté páry	17,0 MPa
Jmenovitá teplota přehřáté páry	541°C (+/- 5°C)
Jmenovitá teplota přehřáté páry	541°C (+/- 5°C)
Jmenovitá teplota napájecí vody	245°C
Vstupní přetlak do přehříváku při jmen. výkonu	3,84 MPa
Výstupní přetlak z přehříváku při jmen. výkonu	3,64 MPa
Vstupní teplota páry do přehříváku při jmen. výkonu	334°C
Přetlak přehřáté páry při min. výkonu	16,4 MPa (15,7Mpa)
Teplota přehřáté páry při min. výkonu	541°C (+/- 5°C)
Teplota přehřáté páry při min. výkonu	541°C (530 - 546°C)
Teplota napájecí vody při min. výkonu	207°C
Vstupní přetlak do přehříváku při min. výkonu	1,8 MPa
Výstupní přetlak z přehříváku při min. výkonu	1,65 MPa
Vstupní teplota páry do přehříváku při min. výkonu	315°C

** otevírací tlak pojistných ventilů

Obecný popis rekonstrukce spalování kotlů K3 a K4

V rámci projektu Obnova dvou bloků v elektrárně Chvaletice provedla společnost T-Project Group, spol. s r.o. rekonstrukci spalovacího systému dvou granulačních kotlů, každý o maximálním parním výkonu 650 t/h. Cílem rekonstrukce bylo zlepšit některé provozní parametry kotlů a snížit emise oxidů dusíku NO_x pomocí primárních a sekundárních opatření pod 200 mg/Nm³ (vztaženo na 6% O₂ v suchých spalinách).

Nově nainstalované nízkoemisní uhelné hořáky se vyznačují vylepšenou koncepcí spalování uhelného prášku a jsou vhodné zejména pro retrofit kotlů klasických provedení. Provozně jsou hořáky výhodné zejména z důvodu dobré stability spalování i při značných změnách výkonu a dodržení emisních limitů oxidů dusíku NO_x . Dokonalejším spalováním se docílí vyšší účinnosti spalovacího procesu a tím i účinnosti kotle. Z hlediska mechanické odolnosti jsou práškové hořáky koncepčně navrženy tak, že prakticky nedochází k opalování exponovaných částí plamenem.

Návrh technického řešení

Rekonstrukce spalovacího systému kotlů K3 a K4 byla navržena takovým způsobem, aby byly eliminovány některé nedostatky, kterými se vyznačuje stávající spalovací zařízení (značné zanášení stěn spalovací komory, deformace ústí práškových hořáků, vysoká teplota sušících spalin aj.). Umístění 6 ks nových práškových hořáků je provedeno ve stejných místech kotle, jako tomu bylo u původních hořáků.

Je aplikováno použití dvou pásem dohořivacího vzduchu. První pásmo dohořivacího vzduchu tvoří 6 ks dyšen terciárního vzduchu, které jsou instalovány těsně nad hořáky. Nad každým hořákem je situována jedna dyšna terciárního vzduchu. Druhé pásmo dohořivacího vzduchu tvoří 10 ks dyšen, které jsou umístěny na úrovni cca 27,8 m. Návrh umístění obou pásem dohořivacího vzduchu byl kontrolován pomocí CFD simulace průběhu spalování kotle.

Návrh práškových hořáků

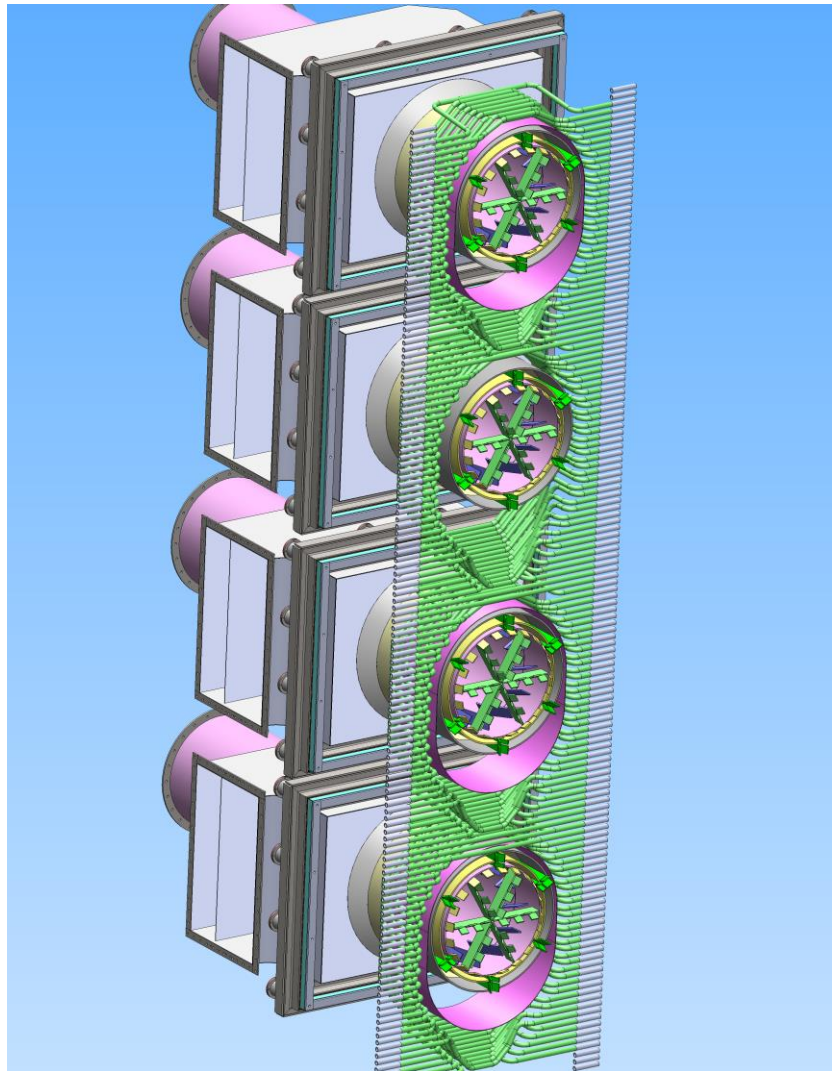
Instalované nové práškové hořáky (viz obr.1) jsou složeny ze 4 ks samostatných hořákových bloků, viz obr. 2 a 3. Hořákové bloky jsou kompaktního provedení se zaměřením na co nejrovnoměrnější a bezprostřední přívod spalovacího vzduchu k jednotlivým práškovým dyšnám.

Výhodou tohoto řešení je, kromě rychlého směšování spalovacího vzduchu s pomletým palivem na velké styčné ploše a rychlého zapálení hořlavé směsi, i skutečnost, že sekundární vzduch bezprostředně chladí práškovou dyšnu, čímž se minimalizuje riziko její tepelné deformace.

*Obr.1: 3D model
práškového hořáku
s výhyby*

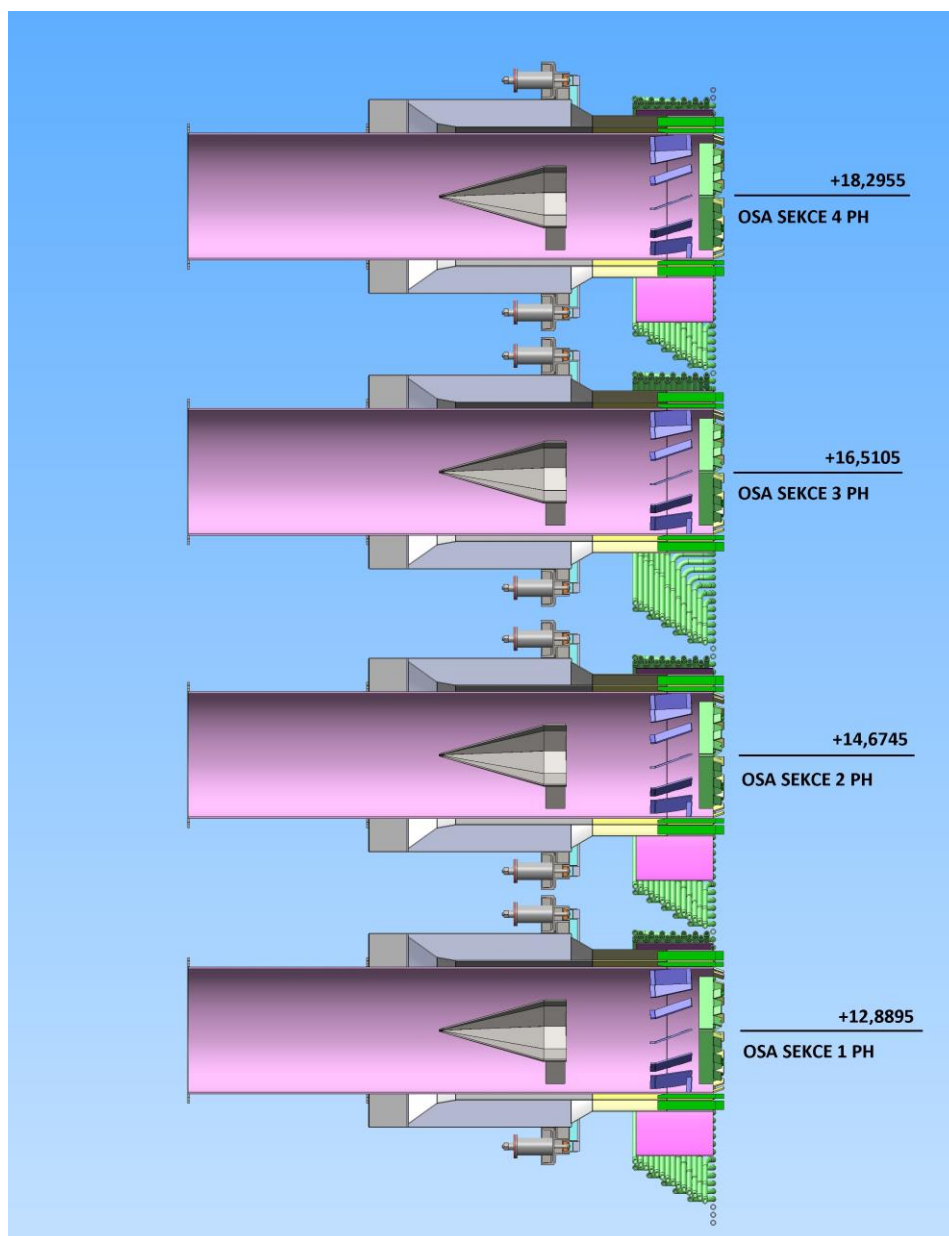
Rozměrová stálost ústí práškových hořáků je také zajištěna tím, že jednotlivé výstupy nemají obdélníkový, nýbrž kruhový tvar. Nový práškový hořák má díky většímu rychlostnímu skluzu mezi sekundárním vzduchem a uhlým práškem lepší směšování a stabilitu spalování než stávající hořáky.

Aby nové hořáky byly schopny zajistit s různými palivy co nejlepší kvalitu spalování v co největším výkonovém rozsahu



kotle, je ústí spalovacího vzduchu hořáku, které je vyrobeno z žáruvzdorné oceli, rozděleno na dvě části (vnitřní, která bezprostředně sousedí s práškovou dyšnou, a vnější, která se nachází na obvodu). Toto uspořádání přívodu spalovacího vzduchu do práškového hořáku umožňuje přerozdělením vzduchu z vnější části do vnitřní udržovat výstupní rychlost vnitřního spalovacího vzduchu z hořáku na optimální úrovni i při poměrně malých průtocích spalovacího vzduchu, které se vyskytují především při malých výkonech kotle a výhřevnějším palivu.

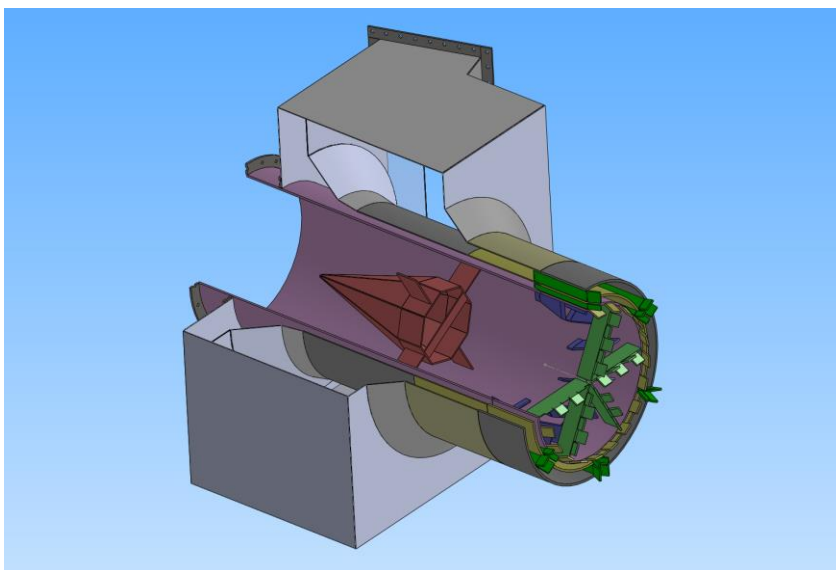
Obr.2: Podélný řez 3D modelem práškového hořáku



Aby se pomleté palivo obsažené v primární směsi více natlačilo k obvodu ústí práškové dyšny, kde proudí sekundární vzduch a dochází k prvotnímu zahoření hořlaviny, je uvnitř každé práškové dyšny instalován rozrážecí kužel.

Obr.3: Řez blokem nízkemisního hořáku

Samotný blok práškového hořáku je samonosný a nepotřebuje žádnou studeným vzduchem chlazenou nosnou krabici. Hlavním nosným prvkem hořáku jsou svařené komory vnitřního a vnějšího sekundárního



vzduchu, které jsou uchyceny v nosném rámu pružně ukotveném na stávající nosné konstrukci. Zatěsnění bloků hořáků vůči spalovací komoře je podobné koncepci, jako bylo u stávajících hořáků, tzn. pomocí těsnících lišt dotlačovaných pružinami na posuvný rám z profilovaného materiálu. V každém případě jsou výhyby stěn spalovací komory pro nové práškové hořáky a dyšny terciárního a dohořivacího vzduchu nového provedení. Výhyby trubek membránových stěn spalovací komory pro umístění práškových hořáků jsou provedeny s ohledem na dilataci kotle. Pokud není práškový hořák v provozu, je chlazení vnějšího ústí hořáků, které je vyrobeno z žáruvzdorné oceli, realizováno spalovacím vzduchem.

Práškovody

Nad každým třídičem je umístěn společný vertikální práškovod, který je dodán firmou Greenbank. Funkcí společného práškovodu není jenom přivést primární směs z třídiče do čtyř dílčích práškovodů, nýbrž také zajistit řízené rozdělení toku uhelného prášku do jednotlivých dílčích práškovodů, které je prováděno pomocí čtyř speciálních klapek. Nastavování těchto klapek je regulováno automaticky z řídicího systému kotle. Dílčí práškovody pak spojují společný vertikální práškovod s jednotlivými práškovými hubicemi hořáku. Všechny práškovody jsou vyloženy čedičem.

Sekundární vzduch

Přívodní potrubí sekundárního vzduchu k jednotlivým práškovým hořákům je dodáno nové. Sekundární vzduch přiváděný ke každému bloku práškového hořáku je rozdělen na vnitřní a vnější vzduch. Průtoky těchto vzduchů jsou regulovány pomocí nových, speciálně spřažených regulačních klapek. Regulační klapky sekundárního vzduchu jsou ovládány stávajícími repasovanými servopohony Modact Variant doplněnými novými

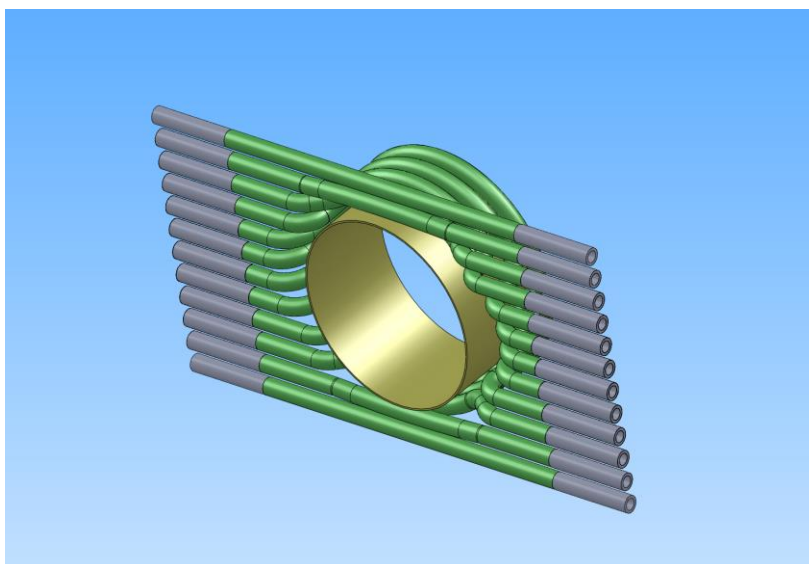
ovladači Notrep. Celkový průtok sekundárního vzduchu do 4 ks bloků hořáku je měřen pomocí nových sond s novým elektronickým převodníkem tlakové difference. Průtok vzduchu je regulován jednou hlavní klapkou na přívodu sekundárního vzduchu. Nové sondy jsou za provozu pravidelně profukovány tlakovým vzduchem, protože je měřen znečištěný vzduch.

Terciární vzduch

Nad každým práškovým hořákem je umístěna dyšna terciárního vzduchu, která je vyrobena z žáruvzdorné oceli. Tyto dyšny přivádí část spalovacího vzduchu těsně nad provozované hořáky přímo do plamene.

Obr.4: Výhyb dyšny terciárního vzduchu

Průtok vzduchu do každé dyšny terciárního vzduchu je měřen pomocí nových sond s novým elektronickým převodníkem tlakové difference. Průtok vzduchu je řízen jednou regulační klapkou na přívodu terciárního vzduchu.



Nové sondy jsou za provozu pravidelně profukovány tlakovým vzduchem, protože je měřen znečištěný vzduch.

Dohořivací vzduch

U kotlů K3 a K4 je rovněž nainstalováno nové pásmo dohořivacího vzduchu, které je umístěno na kótě cca 27,8 m. Toto pásmo obsahuje dvě hlavní přívodní potrubí, jedno na levé a jedno na pravé straně spalovací komory, 10 ks vzduchových dyšen z žáruvzdorné oceli, dvě ofukované sondy pro měření průtoku dohořivacího vzduchu používané pro znečištěný vzduch a 2 ks regulačních a 10 ks pásmových klapek s repasovanými servopohony Modact Variant. Dohořivací dyšny jsou umístěny po pěti v bočních stěnách spalovací komory.

Řízení procesu spalování

V souvislosti s výměnou práškových hořáků a práškovodů kotlů K3 a K4, úpravou vzduchovodů sekundárního, terciárního a dohořivacího vzduchu a dalšími dodávkami a úpravami jsou ve stávajícím řídicím systému FOXBORO provedeny softwarové úpravy programu řízení spalování. Softwarové úpravy se týkají následujících regulačních okruhů:

- Regulace tlaku horkého vzduchu za ohřívákem vzduchu
- Regulace průtoku sekundárního vzduchu do práškového hořáku
- Regulace pásmových dvojklapek sekundárního vzduchu
- Regulace průtoku terciárního vzduchu
- Regulace průtoku dohořivacího vzduchu
- Regulace dvojklapek na dyšnách dohořivacího vzduchu
- Regulace podílu průtoku uhlénoho prášku do spodních dvou sekcí hořáku
- Regulace teploty primární směsi za třídícím
- Regulace tlaku recirkulovaných spalin
- Regulace teploty spalin v ohništi nad hořáky podle měření teplotního pole AGAM

Všechny regulační okruhy spalování lze ovládat v automatickém, ale také i v manuálním režimu, kdy jsou buď akční členy ovládány přímo operátorem anebo regulují vybraný parametr na konstantní hodnotu zadanou operátorem.

Závěr

Metoda snižování NO_x je založena na instalaci nízkoemisních hořáků navržených pro rychlé směřování spalovacího vzduchu s pomletým palivem na velké styčné ploše, na řízeném spalování v oblasti práškových hořáků při podstechiometrickém množství vzduchu, kde systém umožňuje přivádět na jednotlivé bloky hořáku odstupňované množství primární směsi nebo odstupňované množství spalovacího vzduchu a na vytvoření sekundární zóny dohoření s instalovanými dyšnami dohořivacího vzduchu. Na dosažení požadovaných emisí oxidů dusíku NO_x ve spalinách po primárních opatřeních má, kromě již výše zmiňovaného, také vliv přísávání falešného vzduchu, a to především granulační výsypkou ohniště a mlýnskými okruhy, a dále pak stav mlýnů a třídících, který ovlivňuje zejména jemnost mletí uhlí.

Z montáže práškových hořáků a práškovodů kotle K4



Aktuálně

Dne 21.2.2017 byly na kotli K3 poprvé zapáleny práškové uhelné hořáky a kotel se postupně připravoval na provozní zkoušky. V době, kdy autor psal tento příspěvek, byl kotel (po vysoušení, vyvážce a profucích) uprostřed provozních zkoušek, seřizování spalování a probíhaly přípravy na komplexní vyzkoušení bloku B3. K tomuto období bylo docíleno těchto provozních hodnot:

Výkonový rozsah bloku	100 – 200 MWe
Min.výkon bez stabilizace.....	100 MWe
Parní výkon kotle.....	295 – 600 t/h
Teplota přehř.páry.....	541 °C
Teplota přihřáté páry.....	530 – 541 °C
Teplota spalin za kotlem.....	150 – 160 °C

Emise :

NOx při min. výkonu.....	190 mg/Nm ³
NOx při max. výkonu.....	240 mg/Nm ³
CO – v průměru.....	pod 20 mg/Nm ³
Nedopal ve škváře.....	10 – 12%

Dr. Ing. Pavel Nekvapil

T-PROJECT GROUP, spol. s r.o.

www.t-project.cz