

Materiály a účinnost nového kotle elektrárny Ledvice

ČEZ vyrábí přibližně 75 TWh elektřiny za rok, přičemž více než polovina je založena na jednotkách spalujících uhlí. Cílem skupiny ČEZ je obnova existujících elektráren na bázi uhlí. Díky zvýšené účinnosti retrofitovaných i nově stavěných elektráren přinesou úspory paliva 15–25 % ve srovnání se současnými zařízeními, a dojde rovněž k podstatně k redukci emisí CO₂.

Hlavní cíle obnovy zdrojů představují:

- optimální využití zdrojů místního hnědého uhlí,
- diverzifikace zdrojů,
- zvýšení účinnosti (38 % pro retrofity, 42,5 % pro superkritické),
- nižší emise CO₂ (o 20 % pro uhelnou elektrárnu).

V souladu s programem ekologizace a obnovy výrobní kapacity společnosti ČEZ je realizována i stavba nového bloku 660 MWe v areálu stávající elektrárny Ledvice. Blok je navržen pro nadkritické parametry přehřáté páry 280 bar a 600 °C s parametry přehřáté páry 50 bar a 610 °C a očekává se, že dosáhne čisté účinnosti 42,5 % při jmenovitém výkonu. Začátek komerčního provozu se předpokládá koncem roku 2012. Hlavním dodavatelem je ŠKODA PRAHA Invest, kotel vyrobit firma ALSTOM, turbína bude ze ŠKODA PLZEŇ.

Kromě vysoké účinnosti byly také jedním z hlavních zadání ČEZ při specifikování zařízení environmentální požadavky na nový blok. Moderní kotel umožňuje spalování specifikovaného hnědého uhlí s nízkými emisemi NO_x a CO (200 mg/Nm³), SO₂ (150 mg/Nm³) a emisí prachu (20 mg/Nm³).

Tento článek popisuje koncept návrhu kotle se zaměřením na spalovací systém, výběr materiálu tlakové části a celkové zvýšení účinnosti.

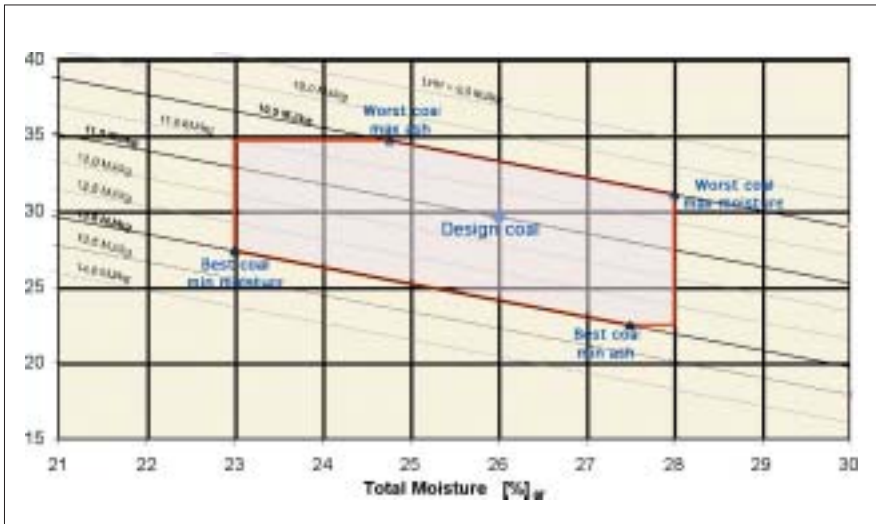


Obr. 1 – 3D-model nového bloku

Systém spalování

Parní kotel 660 MWe používá nízkoemisní (Low NO_x) tangenciální spalovací systém Alstom pro hnědé uhlí s přímým foukáním. Systém zahrnuje uhelné bunkry, spalínový systém, mlecí systém (ventilátorové mlýny), hořáky a odpovídající systémy vzduchu a spalin pro určený rozsah paliva. Na obr. 2 je schématický přehled rozsahu uhlí s výhřevností od 10,5 až do 13 MJ/kg.

Toto odpovídá typickému hnědému uhlí severních Čech, převážně z dolů Bílina, které bude hlavním palivem kotle. Palivo je charakterizované mírnou vlhkostí a dosti vysokým obsahem popela,



Obr. 2 – Rozsah paliva pro kotel Ledvice 660 MWe

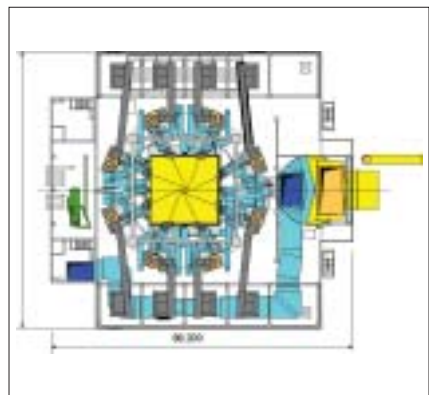
kteří ovlivní návrh systému spalování a komponentů parního kotle.

Maximální tepelný výkon kotle je 1 470 MW_{th} a maximální výkon jednoho uhelného hořáku 209 MW_{th}. Pro najeť kotle je navrženo osm plynových hořáků s kapacitou 30 % celkového tepelného výkonu kotle. Mletí a sušení uhlí probíhá v osmi ventilátorových mlýnech typů N200.35S, které jsou vybaveny tříděčem, viz. obr. 3.

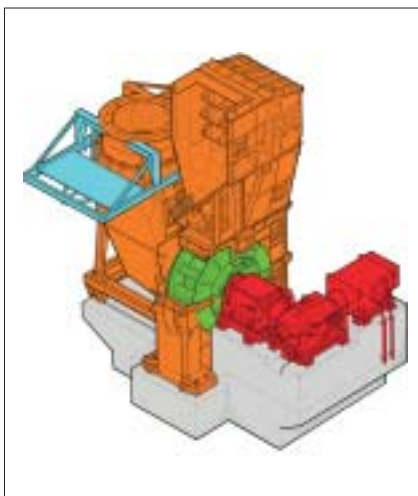
Jmenovitý výkon pro palivo s minimální výhřevností bude zajištěno sedmi a pro nejlepší uhlí šesti mlýny v provozu. Maximální kapacita mlýnu je 72 t/h. Spaliny pro kombinované sušení a drcení budou odebírány z ohniště. Mletí širokého rozsahu paliva je zajištěno pohonem mlýnu, včetně měniče frekvence.

Stechiometrie spalování bude přizpůsobena kvalitě hnědého uhlí. Zařízení pracuje s velmi

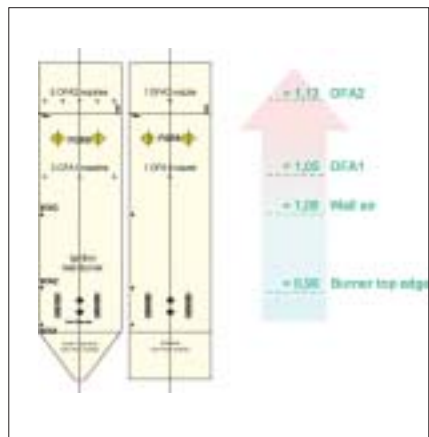
nízkým přebytkem vzduchu, typicky 10 až 12 %. Spalovací vzduch je přiváděn ve třech úrovních, viz obr. 5. Ve stejném obrázku je znázorněn i koncept přebytku vzduchu.



Obr. 4 – Mlýny a uspořádání hořáků



Obr. 3 – Ventilátorový mlýn typ N200.35S



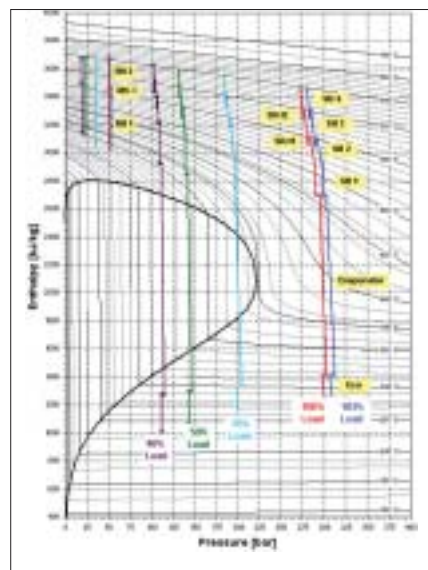
Obr. 5 – Pásmování vzduchu

Tepelný návrh

Kotel je navržen jako průtlačný věžového typu. Základní parametry kotle pro jmenovitý výkon jsou uvedeny v tabulce 1.

| Vysokotlaká část | | |
|-----------------------|---------|------|
| Max. povolený tlak | bar (g) | 297 |
| Parní výkon | kg/s | 466 |
| Tlak páry | bar | 272 |
| Teplota páry | °C | 600 |
| Teplota napájecí vody | °C | 289 |
| Přehřívák | | |
| Max. povolený tlak | bar (g) | 62,5 |
| Parní výkon | kg/s | 400 |
| Tlak páry | bar | 49,5 |
| Teplota páry | °C | 610 |

Tab. 1 – Základní parametry kotle



Obr. 6 – I,p-diagram

Řazení výhřevných ploch kotle

Napájecí voda vstupuje do ekonomiséro, umístěného jako poslední výhřevná plocha kotle, a proudí paralelně se spalínami. Přes převáděcí potrubí, pak voda vstupuje do spirálovitě vinuté výspykly ohniště a odtud do spirály výparníku. Kvůli vysoké tepelné absorpci a omezení přípustné střední teploty v separátoru, není celá membránová stěna navržena jako výparník, ale

výparníková část končí přibližně ve 3/5 celkové výšky kotle, horní část spalovací komory a stěny v místě konvekčních ploch jsou uspořádány jako přehřívák s vertikálními trubkami.

Za výparníkem prochází pára přes čtyři separátory k vertikálním stěnám přehříváku SH1, v nichž je proudění souproudé. Poté pára teče protiproudem přehřívákovými závěsnými trubkami (přehřívák SH2) a přehříváky SH3 a SH4.

Přehřívák je vybavený dvoustupňovým vstříkovým regulátorem teploty páry. Regulátory jsou umístěny mezi přehříváky SH2/SH3 a SH3/SH4. Všechny stupně konvekčních přehříváků jsou uspořádány jako protiproudé, vyjma výstupního přehříváku SH4.

Přehřívák sestává ze dvou stupňů RH1 a RH2: Pára prochází přehřívákem RH1 v protiproudu ke spalínám. Přehřátá pára proudí z prvního přehříváku RH1 do druhého přehříváku RH2. Přes čtyři převáděcí potrubí se zabudovanými vstříkovými chladiči, pára dosáhne přehříváku 2 vstupních komor. Oproti přehříváku RH1, pára protéká koncovým přehřívákem RH2 paralelně se spalínami. Na výstupu je umístěna teplotní regulace přehřáté páry vstříkem.

Diagram na obr. 6 ukazuje absorpci tepla jednotlivých výhřevných ploch. Teplota kovu na výstupu přehříváku 1 při průtlačném provozu je mírně nad 460 °C. To platí i pro vstupní teplotu závěsných trubek. Během průtlačného provozu je teplota přehřáté páry při výkonu od 40 až do 100 % konstantní 600 °C. Teplota na výstupu z přehříváku je konstantní 610 °C od 70 % až do 100 % jmenovitého výkonu kotle.

Použité materiály (viz. obr. 7)

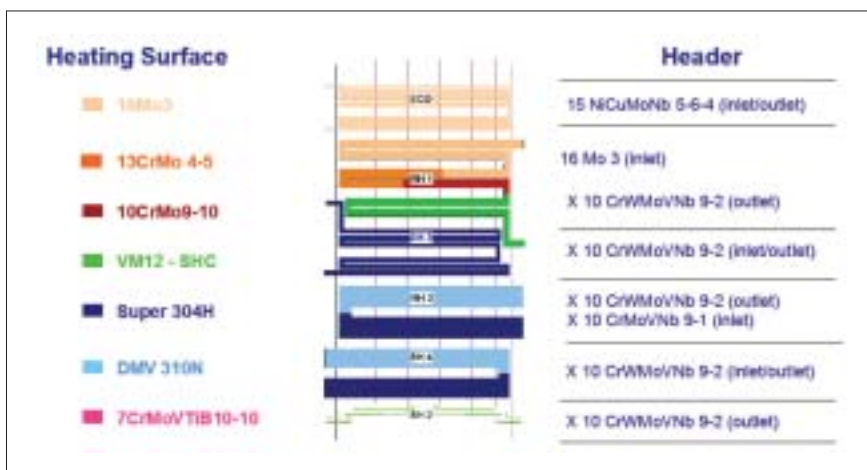
Ekonomisér je kompletně zhotoven z 16Mo3. Přehřívák RH1 se sestává z materiálů 16Mo3, 13CrMo4 - 5, 10CrMo9 - 10 a VM12. Materiál VM12 je nově vyvinutý 12 % chrómu Cr - materiál se zvýšenou mezí tečení podobně jako T91. Stejný materiál je užíván také pro přehřívák SH2, což je mříž závěsné trubky. Poslední dva přehříváky SH3 a SH4 a koncový stupeň přehříváku RH2 jsou zhotoveny z austenitických slitin. Z důvodů ochrany proti korozi, má austenit průměrný obsah chrómu min. 18 %; ve vysokoteplotních blocích nejméně 25 %. Nadto, kdekoli je užíván materiál s 18 % chrómu, byla vybrána varianta zpevněná kuličkovaním s vyšší odolností proti oxidaci.

Kvůli vysokým teplotám páry a vysokého axiálního zatížení, je použit na konci spirálového výparníku a ve svislé trubkové části membránové stěny materiál 7CrMoVTiB 10 - 10. Závěsné trubky jsou ze stejného důvodu zhotovené rovněž z tohoto materiálu. Separátory jsou zhotoveny z P92. Také pro komory přehříváku a přehříváky, jsou použity martenzitické 9 % chrómové oceli P91 a P92.

Shrnutí

Hnědouhelná elektrárna využívá současný technologický pokrok k produkci čisté energie s vysokou účinností. Parní kotel umožní spalování celého rozsahu specifikovaného hnědého uhlí a také pružný provoz bloku.

Dr. George-Nikolaus Stamatelopoulos,
Ing. Pavel Zelenka,
ALSTOM, s.r.o.



Obr. 7 – Koncept materiálu

Materials and efficiency of a new boiler of the Ledvice power plant

This article describes a concept of the boiler design of the new block Ledvice focusing on a combustion system, selection of material of a pressure part and the total increase of efficiency. The brown-coal power plant

uses current technological improvement for production of clean energy with high efficiency. A steam boiler enables combustion of the whole range of specified brown coal and also a flexible operation of the unit.

Материалы и КПД нового котла электростанции Ледвице

Эта статья описывает концепцию дизайна котла нового блока Ледвице, направленную на систему сжигания, выбор материалов напорных частей и общее повышение КПД. Электростанция на буром угле использует нынеш-

ний технологический прогресс для производства чистой энергии с высоким КПД. Паровой котел позволяет сжигать весь объем бурого угля и также осуществлять бесперебойную эксплуатацию блока.