

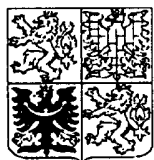
PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

284 969

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **3168-96**

(22) Přihlášeno: **29. 10. 96**

(40) Zveřejněno: **17. 02. 99**
(Věstník č. 2/99)

(47) Uděleno: **17. 02. 99**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **14. 04. 99**
(Věstník č. 4/99)

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁶:
F 23 C 11/02

(73) Majitel patentu:

PTÁČEK Milan ing., Hranice, CZ;

(72) Původce vynálezu:

Ptáček Milan ing., Hranice, CZ;

(74) Zástupce:

Kania František Ing., Mendlovo nám. 1a,
Brno, 60300;

(54) Název vynálezu:

**Způsob řízení chodu fluidních kotlů
a roštových kotlů rekonstruovaných
na fluidní spalování**

(57) Anotace:

U fluidních kotlů a roštových kotlů rekonstruovaných na fluidní spalování se po dosažení pracovní teploty fluidní vrstvy, spalovacím vzduchem, tvořeným směsí spalin a vzduchu s celkovým přebytkem kyslíku až 1,3 a přiváděným pod tlakem 3000 až 12 000 Pa s rychlostí fluidace 0,3 až 1,2 metrů za sekundu, měřeno za podmínek normální teploty a tlaku, přivede do vznosu do výšky 10 až 25 cm nad tryskami fluidní vrstva z písku o velikosti granulí od 0,6 do 3 mm, v níž se se spalovacím vzduchem mísí dodávané palivo, načež se teplota fluidní vrstvy dále reguluje pouze změnou množství do fluidní vrstvy dodávaného paliva a výkon kotle se reguluje množstvím spalovacího vzduchu přiváděného do fluidní vrstvy.

CZ 284 969 B6

Způsob řízení chodu fluidních kotlů a roštových kotlů rekonstruovaných na fluidní spalování

5 Oblast techniky

Vynález se týká způsobu řízení chodu fluidních kotlů a roštových kotlů rekonstruovaných na fluidní spalování.

10

Dosavadní stav techniky

Základní podmínkou úspěšného chodu každého fluidního kotle je udržení konstantní teploty fluidní vrstvy, to jest zabránění jejího kolísání. Toho lze jen velmi obtížně dosáhnout zejména u kotlů o menším výkonu, to jest o výkonu v rozmezí od 2 do 20 MW. Značným problémem při chodu fluidního kotle je i jeho samotný nájezd, který u kotlů velkých výkonů, to jest nad 15 50 MW, trvá i několik dní. Z tohoto důvodu se takový kotel obvykle neodstavuje celý rok.

U kotlů menších výkonů je však požadavek celoročního provozu prakticky nemožný a proto je třeba nájezdy kotle často opakovat, u malých výkonů i denně. Proto automatizování nájezdu kotle je základní podmínkou úspěšného provozování kotle. Doposud byl nájezd velmi obtížný a zdoluhavý a musel být ovládán obsluhou s kvalifikací na úrovni výrobce fluidního kotle, čímž se nájezd kotle stal pro běžnou obsluhu nemožný, neproveditelný.

25 Jsou známy fluidní systémy, u nichž je topeniště tvořeno několika sekcemi, obvykle čtyřmi, z nichž jednotlivé sekce podle požadovaného výkonu kotle se postupně zařazují nebo vyřazují z provozu. Každá sekce musí mít samostatný přívod paliva i vzduchu. Takové systémy jsou zpravidla velmi komplikované a mají také nevhodný regulační rozsah.

30 Dalším známým systémem je systém s vestavěnými teplosměnnými plochami ve fluidní vrstvě a vynucenou cirkulaci částic. V tomto systému mívá teplosměnná plocha vestavěná do fluidní vrstvy výkon 40 až 50 % jmenovitého výkonu kotle. Nevýhodou takového systému je, že jeho nejnižší výkon nemůže být menší než příkon teplosměnných ploch instalovaných do fluidní vrstvy, což činí okolo 50 % jmenovitého výkonu. Další nevýhodou tohoto systému je, že při selhání cirkulačních čerpadel, které musí být u tohoto systému instalovány, musí dojít k přepálení výměníků, umístěných v teplotě asi 800 °C. Při odstavování kotle musí nejdříve dojít k vychlazení fluidní vrstvy. Do fluidní vrstvy proudí fluidním roštem spalovací vzduch, a odděleně cirkulační vzduch, který svou intenzitou mění intenzitu cirkulující vrstvy a mění tím odvod tepla a teplotu fluidní vrstvy. Změna tepelného výkonu kotle se provádí změnou množství přiváděného paliva a směsi spalovacího a cirkulačního vzduchu, čímž se mění i teplota fluidní vrstvy. Vzhledem k tomu, že u této regulace se musí řídit několik prvků najednou a jeden ovlivňuje velikost druhého, je regulace velmi složitým procesem. Komplikovanost regulace u tohoto systému má za následek, že se kotle menších výkonů, to jest výkonů do 20 MW, v tomto systému prakticky neprovozují.

45

Podstata vynálezu

Uvedené nevýhody dosavadních systémů do značné míry odstraňuje způsob řízení chodu fluidních kotlů a roštových kotlů rekonstruovaných na fluidní spalování, kde podstata vynálezu spočívá v tom, že se, po dosažení pracovní teploty fluidní vrstvy, spalovacím vzduchem, tvořeným směsí spalin a vzduchu s celkovým přebytkem kyslíku až 1,3 a přiváděným pod tlakem 3000 až 12 000 Pa s rychlostí fluidace 0,3 až 1,2 metrů za sekundu, měřeno za podmínek normální teploty a tlaku, přivede do vznosu do výšky 10 až 25 cm nad tryskami fluidní vrstva

z písku o velikosti granulí od 0,6 do 3 mm, v níž se se spalovacím vzduchem mísí dodávané palivo, načež se teplota fluidní vrstvy dále reguluje pouze změnou množství do fluidní vrstvy dodávaného paliva a výkon kotle se reguluje množstvím spalovacího vzduchu přiváděného do fluidní vrstvy. Výhodou tohoto řešení je zejména to, že za popsaných podmínek a uvnitř takto definovaných mezí se jedinou veličinou, kterou je možno řídit teplotu fluidní vrstvy, stává přívod paliva. Oproti dosud známým způsobům, kdy se k řízení teploty fluidní vrstvy v kombinaci s přívodem paliva používá nejen několik druhů přiváděných vzduchů, jako jsou spalovací a fluidační vzduch pro zajištění fluidace, vzduch zajišťující cirkulaci a podobně, ale i odvod teplé fluidní vrstvy z topeniště, přívod vychlazené fluidní vrstvy nebo i výška fluidní vrstvy, vždy ve složité vzájemné korelaci, se takto řízení chodu fluidního kotle výrazně zjednodušuje.

Ve výhodném provedení tohoto způsobu se pro dosažení pracovní teploty fluidní vrstvy nejdříve přehřejí spalovací a fluidační vzduch na teplotu 550 až 650 °C, tímto vzduchem se přehřejí fluidní vrstva kotle na teplotu 450 až 500 °C, pak se do fluidní vrstvy kontinuálně přidává palivo v množství, odpovídajícím 20 % jmenovitého výkonu kotle, a přívod paliva se reguluje v závislosti na rychlosti nárůstu teploty fluidní vrstvy, přičemž do doby než teplota fluidní vrstvy dosáhne pracovní teploty 800 °C se při vzestupu teploty fluidní vrstvy o méně než 1,5 °C za deset sekund přívod paliva zvýší o množství odpovídající nejvýše 1 % jmenovitého výkonu kotle a při vzestupu teploty fluidní vrstvy o více než 2,4 °C za deset sekund se přívod paliva sníží o množství odpovídající nejvýše 1 % jmenovitého výkonu kotle. Výhodou tohoto způsobu řízení chodu fluidních kotlů je, že se změnami jediné veličiny dosahuje optimálního náběhu kotle ze studeného stavu, a to v krátkém čase, avšak současně bez nebezpečí překmitu teploty fluidní vrstvy na hodnoty, kdy parametry kotle nejsou zaručeny.

Poté co teplota fluidní vrstvy dosáhne pracovní teploty 800 °C se při vzestupu teploty fluidní vrstvy o více než 0,5 °C za deset sekund přívod paliva sníží o množství odpovídající nejvýše 1 % jmenovitého výkonu kotle a při poklesu teploty fluidní vrstvy o více než 0,5 °C za deset sekund se přívod paliva zvýší o množství odpovídající nejvýše 1 % jmenovitého výkonu kotle. Tento postup zajišťuje, že se teplota fluidní vrstvy při chodu kotle udržuje v předem stanovených mezích.

Jako pojistky proti nevhodnému přehřátí fluidní vrstvy se přitom podle vynálezu používá toho, že přívod paliva se zastaví, překročí-li teplota fluidní vrstvy hodnotu 860 °C.

Intervaly mezi jednotlivými zvýšeními a/nebo sníženími přívodu paliva mají přitom u tohoto způsobu podle vynálezu délku alespoň jednu minutu. Tímto opatřením se zabrání rozkmitání celého systému.

Příklady provedení vynálezu

Způsob řízení fluidních kotlů, a to včetně nájezdu kotle a jeho odstavení, byl prakticky vyzkoušen na roštovém kotli rekonstruovaném na fluidní spalování a pracujícím s oxidační pískovou fluidní vrstvou, o výkonu 20 a 50 MW.

Pro optimální realizaci tohoto způsobu je výhodné, je-li dávkovač uhlí konstruován tak, aby dávkování paliva bylo plynulé v rozsahu, které odpovídá 20 až 120 % rozsahu jmenovitého výkonu kotle, a je-li možné dálkovým ovládním rovnoměrně rozdělit jeho celý regulační rozsah na alespoň 100 dílů, takže dávkování paliva lze měnit s jemností 1 % rozsahu dávkování, a to v celém uvedeném rozsahu.

V příkladném provedení způsobu řízení fluidních kotlů a roštových kotlů rekonstruovaných na fluidní spalování se při startu fluidního kotle pomocí startovací spalovací komory přehřejí spalovací a fluidační vzduch na teplotu 600 °C, tímto vzduchem se přehřejí fluidní vrstva

u kotlů na teplotu 450 až 500 °C. Nárůst teploty fluidní vrstvy v této oblasti teplot je již při ohřevu horkými spaliny velmi pomalý. Při teplotě 450 až 500 °C se začne přidávat, zpravidla ručním spouštěním palivo s dávkováním minimálního množství, při evidentním vzrůstu teploty fluidní vrstvy vlivem přívodu paliva se přepne ovládání dávkovače do automatického chodu.

5

Spalovací vzduch je tvořen směsí spalin a vzduchu a jeho složení lze seřadit například systémem dvou regulačních klapek. Jedna klapka seřizuje přívod recyklovaných spalin, druhá pak přívod čerstvého vzduchu. Složení spalovacího vzduchu musí být takové, aby v přívodním spalovacím vzduchu byl až dvacetiprocentní přebytek kyslíku pro spalování přiváděného paliva. Takový přebytek kyslíku slouží pro dokonalé spálení hořlaviny a zajištění minimálního přebytku vzduchu při současném splnění povolených emisních koncentrací. Recyklované spaliny pak slouží pro zajištění potřebného média pro potřebný přenos tepla a pro odběr tepla fluidní vrstvě, a tím zajištění snížení požadované teploty hoření na rozmezí 800 až 850 °C, neboť teplota hoření se při přebytku kyslíku ve vzduchu zvyšuje. Nepřítomnost teplosměnných ploch ve fluidní vrstvě, které obvykle slouží pro odběr tepla fluidní vrstvě, umožňuje značné zvýšení regulačního rozsahu do té míry, že je možné například i odstavení kotle během 2 až 3 sekund do tak zvané teplé zálohy. Současně je takto umožněno použití potřebného neutrálního média pro zajištění vznosu fluidní vrstvy neboli fluidace. Rychlosti fluidace se pak musí pohybovat v rozmezí 0,3 až 1,2 m/s při podmínkách normální teploty a tlaku, přičemž rychlost 0,3 m/s je prahem fluidace. Při této rychlosti je výkon kotle minimální. Při rychlosti 1,2 m/s je výkon kotle maximální. Zvyšováním rychlosti nad tuto hodnotu by došlo k úletu fluidní vrstvy a k zastavení fluidace a tím i k zastavení činnosti kotle.

Rychlost fluidace se udává v podmínkách normální teploty a tlaku z následujícího důvodu: Při zvýšení teploty dochází ke zředění vzduchu, při zvyšování tlaku naopak k jeho zhušťování. Aby bylo možno v poměrně širokých mezích teploty a tlaku dostatečně přesně definovat rychlost fluidace, to jest dráhu, kterou hmotnostní jednotka spalovacího vzduchu urazí za jednotku času, je hmotnostní jednotka definována jako takové množství spalovacího vzduchu, které je v objemové jednotce nikoliv v reálných podmínkách, to jest při teplotě 800 až 860 °C a tlaku 3 až 12 kPa, ale v téže objemové jednotce za teoretického předpokladu normální teploty a tlaku.

Rozsah potřebného tlaku spalovacího vzduchu je v rozmezí 3000 Pa až 12 000 Pa, použitá granulometrie písku je 1 až 3 mm, výška pískové vrstvy 10 až 25 cm nad tryskami, rychlosti fluidace 0,3 až 1,2 m/s při podmínkách normální teploty a tlaku, přebytek kyslíku v přívodním spalovacím vzduchu je v rozmezí 1,0 až 1,3, výhřevnost paliva je v rozmezí od 8 do 27 MJ/kg, zrnění paliva je 0 až 100 mm zrna. Přebytkem kyslíku v přívodním spalovacím vzduchu je zde míněno množství kyslíku, které není ve fluidní vrstvě spáleno. Přebytek kyslíku 1,2 znamená, že v přívodním spalovacím vzduchu je o 20 % kyslíku více, než kolik se za daného nastavení kotle ve fluidní vrstvě skutečně spálí. Kouřová klapka se nastavuje na maximální možné škrcení tak, aby nedocházelo k pronikání spalin netěsnostmi kotle do prostoru kotelny, a byl tak zajištěn dostatečný odtah spalin z kotle.

Při takto nastaveném spalovacím vzduchu a takových parametrech stacionární pískové oxidační fluidní vrstvy se za předpokladu stálého, to jest neměnného výkonu kotle teplota fluidní vrstvy stává jedinou řízenou veličinou. Stanovení optimální teploty hoření a její udržování na optimální teplotě s minimem výkyvů pro udržení optimálních spalovacích podmínek, včetně minimální koncentrace exhalací, zejména CO, NO_x a SO₂, je tak značně ulehčeno.

Otáčky dávkovače paliva, tedy jeho výkon, se při náběhu kotle řídí tak, aby se teplota fluidní vrstvy zvyšovala v rozmezí 1,5 až 2,4 °C za 10 sekund, přičemž řídicí systém dělá zásahy do regulace otáček dávkovače v následujících případech:

- zvyšuje-li se teplota fluidní vrstvy o více než 2,4 °C za 10 sekund, řídicí systém snižuje otáčky dávkovače uhlí o 1 %

- zvyšuje-li se teplota fluidní vrstvy o méně než 1,5 °C za 10 sekund, řídicí systém zvyšuje otáčky dávkovače o 1 %.

5 Zvyšuje-li se teplota fluidní vrstvy o 1,5 až 2,4 °C za 10 sekund, řídicí systém nedělá žádný zásah.

Po zvýšení nebo snížení otáček dávkovače uhlí řídicí systém blokuje další zvýšení nebo snížení otáček na 1 minutu. Po dosažení optimální teploty fluidní vrstvy nad 800 °C se řídicí systém
10 automaticky přepne do režimu ustálené teploty fluidní vrstvy.

Tímto postupem lze spolehlivě startovat fluidní kotle. Tento technologický postup lze plně automatizovat. Doba startu ze studeného stavu, kdy teplota fluidní vrstvy je přibližně 20 °C, nepřekračuje u příkladného kotle dobu 60 minut, doba startu kotle z teploty fluidní vrstvy cca
15 450 °C se pohybuje v rozmezí 30 až 45 minut. Interval 10 sekund, v němž se měří rychlost zvyšování teploty fluidní vrstvy, je zvolen jako optimální. Bylo zjištěno, že zvyšování nebo snižování rychlosti nájezdu je nežádoucí. Zvyšování rychlosti nájezdu kotle je prakticky nemožné, neboť zkrácení nájezdu by znamenalo zvýšení dávkování uhlí, a tím vytvoření zásoby uhlí ve fluidní vrstvě, což by při dosažení teploty kolem 800 °C vyvolalo rychlý neovladatelný
20 nárůst teploty i přes 1000 °C. Tato teplota by způsobila zapečení fluidní vrstvy a kolaps kotle. Snižování rychlosti nájezdu je rovněž nežádoucí, neboť by se zbytečně prodlužoval nájezd kotle a zároveň by došlo k nadměrnému kolísání teplot ve fluidní vrstvě a k destabilizaci nájezdu kotle.

25 Nájezd kotle dle tohoto způsobu je spolehlivý a byl odzkoušen denním najížděním kotle.

Teplota po nájezdu kotle se dostane a pak ustálí na optimální hodnotě, jejíž hodnota v příkladném provedení dosahuje 830 až 840 °C, přičemž řídicí systém kontroluje a řídí otáčky dávkovače tak, aby teplota fluidní vrstvy splňovala požadavek ustáleného stavu. Řídicí systém
30 dělá zásahy do otáček dávkovače jen v následujících případech:

- zvyšuje-li se teplota fluidní vrstvy o více než 0,5 °C za 10 sekund, řídicí systém snižuje otáčky dávkovače uhlí o 1 %

35 - snižuje-li se teplota fluidní vrstvy o více než o 0,5 °C za 10 sekund, řídicí systém zvyšuje otáčky dávkovače uhlí o 1 %

- zvyšuje-li se teplota fluidní vrstvy o méně než o 0,5 °C za 10 sekund, řídicí systém nedělá žádný zásah

40 - snižuje-li se teplota fluidní vrstvy o méně než o 0,5 °C za 10 sekund, řídicí systém nedělá žádný zásah

45 - je-li teplota fluidní vrstvy vyšší než 840 °C, zablokuje se zvyšování otáček dávkovače, a při 860 °C dávkovač vypne.

- po zvýšení nebo snížení otáček dávkovače uhlí řídicí systém blokuje další zvýšení nebo snížení otáček po dobu jedné minuty

50 - z bezpečnostních důvodů, a při regulaci výkonu kotle směrem dolů, je blokován chod dávkovače při překročení optimální teploty, tedy 830 až 840 °C, o 30 až 40 °C. Ovládání kotle je v příkladném provedení tedy nastaveno tak, že po dosažení teploty 860 °C dojde k přerušení dávkování paliva, a až po poklesu teploty fluidní vrstvy pod tuto hodnotu je činnost dávkovače opět obnovena

- jestliže se teplota fluidní vrstvy zvyšuje o méně než 0,5 °C za 10 sekund, potom teplota fluidní vrstvy stoupne jen o omezenou hodnotu, a to asi o 10 °C a vytvoří se autoregulační termodynamická rovnováha. Při tomto pomalém zvýšení se vlivem zvýšení teploty fluidní vrstvy zvýší přenos tepla do trámů kotle a fluidního topeniště a dojde k odběru tepla z fluidní vrstvy a tím k jejímu pomalému ochlazení

- při pomalém poklesu teploty fluidní vrstvy pod 0,5 °C za 10 sekund klesne teplota fluidní vrstvy jen o omezenou hodnotu, a to asi o 10 °C, a klesání se zastaví. Snížená teplota má za následek nižší přenos tepla do trámů kotle a fluidního topeniště, takže opětovně stoupne teplota fluidní vrstvy. Takto teplota pomalu kolísá kolem optimální teploty.

Takto navržený způsob řízení teploty fluidní vrstvy je schopen plné automatizace. Tímto způsobem je zajištěno zcela minimální kolísání teploty fluidní vrstvy. V ustáleném chodu kotle při použití způsobu podle vynálezu teplota fluidní vrstvy nekolísala o více než 10 °C. Automatizace řízení teploty fluidní vrstvy přitom umožňuje regulování výkonu kotle změnou pouze jednoho parametru, a to změnou množství spalovacího vzduchu přiváděného do fluidní vrstvy, což je dalším zjednodušením řízení fluidního kotle.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob řízení chodu fluidních kotlů a roštových kotlů rekonstruovaných na fluidní spalování, **vyznačující se tím**, že se, po dosažení pracovní teploty fluidní vrstvy, spalovacím vzduchem, tvořeným směsí spalín a vzduchu s celkovým přebytkem kyslíku až 1,3 a přiváděným pod tlakem 3000 až 12 000 Pa s rychlostí fluidace 0,3 až 1,2 metrů za sekundu, měřeno za podmínek normální teploty a tlaku, přivede do vnosu do výšky 10 až 25 cm nad tryskami fluidní vrstva z písku o velikosti granulí od 0,6 do 3 mm, v níž se se spalovacím vzduchem mísí dodávané palivo, načež se teplota fluidní vrstvy dále reguluje pouze změnou množství do fluidní vrstvy dodávaného paliva a výkon kotle se reguluje množstvím spalovacího vzduchu přiváděného do fluidní vrstvy.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pro dosažení pracovní teploty fluidní vrstvy se nejdříve předehřeje spalovací a fluidační vzduch na teplotu 550 až 650 °C, tímto vzduchem se předehřeje fluidní vrstva kotle na teplotu 450 až 500 °C, pak se do fluidní vrstvy kontinuálně přidává palivo v množství, odpovídajícím 20 % jmenovitého výkonu kotle, a přívod paliva se reguluje v závislosti na rychlosti nárůstu teploty fluidní vrstvy, přičemž do doby než teplota fluidní vrstvy dosáhne pracovní teploty 800 °C se při vzestupu teploty fluidní vrstvy o méně než 1,5 °C za deset sekund přívod paliva zvýší o množství odpovídající nejvýše 1 % jmenovitého výkonu kotle a při vzestupu teploty fluidní vrstvy o více než 2,4 °C za deset sekund se přívod paliva sníží o množství odpovídající nejvýše 1 % jmenovitého výkonu kotle.

3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že poté co teplota fluidní vrstvy dosáhne pracovní teploty 800 °C se při vzestupu teploty fluidní vrstvy o více než 0,5 °C za deset sekund přívod paliva sníží o množství odpovídající nejvýše 1 % jmenovitého výkonu kotle a při poklesu teploty fluidní vrstvy o více než 0,5 °C za deset sekund se přívod paliva zvýší o množství odpovídající nejvýše 1 % jmenovitého výkonu kotle.

4. Způsob podle nároku 1, 2 nebo 3, **vyznačující se tím**, že přívod paliva se zastaví, překročí-li teplota fluidní vrstvy hodnotu 860 °C.

5. Způsob podle některého z nároků 1 až 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že intervaly mezi jednotlivými zvýšeními a/nebo sníženími přívodu paliva mají délku alespoň jednu minutu.

5

Konec dokumentu

10