

FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

274 270

(11)

(13) B2

(51) Int. Cl.⁵
B 01 D 53/34

(21) PV 8080 - 85.H

(22) Přihlášeno

08 11 85

(30) Právo přednosti od

24 04 85

FI (851623)

(40) Zveřejněno

12 09 90

(45) Vydáno

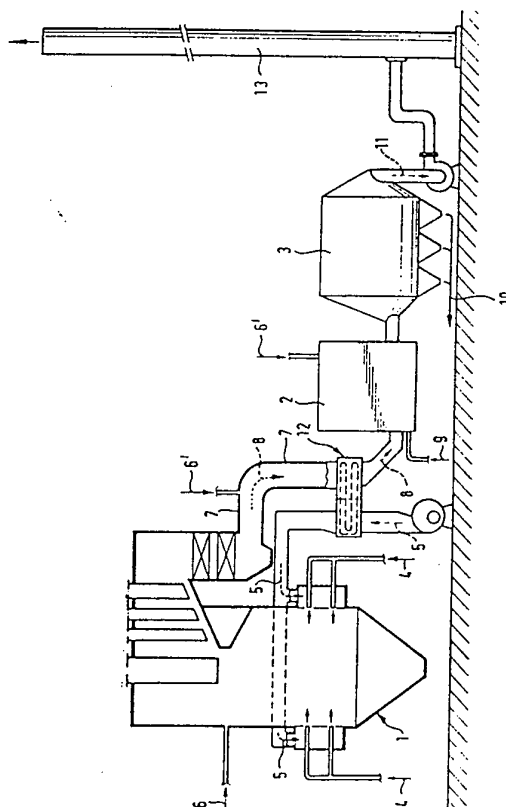
08 07 92

(72) Autor vynálezu HÄMÄLÄ SIRPA ing., TAMPERE (FI)

(73) Majitel patentu // OY TAMPELLA AB, TAMPERE (FI)

(54) Způsob odstraňování oxidu siřičitého z kouřových plynů

(57) Při provádění postupu odstraňování oxidu siřičitého z kouřových plynů ze spalovacího zařízení, do kterého se ke spalování přivádí materiál obsahující síru a plyn obsahující kyslík, se kromě toho přivádí jako reakční činidlo hydroxid vápenatý nebo směs hydroxidu vápenatého a hořečnatého v práškové formě, a dále voda a/nebo vodní pára. Nakonec se oddělí z plynů pevný síran nebo siřičitan vápenatý. Voda a/nebo vodní pára se nastříkuje odděleně od přivádění hydroxidu vápenatého nebo směsi hydroxidu vápenatého a hořečnatého do spalovacího zařízení a/nebo do kouřových plynů o teplotě v rozmezí od 50 do 800 °C, které vystupují z tohoto spalovacího zařízení. Přidávané reakční látky se přivádí v přebytku vzhledem ke stechiometrickému množství oxidu siřičitého přítomnému v kouřových plynech.



Vynález se týká způsobu odstraňování oxidu siřičitého z kouřových plynů odváděných ze spalovacího zařízení, ve kterém se spalují paliva obsahující síru, jako je například uhlí nebo oleje.

Z dosavadního stavu techniky jsou známy postupy, při kterých se snižuje obsah oxidu siřičitého v kouřových plynech odváděných ze spalovacího zařízení, účinkem oxidu vápenatého, uhličitanu vápenatého nebo jiných dalších alkalických sloučenin přiváděných do spalovací komory spalovacího zařízení. Ve spalovacím zařízení s fluidním ložem, ve kterém se používá cirkulujícího fluidního lože, je možno účinkem přidávaného vápníku snížit obsah oxidu siřičitého v kouřových plynech až o 90 % v případě, že toto spalovací zařízení pracuje s teplotním rozmezím, které je optimální k provedení výše uvedených chemických reakcí, tzn. s teplotním rozmezím od 800 do 1000 °C. Při provádění tohoto postupu se oxid siřičitý absorbuje a odvádí se z tohoto spalovacího zařízení ve formě sádry společně s létavým popílkem.

V jiných spalovacích zařízeních, u kterých je nutno použít teplot vyšších než je výše uvedené teplotní rozmezí, a u některých postupů kdy je doba zdržení aditiva krátká vzhledem k povaze provádění spalovacího procesu, se předpokládá, že snížení obsahu oxidu siřičitého v kouřových plynech je podstatně menší, konkrétně uvedeno asi 50 % nebo ještě méně, a z tohoto důvodu nebyl tento postup použit u těchto spalovacích zařízení v průmyslové praxi.

Na rozdíl od výše uvedeného postupu jsou z dosavadního stavu techniky známy rovněž postupy, při kterých se snižuje obsah oxidu siřičitého v kouřových plynech za pomoci různých absorpčních metod, prováděných mimo spalovací prostor spalovacího zařízení. Jedním z těchto běžně známých postupů je tak zvaný rozprašovací nebo-li polosuchý postup, při kterém se kouřové plyny, které jsou odváděny ze spalovacího zařízení, zaváděny do samostatného reaktoru, ve kterém je rozstřikovávána vodní suspenze hydroxidu vápenatého ve formě malých kapiček, přičemž se používá zvláštních trysek. Výše uvedeným reaktorem je poměrně velká nádoba, ve které se rychlost kouřových plynů po vstupu do tohoto prostoru snižuje, přičemž ve směru postupu těchto zpracovávaných plynů se do nich rozstřikuje vodná suspenze z horní části této nádoby. Teplota v reaktoru se při tomto zpracovávání pohybuje v rozmezí od asi 50 do 80 °C, přičemž je velmi důležité sledování rovnoměrnosti rozstřikování uvedené vodné suspenze hydroxidu vápenatého, protože kapičky, které jsou příliš velké, zůstávají ve formě kapaliny na dně uvedeného reaktoru. Hustotu vodné suspenze hydroxidu vápenatého je nutno udržovat na takové úrovni, aby tepelný obsah plynů stačil k odpaření vody uváděné do tohoto reaktoru společně se suspenzí, takže absorpční produkt je při tomto uspořádání odebírán ve formě suchého prášku. Postupem podle tohoto provedení je možno připravit zpracovaný plyn, ve kterém bylo odstraněno až 90 % oxidu siřičitého. Nevýhodou tohoto postupu je to, že používané trysky k rozstřikování suspenze jsou náchylné k ucpávání, přičemž další nevýhodou je nutnost přípravy vodné suspenze hydroxidu vápenatého, k čemuž je nutno použít zvláštního zařízení, což zvyšuje investiční náklady a problémy s kontrolováním velikosti částic (resp. kapiček), které se rozstřikují do kouřových plynů.

Rovněž je znám postup podle patentu DOS 30 31 538, podle kterého jsou kouřové plyny vypouštěné ze spalovacího zařízení rozděleny na dva podíly, přičemž do prvního podílu těchto kouřových plynů se přivádí uhličitan vápenatý a tento uhličitan vápenatý se odděluje od filtru ještě před spojením s druhým podílem. Druhý podíl těchto kouřových plynů se promývá vodou ve skrubru. Podle tohoto postupu se tedy reakční činidlo a voda nstřikují do oddělených proudů kouřových plynů, přičemž reakční činidlo se ještě před spojením těchto proudů odfiltruje.

Jsou rovněž známy postupy, jako například postup podle patentu Velké Británie číslo 2 118 924, při kterém se do odcházejících kouřových plynů rozstřikuje voda v přítomnosti vápna, ovšem není to za účelem odstraňování oxidu siřičitého z kouřových plynů před vypouštěním do okolního prostředí, ale ke zlepšení oddělování popílku v následném elektrofiltru, ve kterém se vyžaduje použití nižších teplot. Voda se tedy nastřikuje do recirkulujícího proudu nikoliv proto, aby proběhla reakce s oxidem siřičitým, ale z důvodu snížení teploty. K proběhnutí reakce nemůže ani dojít vzhledem ke konstrukci tohoto zařízení. Podle tohoto procesu vzniklý hydroxid nemá potřebný čas ke zreagování s oxidem siřičitým v kouřových plynech, neboť voda se nastřikuje v místě těsně před filtrem. Tento postup se kromě toho týká přípravy cementu, při kterém množství použitého vápna je mnoho desateronásobně vyšší než množství síry, která se vyskytuje ve zpracovávaném plynu.

Cílem uvedeného vynálezu je navrhnout postup odstraňování oxidu siřičitého z kouřových plynů odváděných ze spalovacího zařízení, přičemž by při tomto postupu byl oxid siřičitý převeden na pevné sloučeniny síry, které by bylo možno takto snadno oddělit od uvedených kouřových plynů, čímž by došlo k odstranění oxidu siřičitého z uvedených kouřových plynů odváděných ze spalovacího zařízení jednoduchým a ekonomickým způsobem.

Podstata způsobu odstraňování oxidu siřičitého z kouřových plynů ze spalovacího zařízení, do kterého se ke spalování přivádí materiál obsahující síru a plyn obsahující kyslík, a kromě toho se do procesu přivádí hydroxid vápenatý nebo směs hydroxidu vápenatého a hořečnatého v práškové formě a dále voda a/nebo vodní pára, a nakonec se oddělí z plynů pevný síran nebo siřičitan vápenatý nebo vápenato-hořečnatý jako reakční produkt, spočívá podle uvedeného vynálezu v tom, že se voda a/nebo vodní pára nastřikuje odděleně od přivádění hydroxidu vápenatého nebo směsi hydroxidu vápenatého a hořečnatého v práškové formě do spalovacího zařízení a/nebo do kouřových plynů o teplotě v rozmezí od 50 do 800 °C vystupujících ze spalovacího zařízení, přičemž přidávané látky v práškové formě se zavádí do procesu v přebytku vzhledem ke stechiometrickému množství oxidu siřičitého přítomnému v kouřových plynech.

Ve výhodném provedení se nastřikování vody a/nebo vodní páry provádí při teplotě kouřových plynů v rozmezí od 90 do 200 °C, a rovněž je výhodné jestliže se voda nastřikovaná do kouřových plynů odpaří tepelnou energií vzniklou reakcemi v tomto postupu a v přiváděných kouřových plynech.

Výhody při provádění postupu podle vynálezu vyplývají z toho, že se materiál, který se uvádí do reakce s oxidem siřičitým, a voda přivádí do procesu zpracovávání kouřových plynů odděleně, čímž odpadají problémy s přípravou, manipulací a se zaváděním vodné suspenze do procesu. Tím, že se v postupu podle uvedeného vynálezu zavádí hydroxid ve formě prášku a voda a/nebo vodní pára odděleně do spalovací komory spalovacího zařízení nebo do potrubí odvádajícího kouřové plyny z této spalovací komory a/nebo do následně zařazeného reaktoru, je možno použít jednoduchého zařízení pro zavádění tohoto práškového hydroxidu jako reakčního činidla do procesu, jako je například pneumatické zařízení, čímž se vyloučí ucpávání trysek a nutnost použití přídatných zařízení na přípravu vodné suspenze. Jinak uvedeno, přivádění vody a vodní páry pomocí trysek, prováděné při postupu podle vynálezu je jednoduché a nezpůsobuje komplikace při provozu.

Základní myšlenka postupu podle uvedeného vynálezu tedy spočívá v tom, že se hydroxid zaváděný do kouřových plynů ve formě prášku aktivuje in situ v kouřových plynech účinkem vody a/nebo vodní páry, přičemž potom reaguje s oxidem siřičitým a tvoří se směs síranu a siřičitanu, kterou je možno potom účinným způsobem odstranit z kouřových plynů fyzikálními separačními metodami pro oddělování popílku.

Práškový hydroxid se zavádí do spalovací komory spalovacího zařízení nebo do kouřových plynů, které vystupují z tohoto spalovacího zařízení, podle obsahu síry v použitém palivu a sice takovým způsobem, aby množství hydroxidu vápenatého nebo směsi hydroxidu vápenatého a hořečnatého bylo přinejmenším ekvivalentní množství síry, což je míněno jako molární poměr podle příslušné chemické reakční rovnice, přičemž ve výhodném provedení postupu podle uvedeného vynálezu je toto množství větší než vyžaduje odpovídající molární poměr daný odpovídající chemickou rovnicí.

Zavádění vody nebo vodní páry do kouřových plynů se při praktickém provádění postupu podle vynálezu provádí při teplotě pohybující se v rozmezí od 50 do 800 °C, přičemž ve výhodném provedení podle vynálezu se používá teploty v rozmezí od 90 do 200 °C. V případech, kdy je nutno získat absorpční produkt v podstatě ve formě suchého prášku se používá vody pouze v takovém množství, aby tepelná energie obsažená v kouřových plynech postačovala k odpaření této vody.

Postup podle uvedeného vynálezu bude v dalším detailněji ilustrován s pomocí připojeného výkresu, na kterém je schematicky znázorněno zařízení vhodné k provádění tohoto postupu podle vynálezu, resp. k jednomu z možných provedení tohoto postupu.

Na tomto výkresu je znázorněno spalovací zařízení, jehož součástí je i spalovací komora 1. Do spalovací komory 1 tohoto spalovacího zařízení se ke spalování přivádí palivo, které obsahuje síru prostřednictvím přívodu 4, a dále plyn obsahující kyslík, jako například vzduch, prostřednictvím potrubí 5 a práškovitý hydroxid vápenatý a/nebo hydroxid hořečnatý prostřednictvím potrubí 6, přičemž ve výhodném provedení podle uvedeného vynálezu je množství těchto látek v přebytku v poměru k množství oxidu siřičitého, který je produkován ve spalovací komoře. Tímto výše uvedeným termínem "přebytek" se míní v uvedeném textu to, že množství sloučeniny vápníku, hořčíku nebo sloučenin vápníku a hořčíku, je větší než je množství teoreticky potřebné podle odpovídající chemické reakční rovnice ke zreagování veškerého podílu síry, která je přítomna ve formě oxidu siřičitého ve spalovací komoře.

Uvedený hydroxid, který je přiváděn do spalovacího zařízení, se nejprve dehydratuje v tomto spalovacím zařízení na oxid. Takto vzniklý oxid reaguje alespoň částečně s oxidem siřičitým, přičemž se nejprve tvoří siřičitan a tento siřičitan se potom oxiduje na síran. Vzhledem ke krátkému času zdržení ve spalovacím zařízení má pouze malý podíl takto vzniklého oxidu možnost zreagovat s oxidem siřičitým při teplotě dostatečně vysoké k provedení této reakce a proto se ze spalovací komory uvedeného spalovacího zařízení odvádí potrubím 7 k odvádění kouřových plynů vzniklé kouřové plyny ve směru šipky 8, které obsahují oxid vápenatý a/nebo oxid hořečnatý, přičemž tyto plyny rovněž obsahují zbytky po spalování a rovněž neabsorbovaný oxid siřičitý a vodní páru.

Při praktickém provádění postupu podle vynálezu je teplota těchto kouřových plynů odváděných ve směru šipky 8 tak nízká, že reakce mezi oxidem vápenatým a/nebo oxidem hořečnatým a oxidem siřičitým je relativně slabá, přičemž uvedené oxidy je možno za těchto podmínek považovat za relativně inaktivní pokud se týče schopnosti odstraňovat oxid siřičitý. V případě, že teplota kouřových plynů poklesne, potom přítomné oxidy reagují s vodní parou obsaženou v těchto kouřových plynech za vzniku hydroxidů. Z výše uvedeného vyplývá, že je výhodné přivádět práškový hydroxid přímo do potrubí 7 odvádějící kouřové plyny ze spalovacího zařízení nebo do reaktoru 2, který je napojen na toto potrubí.

Kouřové plyny, které obsahují oxid siřičitý a které se odvádí ze spalovací komory 1 spalovacího zařízení, obsahují rovněž oxid vápenatý a/nebo oxid hořečnatý a případně hydroxid vápenatý a/nebo hydroxid hořečnatý, přičemž tyto plyny se odvádí do reaktoru 2. Za účelem aktivování uvedeného oxidu a/nebo hydroxidu se do uvedených kouřových plynů v reaktoru 2 rozstřikuje voda nebo lépe vodní pára, přičemž tato voda nebo vodní pára reaguje s oxidem vápenatým a/nebo oxidem hořečnatým za vzniku odpovídajícího hydroxidu a za součas-

ného aktivování tohoto hydroxidu a rovněž za současného aktivování hydroxidu, který je již případně přítomen v kouřových plynech. Tento hydroxid alespoň částečně reaguje s oxidem siřičitým, ještě přítomným v kouřových plynech postupujících ve směru šipky 8, za vzniku odpovídajícího siřičitanu, který se v přítomnosti kyslíku přinejmenším částečně dále oxiduje na odpovídající síran. Množství přiváděné vody potrubím 9 do reaktoru 2 se upravuje na takovou úroveň, aby toto přiváděné množství bylo dostatečně nízké a aby odpovídalo tepelnému obsahu kouřových plynů dostačujícímu k odpaření tohoto množství vody přiváděné do reaktoru 2. Za těchto podmínek je možno suchý produkt, podobné konzistence jako létavý popílek, snadno odstranit stejným způsobem jako běžný popílek, který se odděluje v běžném odlučovacím zařízení 3, ze kterého se kouřové plyny vedou potrubím 11 do připojeného komína 13 a oddělený popílek se případně odvádí k dalšímu zpracování prostřednictvím potrubí 10.

Pořadí, ve kterém se do uvedeného procesu přivádí voda a hydroxid, není důležité. Například je možno přivádět do spalovacího zařízení vodu nebo vodní páru a práškovitý hydroxid přivádět do procesu v místě následujícím za spalovacím zařízením buďto do potrubí odvádějícího kouřové plyny ze spalovacího zařízení nebo do dále zařazeného reaktoru.

Dalším výhodným znakem postupu podle tohoto vynálezu je to, že tento postup je možno aplikovat na spalovací zařízení s jakýmkoliv typem hořáků. Rozměr spalovacího zařízení není omezujícím faktorem, přičemž není nutno recirkulovat hydroxid vápenatý a/nebo hydroxid hořečnatý do spalovací komory, takže je možno se obejít bez nákladného alternativního uspořádání s recirkulujícím ložem, při kterém je nutno použít komplikovaného recirkulačního zařízení, a současně je možno předejít problému souvisejícímu s nadměrnou tvorbou prachu, který je z principiálního hlediska nevýhodou uvedeného postupu s recirkulujícím ložem, a rovněž se tak předejde nutnosti oddělování prachu. Ve srovnání s postupy podle dosavadního stavu techniky je rozstřikování vody nebo vodní páry v reaktoru 2 podstatně méně nákladné a komplikované, přičemž tento postup je možno o mnoho snadněji provést, než je tomu v případě rozstřikování uvedených suspenzí, což je náchylné k ucpávání trysek a je rovněž obtížné z hlediska promíchávání suspenze se zpracovávanými plyny.

Postup podle uvedeného vynálezu bude v dalším popsán detailněji s pomocí praktických příkladů provedení.

Příklad 1

Podle tohoto provedení bylo do spalovacího zařízení na práškové uhlí o tepelném výkonu 600 MW přiváděno uhlí o obsahu síry 1,4 %, přičemž rychlost přivádění tohoto materiálu byla 70 tun/hodinu. Spalovací zařízení pracovalo s plnou kapacitou. Do tohoto spalovacího zařízení byl přiváděn přebytek spalovacího vzduchu, takže obsah kyslíku v kouřových plynech byl 4 %.

Do uvedeného spalovacího zařízení byl rovněž přiváděn hydroxid vápenatý s obsahem hydroxidu vápenatého 90 %, přičemž množství tohoto hydroxidu vápenatého bylo v různých poměrech vzhledem k množství síry přiváděné do procesu do spalovacího zařízení prostřednictvím paliva. Teoretické ekvivalentní množství odpovídá asi 2,5 tunám/hodinu uvedeného hydroxidu vápenatého. Hydroxid vápenatý a voda a/nebo vodní pára jsou rozstřikovány do kouřových plynů buďto v potrubí, které odvádí tyto kouřové plyny nebo v odděleném reaktoru, který je zařazen za spalovacím zařízením a napojen na potrubí odvádějící kouřové plyny.

Z hlediska úspory energie je neekonomičtější zvyšovat obsah vlhkosti v kouřových plynech rozstřikováním vody do těchto kouřových plynů v samostatném reaktoru, zařazeným v postupu podle vynálezu v místě za veškerými teplovýmennými povrchy použitými v tomto postupu.

Zvýšený obsah vlhkosti v těchto kouřových plynech umožňuje získání vysoce reaktivního hydroxidu vápenatého, který potom rychle reaguje s oxidy přítomnými v kouřových plynech. Čím vyšší je obsah vlhkosti v kouřových plynech odváděných ze spalovacího zařízení, tím účinnější je odstraňování oxidu siřičitého z těchto kouřových plynů. Z hlediska úspory energie je ovšem výhodné provádět tento postup takovým způsobem, aby teplo uvolněné při uvedených chemických reakcích postačovalo k odpaření vody přiváděné do procesu. V případech, kdy je nutné zvýšit konečnou teplotu kouřových plynů, tzn. teplotu kouřových plynů na konci postupu, je možno buďto použít z kahlátí těchto plynů vnějšího přívodu tepla nebo použít přívodu proudu teplých kouřových plynů.

Získané výsledky při provádění tohoto postupu jsou uvedeny v následující tabulce, přičemž v této tabulce je uvedeno procentuální odstranění oxidu siřičitého z kouřových plynů při měnícím se použitím množství uhličitanu vápenatého, který byl přiváděn do spalovacího zařízení, podle uvedeného vynálezu, dále je v této tabulce uvedeno množství hydroxidu vápenatého přiváděného do spalovacího zařízení ve formě molárního poměru obsahu vápníku v práškovém hydroxidu vápenatém k obsahu síry v palivu přiváděnému do spalovacího zařízení. Teplota kouřových plynů byla měřena v místě těsně před místem přivádění vody nebo vodní páry do procesu, s výjimkou teploty 800 °C, přičemž při tomto provedení byla voda nebo vodní pára přiváděna přímo do spalovacího zařízení.

TABULKA 1

Poměr Ca/S	Teplota kouřových plynů (°C) S ^{B)}	Teplota kouřových plynů (°C) W	Snížení obsahu SO ₂
0,48	800 ^{A)}	108	42 %
0,52	50	65	56 %
1,52	202	74	77 %
1,56	90	68	82 %
2,20	200	72	87 %
2,22	120	62	96 %
2,3	110	68	93 %
2,5	90	66	97 %
4,1	800	110	72 %
4,0	120	68	98 %

A) voda nebo vodní pára přiváděny do spalovacího zařízení

B) teplota měřena v místě těsně před místem přívodu vody

S = před reaktorem

W = za reaktorem

Příklad 2

Podle tohoto příkladu provedení byl do spalovacího zařízení stejného typu jako v příkladu 1 přiváděn hydroxid vápenato-hořečnatý, který obsahoval hydroxid vápenatý v množství 45 % hmotnostních a hydroxid hořečnatý v množství 45 % hmotnostních, přičemž 10 % byly znečišťující složky. Ve spalovacím zařízení bylo použito stejných podmínek jako v příkladu 1. Hydroxid vápenato-hořečnatý a voda a/nebo vodní pára byla přiváděny do kouřových plynů buďto ve spalovací peci nebo v odděleném reaktoru, který byl umístěn v místě za spalovacím zařízením.

V důsledku zvýšeného obsahu vlhkosti se zejména u hydroxidu vápenatého zvýší reaktivita, přičemž dochází k rychlé reakci mezi touto sloučeninou a oxidem siřičitým, který je přítomen v kouřových plynech. V případě, že molární poměr vápníku, který je obsažen v hydroxidu vápenatém, k síře je přinejmenším 1, potom reakce probíhá hlavně mezi hydroxidem vápenatým a oxidem siřičitým, přičemž hydroxid hořečnatý, který reaguje pomaleji, prochází reakční zónou v podstatě nezměněn.

V případě, že se hydroxid hořečnatý-vápenatý přivádí do horkých kouřových plynů, potom výsledek je buďto ten, že se rozkládá hydroxid hořečnatý na oxid hořečnatý a vodu, nebo ten, že se celý podíl hydroxidu vápenato-hořečnatého rozloží na oxid vápenatý a oxid hořečnatý a vodu. V tomto případě může každý z uvedených oxidů reagovat s oxidem siřičitým, přičemž s tím jak kouřové plyny chladnou zvyšuje se obsah vlhkosti a tvoří se opět hydroxid, který dále reaguje s oxidem siřičitým. Jestliže je molární poměr vápníku k síře přinejmenším 1, potom výsledky reakce a podmínky jsou v podstatě stejné jako hodnoty uvedené v tabulce 1, jako důsledek schopnosti sloučeniny vápníku reagovat mnohem rychleji.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob odstraňování oxidu siřičitého z kouřových plynů ze spalovacího zařízení, do kterého se ke spalování přivádí materiál obsahující síru a plyn obsahující kyslík, a kromě toho se do procesu přivádí hydroxid vápenatý nebo směs hydroxidu vápenatého a hořečnatého v práškové formě a dále voda a/nebo vodní pára, a nakonec se oddělí z plynů pevný síran nebo siřičitan vápenatý nebo vápenato-hořečnatý jako reakční produkt, vyznačující se tím, že se voda a/nebo vodní pára nastříkuje odděleně od přivádění hydroxidu vápenatého nebo směsi hydroxidu vápenatého a hořečnatého v práškové formě do spalovacího zařízení a/nebo do kouřových plynů o teplotě v rozmezí od 50 do 800 °C vystupujících ze spalovacího zařízení, přičemž přidávané látky v práškové formě se zavádí do procesu v přebytku vzhledem ke stechiometrickému množství oxidu siřičitého přítomnému v kouřových plynech.
2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že se nastříkávání vody a/nebo vodní páry provádí při teplotě kouřových plynů v rozmezí od 90 do 200 °C.
3. Způsob podle bodů 1 nebo 2, vyznačující se tím, že se voda nastříkovaná do kouřových plynů odpaří tepelnou energií vzniklou reakcemi v tomto postupu a v přiváděných kouřových plynech.

