

TECHNOLOGIE KE SNIŽOVÁNÍ EMISÍ (SEKUNDÁRNÍ OPATŘENÍ K OMEZOVÁNÍ EMISÍ)

3. část ODSTRANĚNÍ SO₂ A HCl ZE SPALIN

Zpracoval:
Tým autorů
EVECO Brno, s.r.o.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

ODSTRANĚNÍ SO₂ A HCl ZE SPALIN

Množství SO₂, HCl, popř. HF ve spalinách je v úměrné obsahu S, Cl, F v palivu.

Nečištěné spaliny z tepláren a elektráren spalující převážně hnědé uhlí obsahují vysoký podíl SO₂ (běžně 1500-3000mg/Nm³) a relativně málo HCl a HF, naopak obecně provozování spalující odpady (spalovny) produkují spaliny s vyšším obsahem HCl (běžně 1000mg/Nm³ HCl a 500mg/Nm³ SO₂).

Pro čištění spalin lze použít technologie:

- Suché,
- Polosuché,
- Mokrý.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

- Do spalin je dávkován suchý práškový sorbent za účelem neutralizace kyselých složek (SO_2 , HCl , HF)
- Lze použít sorbenty na bázi Ca^{2+} nebo Na^+

Sorbenty na bázi Ca^{2+} :

- pálené vápno CaO
- vápenný hydrát $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (např. obchodní název Sorbacal fy. Lhoist)

Sorbenty na bázi Na^+ :

- trona – $\text{NaCO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- hydrogenuhličitan (bikarbonát) sodný - NaHCO_3 (např. obchodní název BICAR TEC fy. Solvay)

- Produkty čištění spalin jsou suché práškové látky



evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚŠTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

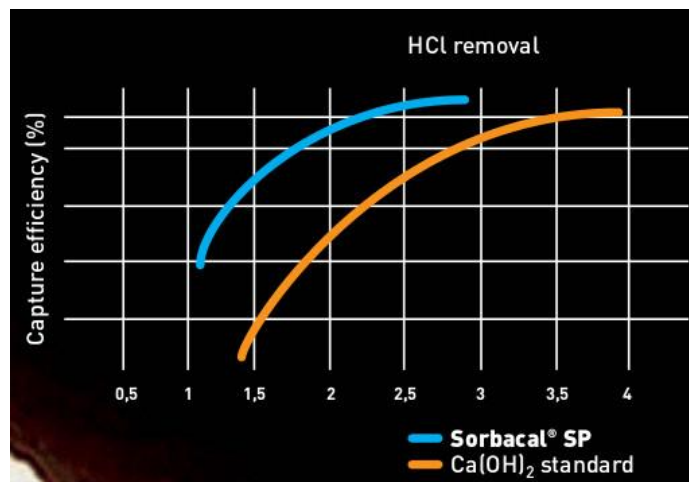
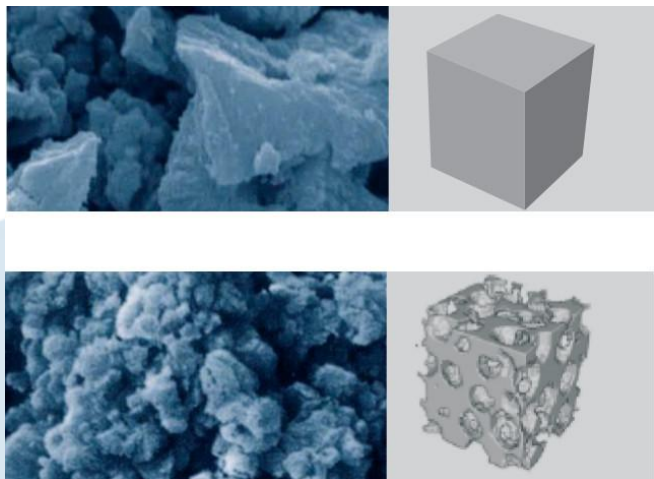
Příklady suchých sorbentů

U suchých sorbentů je důležité dosáhnout optimální granulometrie, velikost a množství pórů a vysoký specifický povrch pro zvýšenou účinnost.

Ca²⁺ – suché sorbenty:

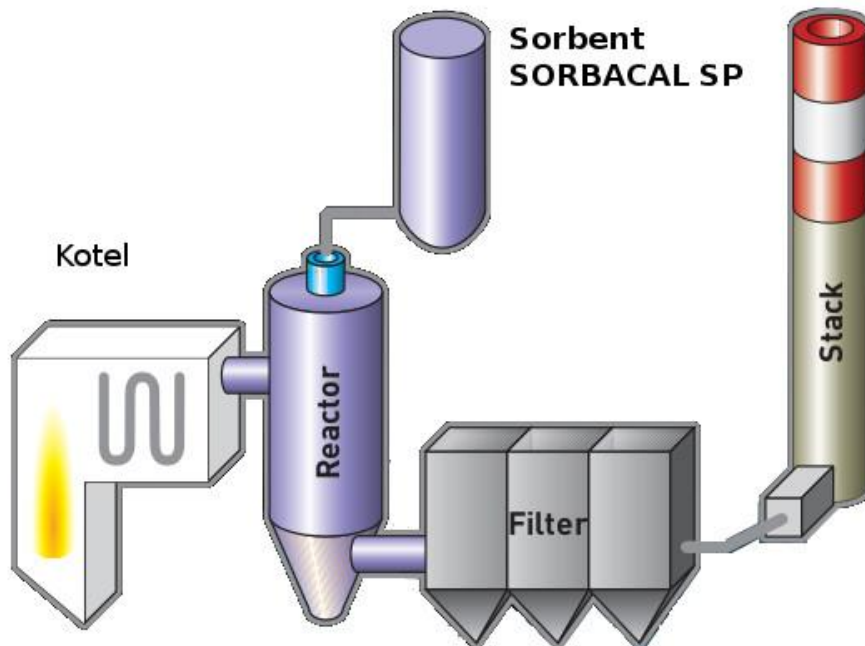
Vlevo horní obr. „obyčejný“ vápenný hydrát (spec.povrch 15m²/g)

Vlevo dolní obr. Sorbacal SP (spec.povrch 40m²/g)



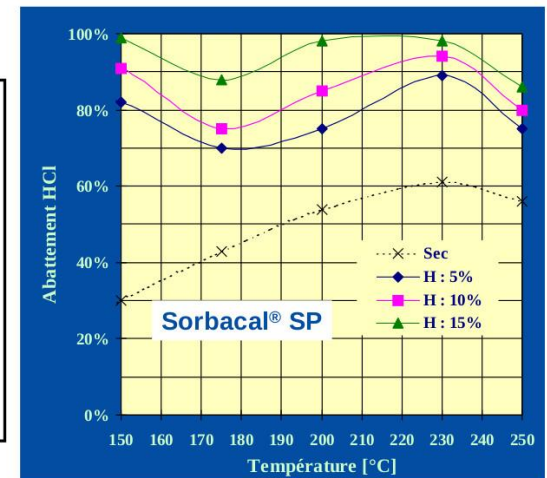
Příklady technologie

Účinnost suché čištění spalin pomocí sorbentu na bázi Ca^{2+} závisí jednak na vlastnostech použitého sorbentu nebo parametrech spalin (obsah SO_2 , HCl , H_2O , TZL, teplota), ale také na strojně-technologickém uspořádání (injektáž do spalin, způsob filtrace spalin apod.).



Acid Gas Hierarchy

SO_3
HF
HCl
 SO_2



HCl : 1200 mg/Nm³ - CO₂ : 9 % - RS : 1,7

Příklady suchých sorbentů

V Evropě se v oblasti použití suchých sorbentů pro čištění spalin na bázi Na^+ výhradně využívá **hydrogenuhličitanu sodného** (NaHCO_3), připraveného chemickou cestou (Solvay proces).

V USA se pro čištění spalin ve velké míře z ekonomických důvodů využívá také přírodního nerostu **trony** (velká naleziště v Green River, Wyoming).

Podobně jako u sorbentů na bázi Ca^{2+} je důležité dosáhnout optimální granulometrie, velikost pórů a vysoký specifický povrch pro zvýšenou účinnost.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Příklady suchých sorbentů

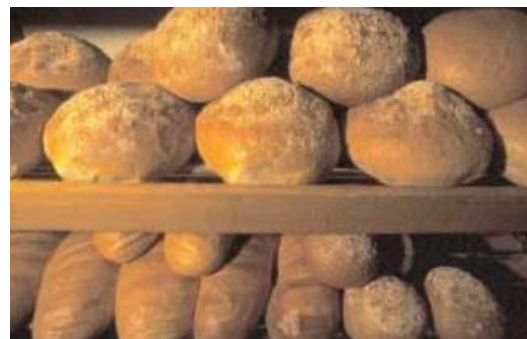
Na⁺ sorbenty



Přírodní minerály **nahcolit (NaHCO₃)** (vlevo) a **trona (NaCO₃·NaHCO₃·2H₂O)** (vpravo).

Hydrogenuhlíčan sodný (NaHCO₃) lze nalézt také v:

- Potravinové doplňky
- Prášek do pečiva, potraviny
- Zubní pasty
- Čistící prostředky



SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO_3)

pomocí hydrogenuhličitanu sodného

Technologie využívá NaHCO_3 jako neutralizační činidlo.

NaHCO_3 se začíná při teplotách nad $70\text{ }^\circ\text{C}$ velmi pomalu rozkládat na uhličitan sodný, teprve při teplotách nad $140\text{ }^\circ\text{C}$ je rozklad dostatečně rychlý.

Při rozkladu se zvětšuje jeho reakční povrch a pórovitost. Tento jev, označovaný jako „popcorn effect“ nebo kalcinace (uvolnění CO_2).

Teprve po provedení kalcinace – termické aktivace se původní NaHCO_3 stává velmi účinným neutralizačním činidlem.



evropský
sociální
fond v ČR

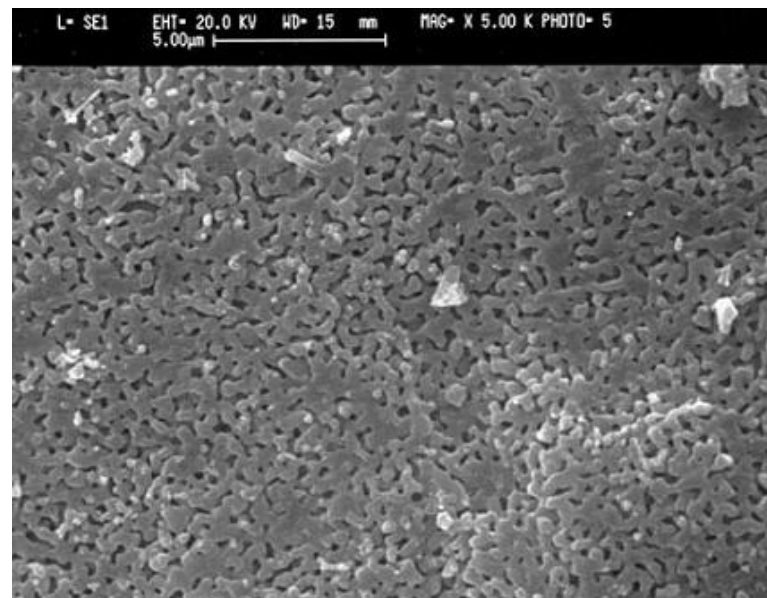
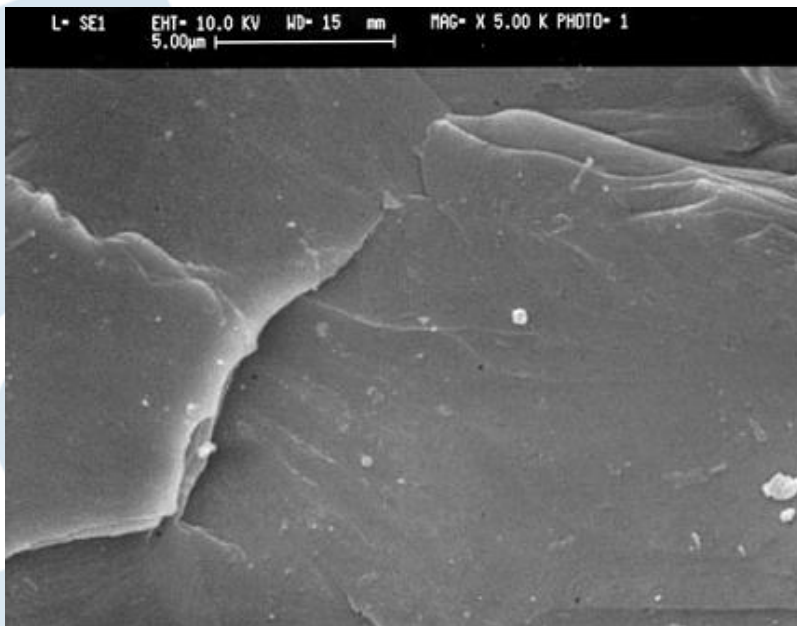


OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO₃)

„Popcorn effect“



evropský
sociální
fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE



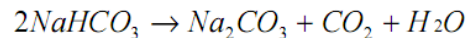
OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

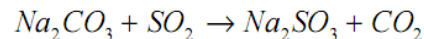
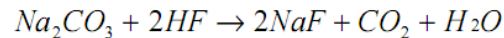
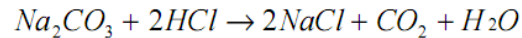
SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO₃)

Reakční schéma a schéma technologie

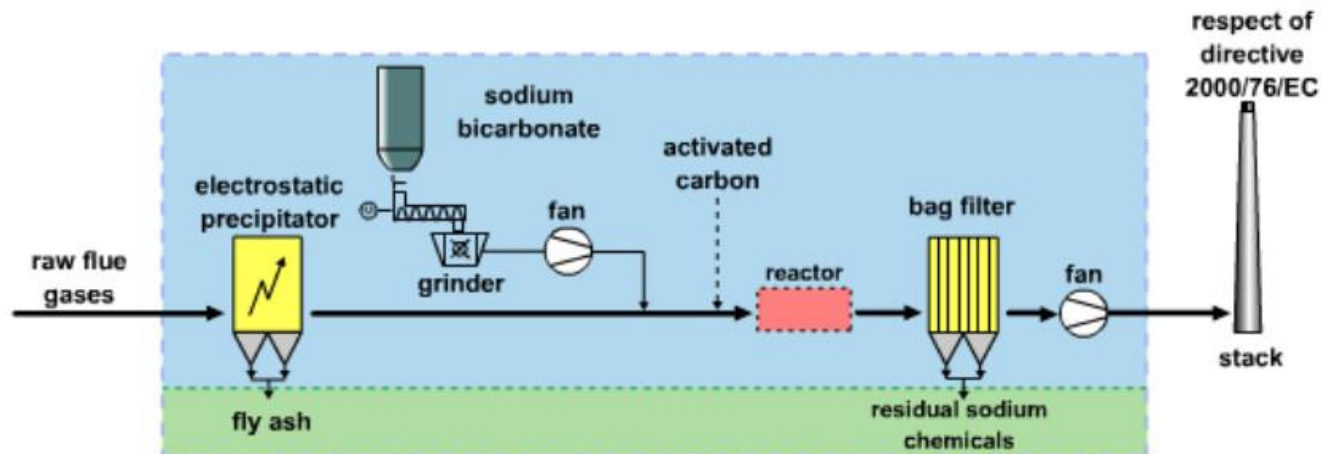
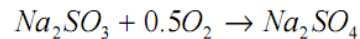
1. termická aktivace - kalcinace



2. neutralizační reakce



3. oxidace



SUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN (NaHCO₃)

Třídící mlýn ↓



← Dopravní ventilátor

Zásobník sorbentu ↓



POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

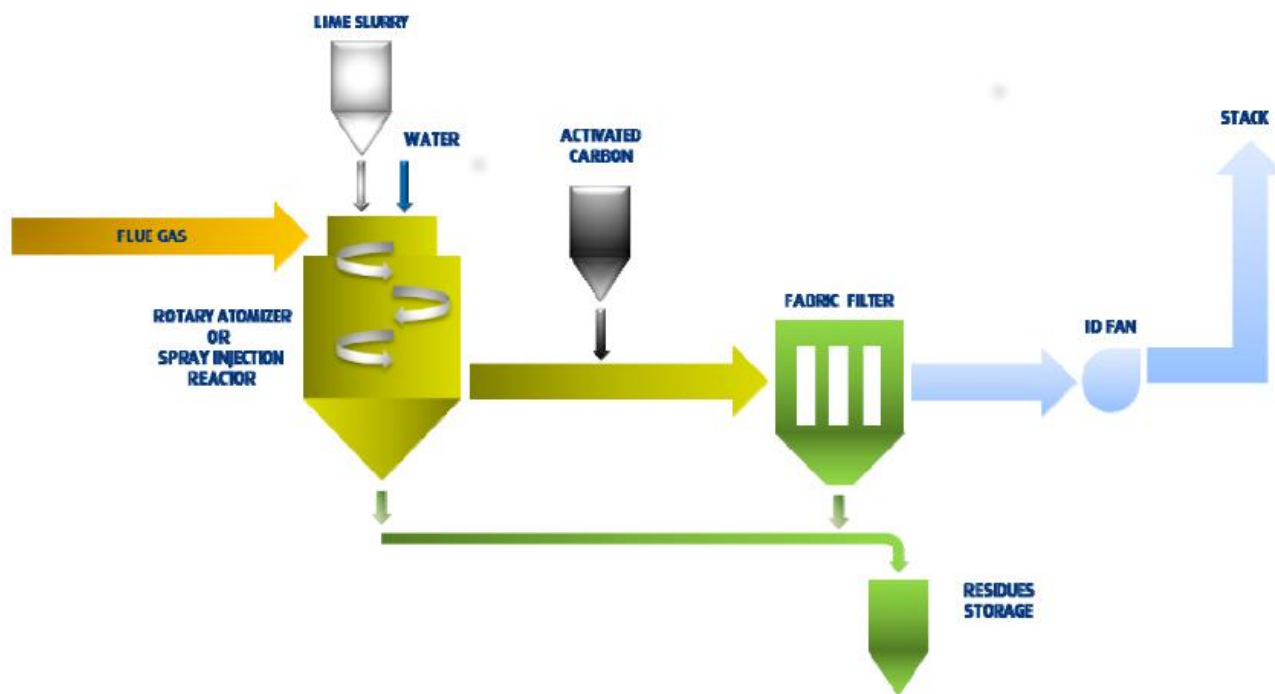
Spočívá v nástřiku kapalného reakčního činidla (nejčastěji vápenné mléko) do spalin v reakční věži (absorbér).

Současně dochází k ochlazení spalin, k neutralizačním reakcím a vysušení reakčních produktů.

Reakční produkty včetně nezreagovaných podílů jsou unášeny spalinami do látkového filtru, kde se zachytí a částečně jsou vráceny zpět do procesu čištění spalin (recirkulace).

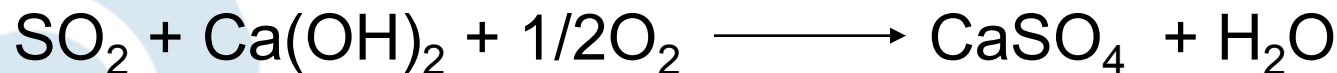
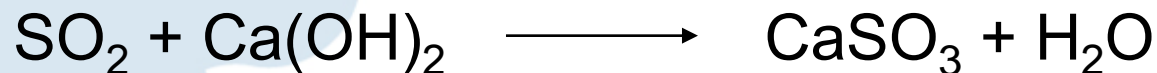
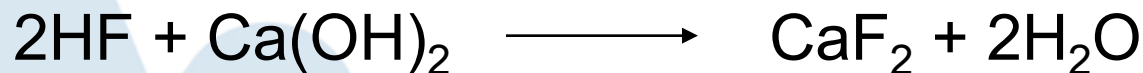
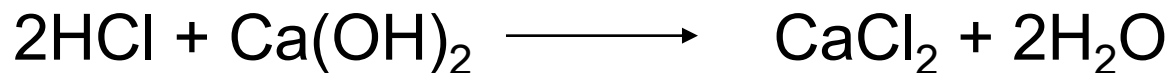
Součástí technologie bývá také příprava reakčního činidla.

POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN



POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

CHEMICKÉ ROVNICE



evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

Reakční teplota se volí v rozmezí 120 až 160 °C. Konečný produkt je suchý prášek, který se z proudu spalin odlučuje v suchých odlučovačích. Uložení odloučeného prachu není obtížné, poněvadž alkalické vlastnosti produktu vážou těžké kovy a znesnadňují jejich vyluhování.

V porovnání se suchými metodami je účinnost polosuchých procesů čištění spalin téměř stejná nebo vyšší. Nevýhodou je, že příprava a aplikace sorpčních činidel a vlastní technologické zařízení je složitější než u suchých metod. Z toho plynou i vyšší náklady investiční a provozní. Nevýhodou je menší účinnost procesu v porovnání s mokřými metodami čištění spalin. Další nevýhodou je spotřeba speciálně připraveného sorbentu a následně přibližně stejně velká produkce nebezpečného odpadu v podobě práškového materiálu s chemicky vázanými škodlivinami.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

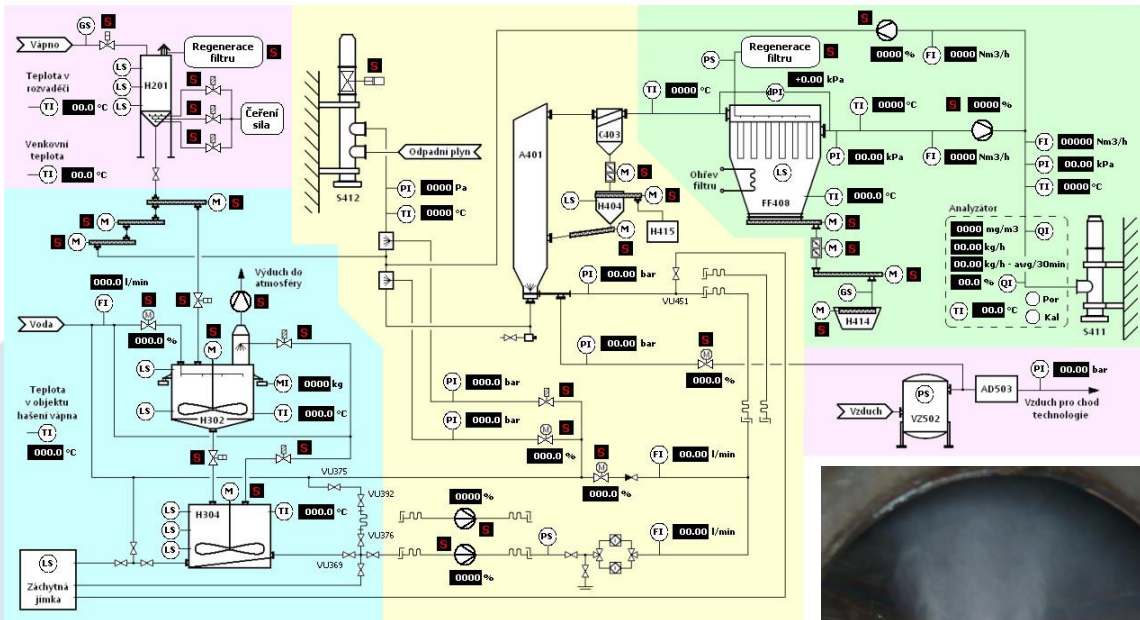


OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

POLOSUCHÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

Technologie GSA – polosuché čištění s cirkulující fluidní vrstvou



MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

Při mokrém čištění spalin se využívá principu absorpce (záchytu na kapalném sorbentu) a chemisorpce. Jako sorpční činidlo se používají roztoky chemických aditiv na bázi louhů, sody, vápenného mléka, vápenec apod. Rovněž produkty tohoto procesu jsou kapalné.

Mokrý postup čištění spalin zajistí jednak odloučení prachu a současně i odloučení dalších škodlivin se spalin.

Princip mokrého čištění spalin spočívá v tom, že do proudu spalin se rozptyluje kapalně sorpční činidlo. Tím dochází k prudkému ochlazení spalin. Částice prachu obsažené ve spalinách se dostávají do styku s daleko většími částicemi vody. Prach smáčený vodou ulpívá na vodních kapkách a spolu s nimi se pak odlučuje. Současně s tím probíhá absorpce a chemická reakce plynných škodlivin s roztokem a ochlazení spalin na saturační teplotu (pohybující se kolem 60-65 °C).



evropský
sociální
fond v ČR

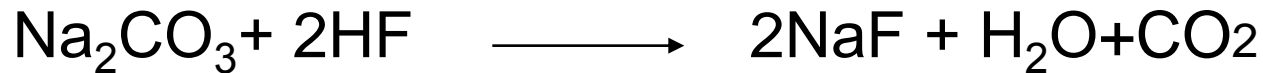
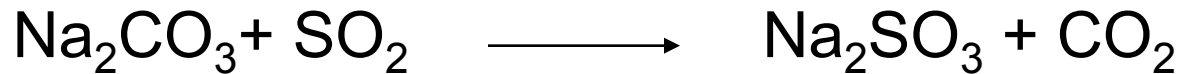
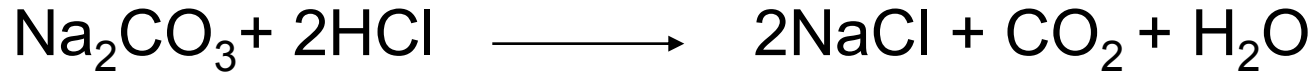


OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

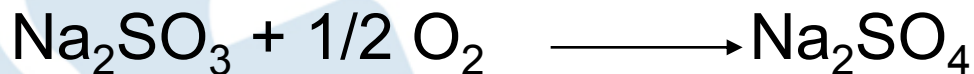
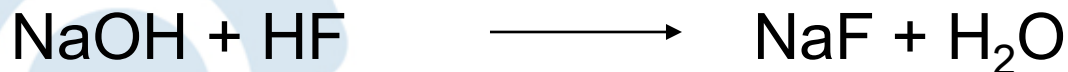
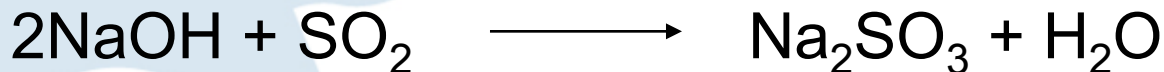
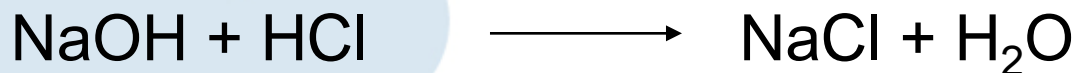
PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

činidlo - soda

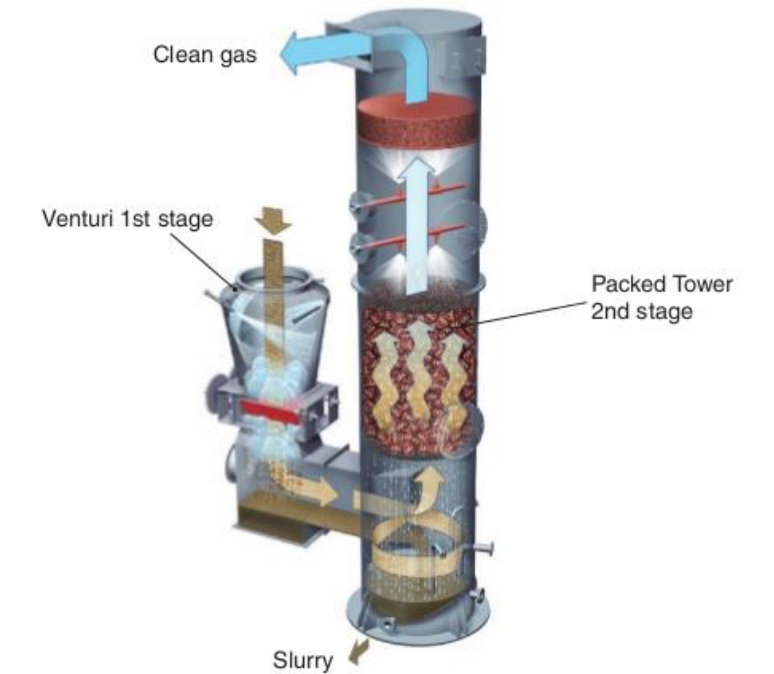


činidlo – louh sodný



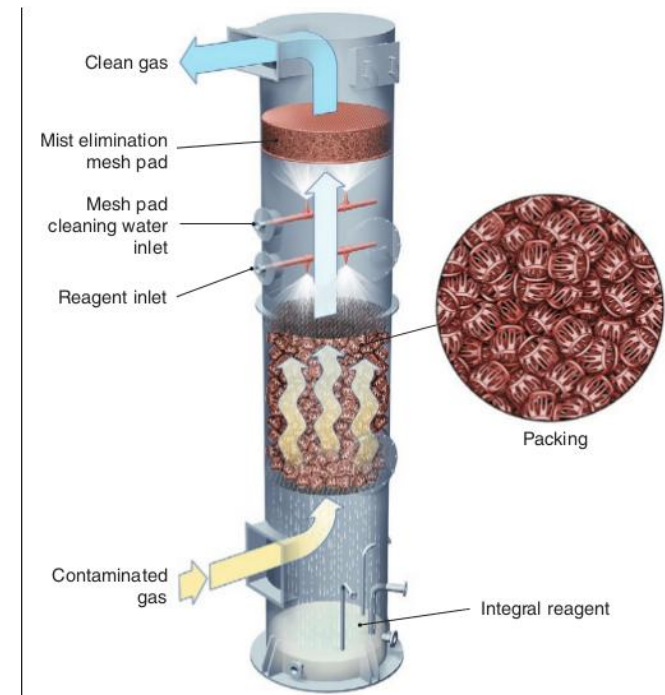
MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

K dosažení vysoké účinnosti procesu odlučování škodlivin, je třeba vytvořit velkou kontaktní plochu mezi spalinami a kapalinou a proces rozdělit na více stupňů. Při velkých množstvích škodlivin ve spalinách se v průběhu vstřikování vypíracího roztoku nastaví hodnota pH na 2 až 3 (kyselá). V prvním stupni se realizuje ochlazení spalin na saturační teplotu, záchyt zbytků prachu, záchyt halogenidů (HCl a HF) a těžkých kovů (zejména rtuti a kadmia). V druhém absorpčním stupni, kde se dávkováním např. louhu sodného nebo vápenného mléka udržuje hodnota pH na 6 až 7. Zde se uskutečňuje záchyt zbytkových úletů z předcházejícího stupně a záchyt dalších kyselých plynů, zejména SO₂.



MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

Často je zařazován další stupeň absorpce pro zvýšení účinnosti procesu čištění spalin. Třetí absorpční stupeň je dočišťovací a používá se při vysokých vstupních koncentracích škodlivin ve spalinách. Jednotlivé absorpční stupně jsou plně oddělené, aby nedocházelo k průniku sorpčních medií mezi jednotlivými stupni. Jsou provozovány při různém pH sorbentu. Spaliny na výstupu z absorpce jsou nasyceny vodní parou na saturační teplotu (cca 60-65°C).



MOKRÉ ČIŠTĚNÍ SPALIN

V porovnání se suchými a polosuchými metodami čištění spalin je účinnost mokrých procesů čištění spalin nejvyšší.

Nevýhodou je, že příprava a aplikace sorpčních činidel a vlastní technologické zařízení je nejsložitější.

Z toho plynou i vyšší investiční náklady. Vzhledem k vysoké účinnosti je spotřeba pomocných látek relativně nejmenší a produkce odpadních látek je malá.



evropský
sociální
fond v ČR



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz