

BITUMENFÚVATÓ ÜZEM GÁZKEZELÉSÉNEK VIZSGÁLATA SZABADALMI SZEMPONTBÓL*

1. BEVEZETÉS

A dolgozat egy magyarországi vegyipari vállalat telephelyén működő bitumenfúvató üzem gázkezelési rendszerének korszerűsítéséről szól. Az üzemben már az 1970-es évek óta történik bitumenfúvatás, amelynek során a kőolaj desztillációja közben keletkező maradék bitument jobb minőségűvé, útépitésre alkalmasabbá teszik.

1.1. Bitumenfúvatás

A fúvatás során a forró bitument egy reaktorba gyűjtik, a tartály aljába pedig környezeti levegőt nyomnak, amellyel fúvatják a bitument. A kezeletlen bitumen érzékeny az oxidációra, a fúvatás során a bevezetett levegő oxigéntartalma kémiai átalakulást eredményez, a szénhidrogének részlegesen oxidálódnak. A folyamat során víz is keletkezik, amely a forró (200 °C-nál magasabb) hőmérséklet miatt gőzként távozik a rendszerből. A bitumen hidrogéntartalma csökken, közben kis mennyiségű oxigént köt meg. A gyantás részek aszfalténné alakulnak, az anyag állaga így sokkal gélsebébb lesz, összességében pedig – kiindulási anyagtól függően – emelkedik a bitumen lágyulási pontja.

1.2. Véggáztisztítás

A művelethez hatalmas mennyiségű levegőre van szükség, amely igen magas hőmérsékleten távozik a rendszerből, miközben különböző szennyezőanyagokat tartalmaz. Ezt a szennyezett fúvatási levegőt nevezzük véggáznak. A telephelyen az 1980-as években helyeztek üzembe az üzemelő fúvatósorok után egy véggáztisztító sort, amely különböző berendezések segítségével tisztítja meg a véggázt.

Olajos és vizes mosót használnak az olajos szennyezők eltávolítására, amelyet egy tartályban gyűjtenek össze, majd cseppleválasztó segítségével teszik szárazabbá a véggázt. Ezt követően a bitumen melegítéséhez használt melegítőolaj-kazánban égetik el a levegőt.

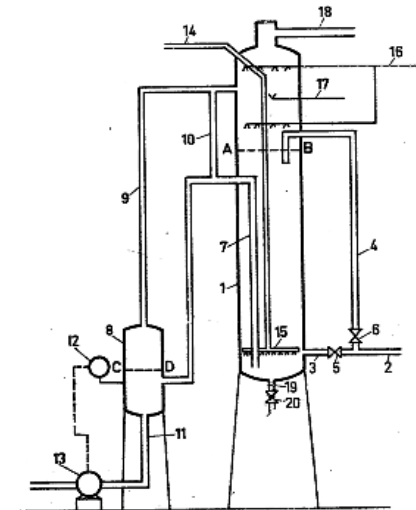
A bemutatott, majd szimulált korszerűsítés ezt a rendszert váltaná le a jövőben, mert jelenleg a véggáztisztítósnak nem elég nagy a kapacitása a lágyabb bitumenek fúvatásához.

* A Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala Ujvári János diplomadíj-pályázatán díjazott dolgozat szerkesztett változata.

A tervek szerint egy olajos mosó marad, amelyből a levegő egy új kazánba kerülne elégetésre, amelynek a kilépő, 900 °C-os füstgáza egy hőcserélőn keresztül adná le hőjét a melegítőolajnak. A füstgáz tisztítása ezt követően kezdődne meg egy kén-dioxid-leválasztó berendezéssel az előzetes tervek szerint. A szimuláció ezen berendezés működését mutatja be.

2. BITUMENFÚVATÁSI SZABADALMAK

Az első bitumenfúvatásra vonatkozó szabadalmak már az 1960-as években megjelentek, amelyeket főleg a ma is jelentősnek számító vegyipari és olajvállalatok jelentettek be.



1. ábra: A fúvatóberendezés felépítése

Az első fellelhető ezzel kapcsolatos ötlet a Shelltől származik 1966-ból (GB1025136A), amely a bitumenfúvatásához alkalmas toronyt, a reaktort írja le. Ez nagyban hasonlít a vizsgált telephelyen jelenleg is üzemelő fúvatósorok felépítéséhez. A találmány szerint a toronyba alulról táplálják be a technológiai közeget, a bitumet, vagy oldalról, de a normál bitumenszint alatt. A fúvató levegőt, amely általában környezeti levegő, tehát 21%-os oxigéntartalommal rendelkezik, a torony tetején vezetik be egy csőben egészen a torony aljáig, hogy a forró bitumenben vezetett csőben felmelegedjen az anyag. Az alján található egy elosztóberendezés, amely egyenletesen oszlatja szét a levegőt a bitumenben, a levegő pedig a tartály tetején távozik. Annak érdekében, hogy a reaktorban a bitumen

szintje állandó legyen, oldalelvétellel egy közbenső tartály alkalmazandó, amely a reaktorban lévő anyag normál szintjénél egy kicsit lejjebb van. A különböző berendezések csövekkel történő összeköttetése az 1. ábrán látható.

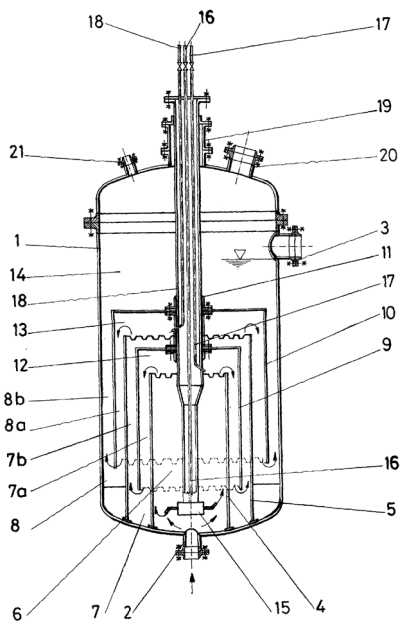
A fúvatás folyamata ebben a berendezésben lehet szakaszos, illetve folyamatos is, azonban a folyamatost érdemes alkalmazni, mert az gazdaságosabb üzemeltetési szempontból.¹

A bitumen fúvatásának terén az osztrák OMV (Österreichischer Mineralölverwaltung Aktiengesellschaft) is komoly fejlesztéseket, illetve ötleteket tudott felmutatni az 1970-es évek elején (GB1300783A). Az előzőekben ismertetett berendezést, illetve eljárást tették hatékonyabbá, különösen a fúvatási levegő betáplálásának finomításával.

¹ Blowing columns for use in the production of blown asphaltic bitumen – GB1025136A.

Az eddig ismertetett eljárás szerint a fűvatósi levegő betáplálása és oszlatása egyszerű fűvatókakon keresztül történt, amely során a levegőnek sokkal nagyobb nyomáson kellett érkeznie, mint a bitumen hidrosztatikus nyomása. Egy újabb eljárás során azonban elegendő a betáplált fűvatósi levegő nyomásának csak egy kicsit nagyobbak lennie, mint a bitumen hidrosztatikus nyomása. Ehhez a levegő betáplálásának helye fölé keverőberendezést kell beépíteni. A keverő és a levegő betáplálásának szabályozásával könnyen lehet szabályozni azt, hogy a fűvató bitumen milyen keménységű legyen, mennyi oxigént kapjon, ezáltal egyetlen reaktorban több, különböző bitumentípust lehet fűvátani, természetesen nem egyszerre.²

A bitumenfűvatósi szabadalmaknak magyar vonatkozása is van, ugyanis a Kőolaj- és Gázipari Tervező vállalat, valamint a Dunai Kőolajipari Vállalat 1978-ban nyújtott be szabadalmi bejelentést egy újfajta bitumenfűvató apparátusra (HU181629B).³ Az azelőtt használatos berendezések és eljárások sok hátránnyal rendelkeztek, a magyar mérnökök fő célja ezek kiküszöbölése volt egy újabb típusú bitumenfűvató berendezés kifejlesztésével.



2. ábra: Az osztott folyadékteres reaktor

Fő hátrányként merült fel mindegyik eljárás esetében, hogy az optimális levegőeloszlás fenntartása mellett sem a fűvatólevegő mennyiségét, sem a betáplálás helyét nem lehetett szabályozni. Továbbá az addig használt berendezések nem tették lehetővé az intenzívebb levegő-bitumen érintkezést, mert a levegőbuborékok túl gyorsan haladnak felfelé a reaktorban. Ez növeli az idő- és levegőszükségletet, közvetve pedig a költségeket is.

Az újabb típusú, recirkulációs, illetve keverőlapátos berendezések esetében pedig üzembiztonsági problémákkal kell szembenézni, illetve a sűrűségkülönbségből adódó recirkuláció mértéke nem ellenőrizhető.

A hátrányok kiküszöbölése érdekében születtek magasság-átmérő viszonyszámot jelentősen megnövelő megoldások, amelyek ugyan csökkentették a levegőfelhasználást, de a beruházási és üzemeltetési költségek is megnöttek.

² Bitumen blowing – GB1300783A.

³ Bitumen fűvató berendezés – HU181629B.

A fő cél egy olyan találmány megalkotása, amely kiküszöböli a hátrányokat és biztosítja a levegő jobb elosztatását, az érintkeztetési felületek megújulását, ezáltal a diffúziós idő megnövelését, valamint az egyenletesebb minőség érdekében a fúvatólevegő hely és mennyiség szerinti szabályozását.

A találmány sarokpontja, lényege, hogy a reaktor folyadéktere két, egymással sorosan kapcsolt, önálló folyadéktérrel és gáztérrel ellátott reaktorra van felosztva. Tehát a berendezés hengerfelületekkel és az azokat felülről lefedő harangokkal a reaktor munkaterét több, egymással sorosan kapcsolt kaszkádreaktorra osztja.

A fejlesztéssel komolyabb beruházás nélkül lehet a fúvatást pontosan szabályozni, így előre meghatározott minőségű végterméket gyártani.

A 20. század utolsó harmadától kezdve nem születtek újabb ötletek a bitumenfúvatás terén, ebből az látszik, hogy ez a technológia már nem igazán javítható, fejleszthető.

3. A KÉN-DIOXID LEVÁLASZTÁSA

Egészen a hatvanas évekig visszamenőleg rendelkezésre állnak szabadalmi bejelentések, amelyek különböző technológiákat és metódusokat írnak le a kén-dioxid leválasztására füstgázból. A technológia folyamatosan fejlődik, és a globális trendeknek, a klímaválságnak és a kormányok egyre zöldebb politikájának köszönhetően még mindig nagy igény van a füstgáztisztítási eljárások fejlesztésére, ennek megfelelően a mai napig születnek újabb és újabb bejelentések a kén-dioxid-leválasztás folyamatának fejlesztésére, hatékonyabbá tételére.

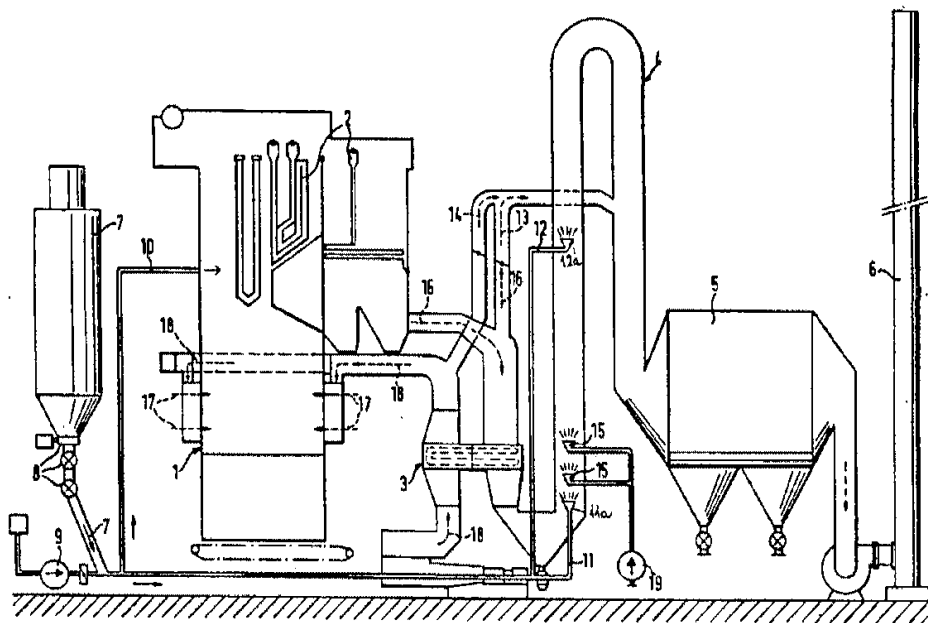
A fúvatási véggáz kezelése során a gáz elégetésre kerül egy kazánban mind az eddigiekben, mind a korszerűsítések után is, ennek kezelése a környezetbe engedés előtt szükséges, így a következő fejezetben feltérképezzük, hogy a kén-dioxid-leválasztás hogyan fejlődött, és milyen lehetőségek állnak rendelkezésre.

3.1. Leválasztás a tüztér után

A kén-dioxid leválasztása esetén főleg kémiai eljárások terén lehet újítani. A legelterjedtebb az US3928537A számú amerikai szabadalmi bejelentésen alapuló eljárás, ennek során a kén-dioxidot gipsz formájában távolítják el a következő folyamatban: a véggázt egy szerves sav alkálisóját tartalmazó vizes oldattal kezelik. Ekkor az abszorbeálódó kén-dioxid alkáli-szulfittá és alkáli-szulfáttá alakul a vizes oldatban abszorbeálódás után. Az így abszorbeálódott kén-dioxidot tartalmazó oldaton oxigéngázt vagy levegőt fúvatnak át, hogy az alkáli-szulfitot alkáli-szulfáttá oxidálják, majd az oldathoz kalcium-karbonátot vagy kalcium-hidroxidot adagolnak, amellyel az alkáli-szulfátot kalcium-szulfáttá (gipsz) alakítják. A kalcium-szulfátot kiszűrik és a szűrletet visszavezetik az abszorberbe. Ezzel a módszerrel

az a probléma, hogy a szeparálás után kapott oldat még mindig tartalmaz oldott állapotban kalcium-szulfátot oldékonyságának megfelelő mértékben. Amennyiben ez az oldat tovább lesz keringtetve, akkor a kén-dioxid abszorbeálódásának következtében képződő alkáliszulfit és a még oldott kalcium-szulfát reagálnak egymással, aminek következtében nehezen oldható kalcium-szulfit keletkezik és kristályosodik ki, amely komoly működésbeli problémákat is okozhat, az abszorpciós oszlopban nyomáscsökkenést, a különböző vezetékben pedig elzáródást.

Egy magyar szabadalom (HU175253B)⁴ megoldást javasol erre a problémára, eszerint, ha a véggázokat vizes oldatban kezeljük, amely egy alkánsav vagy egy szulfonált dikarbonsav alkáli sóját tartalmazza, a lerakódások elkerülhetőek. Részletesebben a találmány tárgya olyan eljárás kén-dioxid eltávolítására véggázból, amelynél a véggázt valamely 2–5 szénatomot tartalmazó alkánsav, vagy láncában 1-4 metilénsoportot tartalmazó és adott esetben szulfonált dikarbonsav alkáli sóját tartalmazó vizes oldattal érintkeztetjük, majd a vizes oldatnak legalább egy részén levegőt fúvatunk át, az alkáli-szulfátot tartalmazó oldathoz ezután kalcium-karbonátot vagy kalcium-hidroxidot adunk, a kivált gipszet kiszűrjük és az így kapott szűrletet a véggáz abszorbeálása céljából keringtetjük.



3. ábra: A kén-dioxid füstgázból történő eltávolítására szolgáló apparátus

⁴ Eljárás kén-dioxid eltávolítására véggázokból – HU175253B.

Kén-dioxid-leválasztás esetén persze nemcsak a folyamat fejlesztésére, hanem merőben új berendezések és folyamatok együttes feltalálására van lehetőség. Az 1980-as évek végén finn feltalálók alkottak egy új eljárást és hozzá apparátust is (HU210828B).⁵ A célja az egészségnek, hogy a füstgázt alkáliföldfém-oxiddal egy reaktorban reagáltatva a kén-dioxidok szilárd kénvegyületté alakítsák, amelyet ezután porleválasztó-berendezéssel lehet a gázból eltávolítani.

A tisztítandó füstgázt a cső alakú reaktorba vezetik, és a 9-es adagolóval por halmazállapotú alkáliföldfém-oxidot táplálnak a rendszerbe. A füstgázzal elegyítve vagy elkülönítve vizet vezetnek be a 4-es számú reaktorba, majd a szilárd részecskéket tartalmazó füstgázt kivezetik. A korábbi gyakorlattal szemben a szabadalmaztatott berendezés a gáz halmazállapotú kénvegyületeket tartalmazó füstgázok sebességét nem csökkenti le lényegesen a reaktorban, hanem a füstgázok egy cső alakú reakciónán kerülnek átvezetésre, ahol a gázok sebessége körülbelül változatlan marad. A reakció előrehaladtát pedig jól lehet szabályozni a por alakú termékek reakciónába történő beadagolásával. A szükséges anyagokat és a technológiai közeget három különböző halmazállapotban adagolják a rendszerbe, a reagenst szilárd, a vizet folyékony és a technológiai közegként szolgáló füstgázt pedig gáz halmazállapotban. Így a folyékony szuszpenzió előállítása során fellépő problémák jól ki-küszöbölhetőek, továbbá az így történő betáplálás nagy konstrukciós költséggel sem jár, és egyszerűbb is.

3.2. Leválasztás a tüztérben⁶

A kén-dioxid levegőbe jutását megelőzendő nemcsak az utólagos leválasztás lehet megoldás, hanem a kén-dioxid megkötése rögtön a tüztérben. Erre született egy szabadalmi bejelentés (HU0105370A), egy tüzelőanyag-keverék, amely petrolkoksz és egyéb nagy széntartalmú kőolajipari melléktermékek energetikai hasznosítására és tüztérben történő kén-dioxid megkötésre alkalmas.

A következők a célok:

- a petrolkoksz nevű olajipari melléktermék éghető illóanyag-tartalmának növelése, hogy széntüzelésű berendezésben elégethető legyen;
- kén-dioxid megkötésére alkalmas adalékkal a petrolkoksz égetésekor keletkező kén-dioxid kibocsátásának csökkentése;
- hasonló módon kénmegkötő tüzelőanyagpor előállítása anionaktív felületaktív anyagot tartalmazó kőolajszármazékok és mészhidrát keverékből.

⁵ Eljárás és berendezés gáz halmazállapotú kén-dioxid égéstermékek eltávolítására kéntartalmú fűtőanyagot égető kemencéből kiáramló füstgázokból – HU210828B.

⁶ Tüzelőanyag keverék tüztérben történő kén-dioxid megkötésre és eljárás a tüzelőanyag keverék előállítására – HU0105370A.

A célok eléréséhez felismerések vezettek, melyek közül a legjelentősebb az SO_2 megkötésre vonatkozik. Eszerint kén-dioxid-megkötés, valamint gyulladási tulajdonságok és égéshőjavítás érhető el, ha az olajipari melléktermékekhez kalcium-oxid port, majd keverés mellett vizet adagolnak. Ekkor a lejátszódó kémiai reakció ($\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$) eredményeképpen egy hidrofób tulajdonságú tüzelőanyagpor keletkezik, ez megnöveli a petrolkoksz illóanyag-tartalmát, javítva az égési tulajdonságokat.

A mészhidrátot tartalmazó porból a tüztérben 110–500 °C közötti hőmérsékleten vízgőz képződik ($\text{Ca(OH)}_2 = \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$), amely mikor-explóziós hatást idéz elő, ez megnöveli a kén-dioxid-megkötés határfokát.

A tüzelőanyag-keverék előállításához a késleltetett kokszolóberendezésből darabos, kemény és nagy szilárdságú petrolkoksz érkezik. Ezt maximum 2 mm átmérőjű szemcseméretűre kell őrölni. A többi szükséges kőolajszármazékot fel kell melegíteni, majd hozzáadva az őrölt petrolkokszot és a kalcium-oxid port, az egészet egy masszává kell keverni megfelelő mennyiségű vizet adagolva hozzá. A homogén masszában a kalcium-oxid mennyiségének legalább 30-35%-nak kell lennie. A reakció exoterm, a felmelegedett anyagot le kell hűteni, és így szállításra és felhasználásra kész lesz.

Összefoglalva a tüzelőanyag-keverék előnyei:

- a petrolkoksz gyulladási és égési tulajdonságai javulnak, és alapvetően egy meddő anyag kerül felhasználásra;
- a tüztérben történő mikroexplóziós hatás miatt lényegesen javul a kén-dioxidot megkötő kalciumvegyület kihasználási határfoka, nő a tüztérben megkötött kén-dioxid mennyisége és a tüzeléstechnikai mutatók is javulnak, nem melléleg csökken a károsanyag-kibocsátás.

4. TALÁLmányok a leválasztott kén-dioxid hasznosítására

A füstgázból eltávolított kén-dioxid legelterjedtebb felhasználási módja az, ha gipszgyártáshoz használják fel, erre jó példa a Mátrai Erőmű mellett található ipari park, ahol több vállalkozás is ezzel foglalkozik. Ez volt a legelső szabadalmaztatott megoldás az anyag hasznosítására, ez látható a szabadalmi bejelentések számából is.

4.1. A gipsz termelése és felhasználása⁷

A Vértesi Erőmű Rt. 2002-ben tett szabadalmi bejelentést (HU0202392A) a széntüzelésű erőmű füstgáz-kéntelenítéséből származó gipsz építőiparban felhasználható gipsszé történő átalakításáról.

⁷ Eljárás széntüzelésű erőmű füstgáz-kéntelenítéséből származó gipsz feldolgozására – HU0202392A.

Alapvetően több fajta füstgáz-kéntelenítési eljárás használatos, az egyik típus a nedves eljárások között a legelterjedtebb, legolcsóbb, amikor a kén-dioxidot tartalmazó füstgázt abszorbertoronyban mészkő vagy méshidráttal-szuszpenzióval érintkeztetik ellenáramú módozóban. A folyamatból úgynevezett REA gipsz kerül ki, amely hasonló mennyiségű kristályvizet tartalmaz a természetben előforduló gipszekkel.

A kalcium-szulfátnak a természetben előforduló két fajtája a gipsz és az anhidrit, amelyek alkalmasak építési kötőanyagoknak. A kalcium-szulfát 30 °C-on vízzel kristályosodik, efelett anhidrit képződik.

Formagipsz állítható elő, ha a finomra őrt gipszkövet keverővel ellátott edényben hevítik. A melegítés során 120 °C körül a víz távozik, majd az anyagban térfogatcsökkenés figyelhető meg, végül 170 °C-on abbahagyják a folyamatot, a gipszet lehűtik. A kapott termék a formagipsz, amely csak 4 percig önthető, utána rövid időn belül megszilárdul teljesen.

Vakológipsz úgy gyártható, ha a darabos gipszkövet 900 °C-on égetik, ilyenkor anhidrit áll elő, amelyben már kevés kalcium-oxid is van. Lassan köt meg, de a szilárdsága sokkal nagyobb, mint a formagipszé.

A kén-dioxid-leválasztásból származó anyag nagy felvevője még a cementipar. Ez is, mint az előbb felsorolt gipszgyártási eljárások, hatalmas villamos- és hőenergia-igénnyel rendelkezik. Amennyiben a gipsz- és cementgyártás ezen energiaforrásoktól távol esne, úgy még az anyag szállítása is pluszkiöltséggel járna, ha viszont egy erőmű közelében van, akkor szinte minden igényt fedez. Ehhez a telephelynek egy kapcsolt üzemben működő erőmű közelében kell feküdnie. A kapcsolt energiatermelés során a villamosenergia-termelés mellett hőenergiát is termelnek úgy, hogy gőzkazán esetén a gőzturbinán keresztül vezetett közeget megcsapolják, vagy gázturbinával állítanak elő villamosenergiát, a kilépő forró füstgáz hőjét pedig egy hőcserélőn keresztül valamilyen hőhordó közegnek adják át. A Vértesi Erőmű szabadalmi bejelentése lényegében azt írja le, hogy a gipszes építőipari termékeket miként lehet kapcsolt energiatermeléssel előállítani.

4.2. Ammónium-szulfát előállítása⁸

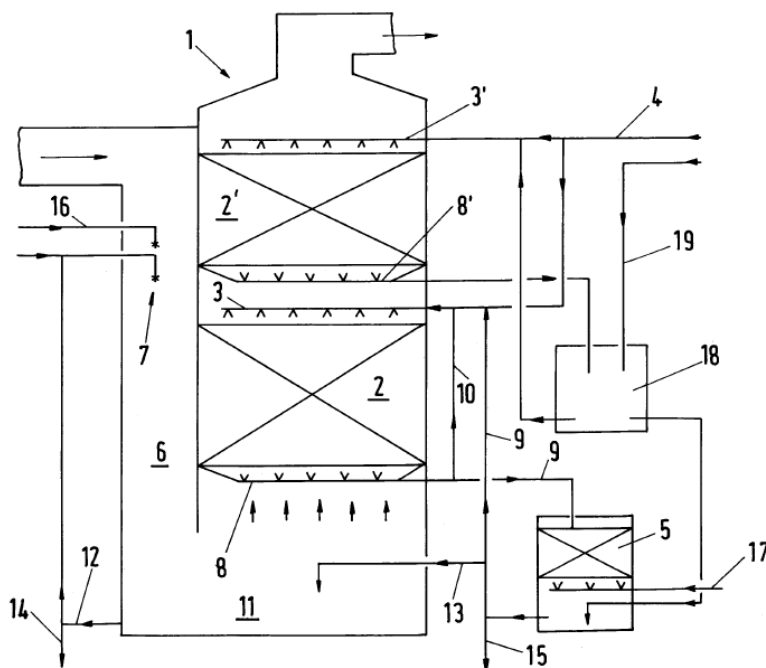
A kén-dioxid eltávolítása során lehetőség van ammónium-szulfát előállítására is, amely nitrogéntartalmának köszönhetően főként műtrágyának használható.

Ehhez a mérnökök olyan berendezést alkottak meg (HU9801541A), amely egyszerre távolítja el a kén-dioxidot a füstgázból és állít elő ammónium-szulfátot hasznosítható anyaggá történő további feldolgozáshoz.

A berendezés alapja az 1-es jelű mosó, amelynek alulról felfelé átáramoltatott mosózónája van (2). Ennek alsó részét gyűjtőtartályként lehet felhasználni az előmosásra használt folyadék számára, ami az ammónium-szulfát. Ez a rész egy folyadékkörbe van kapcsolva, ahol a

⁸ Berendezés füstgázból kén-dioxid eltávolítására és ammónium-szulfát oldat előállítására, amely értékesítés céljából tovább feldolgozható – HU9801541A.

forró füstgázzal van érintkeztetve, ezért a folyadék besűrűsödik. A kén-dioxid leválasztásához alkalmazott abszorpciós folyadékot külön gyűjtik egy, a mosózóna alatt található gyűjtőfenékben (8), innen kerül elvezetésre az oxidációs berendezésbe (5). Itt az abszorpciós folyadékban levő ammónium-szulfit és ammónium-hidrogén-szulfid ammónium-szulfáttá oxidál. A mosó iszapjából egy koncentrált, de tisztítatlan ammónium-szulfát oldat vonható el, viszont az oxidációs berendezésben kisebb koncentrációjú, de szennyeződésmentes ammónium-szulfát oldat keletkezik.



4. ábra: Az ammónium-szulfát előállítására alkalmas berendezés sematikus rajza

Az ábrán látható elrendezés olyan kén-dioxid tartalmú füstgáz kéntelenítésére szolgál, amely szemétegetőből vagy erőműből érkezik. Emiatt igen magas portartalma lehet, így elengedhetetlen a megfelelő porleválasztás, hogy a műtrágyagyártás esetén ne haladja meg a határértékeket.

A bevezetett füstgázt NaOH vagy KOH oldattal permetezik be, ezzel a halogén hidrogéneket leválasztják. Ezenkívül ammónium-szulfátot is juttatnak be, ezzel a füstgáz le is hűl 45-60 °C-os tartományra. Az így kapott lehűtött vízgőzzel telített halogén hidrogénektől mentes füstgáz a mosózónába kerül. Itt a kén-dioxiddal terhelt füstgázt abszorpciós folyadékkal hozzuk érintkeztetésbe. A gázáteresztő gyűjtőfenéken (8) összegyűlt folyadék egy

részét az oxidációs berendezés folyadékkörébe vezetik, ahol oxigéntartalmú gáz hozzáadásával keletkezik az ammónium-szulfát.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A bitumenfúvatáshoz speciális műszaki követelményeket kell kielégíteni, így kevés, nagymértékben eltérő technológia született az idők során. Mivel a bitument főleg aszfaltgyártásra használják fel tartóssága és kedvező tulajdonságai miatt, és aszfaltra még nagyon sokáig szükség lesz, így nem kizárt, hogy születnek még újabb találmányok a témában, amelyek ezen művelet hatásfokát javítják.

A kén-dioxid-termelés kibocsátása már a legnagyobb klímaegyezmények előtt is ismert probléma volt, így látható, hogy ennek fékezésére rengeteg megoldás született már és születik még mindig. Habár a legtöbb módszer az egyszerű abszorpciós műveletre épül, amelynek során folyadékban nyeletjük el a nemkívánatos gázokat, ezeken az eljárásokon még mindig lehet javítani kémiai úton és újabb berendezések megalkotásával is. A leválasztott kén-dioxid felhasználása külön üdvözlendő, hiszen ez egyfajta hulladék-újrahasznosítás, aminek a végén nagyon hasznos építőanyagokhoz jutunk.