



SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT

85516

C (45) 1985 031 1000 000
Patent och registerstyrelsen 17 01 1985

(51) Kv.1k.5 - Int.cl.5

D 21C 11/12

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	863287
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	13.08.86
(24) Alkupäivä - Löpdag	13.08.86
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	24.03.87
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	15.01.92
(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet	
23.09.85 US 779321 P	

(71) Hakija - Sökande

1. Rockwell International Corporation, 2230 East Imperial Highway, El Segundo, Cal., USA, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Kohl, Arthur L., 22555 Tiara Street, Woodland Hills, Cal., USA, (US)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Mustalipeän kaasutus
Förgasning av svartlut

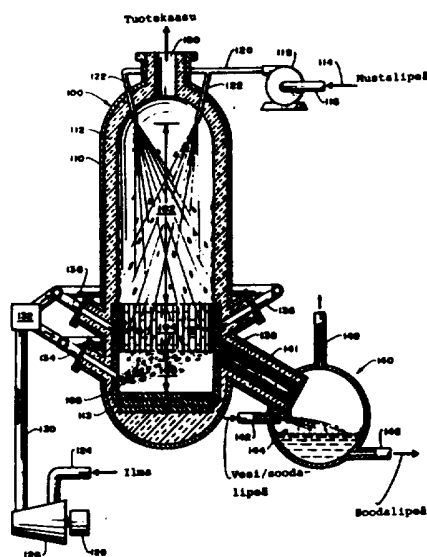
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI A 841540, FI A 854047

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Kekisntö koskee laitteistoa ja menetelmää mustalipeän kaasuttamiseksi. Vä-
kevöityä vesipitoista mustalipeää (114), joka sisältää hiilipitoista ma-
teriaalia ja alkalimetallirikkiyhdisteitä, käsitellään kaasutusastiassa
(100), joka pohjalla sisältää suhteellisen matalan, sulan suolan keräymän
(108) polttokaasun ja sulfidirikkaan sulatteen muodostamiseksi. Kaasutin-
astia (100) on edullisesti paineistettu ja sen yläosassa on mustalipeän
kuivausvyöhyke (102), jonka alapuolella on mustalipeän kiintoaineiden kaa-
sutusvyöhyke (104) ja sulan suolan keräymän sisältävä sulan suolan rikin
pelkistysvyöhyke (106). Ensimmäinen erä happipitoista kaasua syötetään kaa-
sutusvyöhykkeessä välittömästi suolakeräymän yläpuolella sijaitsevaan kaa-
sutilaan. Toinen erä happipitoista kaasua syötetään suolakeräymään määräs-
sä, joka riittää kaasuttamaan kaasutusvyöhykkeestä tulevan hiilipitoisen
materiaalin. Happipitoista kaasua ei kuitenkaan syötetä niin paljon, että
keräymään hapettavia olosuhteita. Keräymän yläpuolelle ja keräymään syö-
tetyn happipitoisen kaasun kokonaismäärä on noin 25-55 % määrästä, joka
tarvitaan syötetyn mustalipeän (114) täydelliseksi polttamiseksi. Poltto-
kaasua (150) poistetaan kuivausvyöhykkeen (102) yläosasta ja sulatetta,
jossa rikki on pääasiassa alkalimetallisulfidina, poistetaan rikin pelkis-
tysvyöhykkeestä.

Uppfinningen avser en anordning och ett förfarande för förgasning av svartlut. En koncentrerad, vattenhaltig svartlut (114), innehållande kolhaltigt material och svavelföreningar, behandlas i ett förgasningskär (100), vilket i botten innehåller en relativt grund uppsamling (108) av smält salt, för bildande av en förbränningsgas och en sulfidrik smälta. Förgasningskärlet (100), står företrädesvis under tryck, och i dess övre del finns en torkzon (102) för svartlut, under vilken finns en förgasningszon (104) för det i svartluten ingående fasta materialet och en reduktionszon (106) för svavlet i det smälta saltet, vilken reduktionszon innehåller uppsamlingen av smält salt. En första andel av en syrehaltig gas införs i det gasutrymme vilket finns i förgasningszonen omedelbart ovanför saltuppsamlingen. En andra andel av syrehaltig gas införs i saltuppsamlingen i en mängd tillräcklig för förgasning av kolhaltigt material från förgasningszonen. Syrehaltig gas införs dock inte så mycket, att oxiderande betingelser skulle bildas i uppsamlingen. Totalmängden av den syrehaltiga gas, vilken införs ovanför och i uppsamlingen utgör 25-55 % av den mängd, vilken behövs för fullständigt förbränning av den inmatade svartluten (114). Förbränningsgas (150) avlägsnas från torkzonens (102) övre del och en smälta, i vilken svavlet övervägande föreligger i form av alkalimetallsulfid, avtappas från svavlets reduktionszon.



Mustalipeän kaasutus

Tämä keksintö koskee mustalipeän kaasutusta. Tarkemmin sanoen keksintö koskee laitteistoa ja menetelmää mustalipeän vesiliuoksen hallitukseksi kaasuttamiseksi sulan suolan avulla palavan kaasun tuottamiseksi.

Selluloosan ja paperin valmistuksessa, jossa käytetään natriumpohjaisia sulfaatti- ja sulfiittiprosesseja, puun keitto alkalisilla vesiliuoksilla johtaa sivutuotteen muodostumiseen, joka tunnetaan jäte- tai mustalipeänä ja josta jäljempänä käytetään nimitystä mustalipeä. Taloudellisuuden toteuttamiseksi koko keittoprosessissa tätä sivutuotetta ei voida hävittää jätemateriaalina, vaan se on sen sijaan muutettava hyödyllisiksi tuotteiksi. Erityisesti on toivottavaa regeneroida natriumsulfidi, jota voidaan käyttää aktiivisten liuosten palauttamiseen ennalleen prosessin massankeittovaihetta varten. Lisäksi on toivottavaa käyttää mustalipeää hyväksi energialähteenä.

Yleisimmin toteutetussa mustalipeän prosessointimenetelmässä käytetään hyväksi Tomlinsonin talteenottouunia (josta käytetään myös nimitystä Tomlinsonin talteenotto-kattila). Tässä systeemissä väkevöity mustalipeä poltetaan erikoisrakenteisen kattilan uunissa höyryn tuottamiseksi, sulan suolatuotteen valmistamiseksi, josta käytetään yleisesti nimitystä "sulate" ja joka sisältää natriumkarbonaattia ja natriumsulfidia, ja palamattoman poistokaasun tuottamiseksi, joka sopivan puhdistuksen jälkeen lasketaan ilmakehään. Tomlinsonin kattilaa käyttävä prosessi on palvellut selluloosa- ja paperiteollisuutta noin 50 vuotta, mutta siinä on kuitenkin vakavia puutteita. Poistokaasun suurta tilavuusmäärää on vaikea puhdistaa ja se voi muodostaa ympäristöongelman; kaikki talteen saatu energia on höyryn muodossa, jolla on rajoitettu käyttö; räjähdyksiä voi tapahtua, jos kattilan putket vuotavat ja aiheuttavat veden pääsemisen kosketukseen sulatteen kans-

sa; ja rikkiyhdisteiden pelkistys sulfideiksi on epätäydellistä.

Erilaisia menetelmiä, joihin liittyy Tomkinsonin uunin vaihtoehtoja tai parannuksia, on käytetty tai ehdotettu käytettäväksi mustalipeän muuttamiseksi hyödyllisiksi tuotteiksi.

US-patentissa 1 808 773 esitetään menetelmä, jossa käytetään hyväksi mustalipeän talteenottouunia, jossa on kaksi polttovyöhykettä. Ensimmäisessä korkean lämpötilan polttovyöhykkeessä uuniin ruiskutetusta mustalipeästä poistetaan vettä ja se poltetaan oleellisesti täydellisesti. Toisessa vyöhykkeessä, joka sijaitsee ensimmäisen vyöhykkeen ja uunin pohjan välissä, lisämäärä mustalipeää ruiskutetaan uuniin yhdessä natriumsulfaatin kanssa. Tässä toisessa vyöhykkeessä vesi poistetaan mustalipeästä haihuttamalla. Mustalipeän osittainen poltto johtaa sienimäisen hiilen kiinteän, sulavan kerroksen muodostumiseen uunin pohjalle, jolloin siihen on sekoittunut mustalipeästä peräisin olevia alkalijäännöksiä ja lisättyä natriumsulfaattia. Uunin pohjalla ylläpidetyt pelkistävät olosuhteet johtavat sulfaatin pelkistymiseen sulfidiksi. Sulat suolat tihkuvat alaspäin sienimäisen hiilikerroksen läpi ja poistuvat uunista pohjalaskuputken kautta. Vaikka tämä menetelmä muodostaa vaihtoehdon Tomlinsonin talteenottokattilan käytölle, kahden erillisen polttovyöhykkeen tarve vaatii kömpelön laitteiston. Samoin lämmön talteenoton järjestämisen puuttuminen johtaa mustalipeän polttoarvon menetykseen. Edelleen, vaikka tapahtuu natriumsulfaatin muuttumista natriumsulfidiksi ja mustalipeän palamista, muuttumattoman sulfaatin prosenttimäärä on suhteellisen korkea, vaihdellen 8 ja 12 %:n välillä.

US-patentissa 1 931 536 kuvataan menetelmä sekä ruiskutetun mustalipeän että mustalipeäjauheen kontrolloimiseksi sulatusuunissa. Inerttiä kaasua syötetään sulatusuuniin ruiskutetun mustalipeän tai kuivatun mustalipeä-

jauheen sisääntulokohdasta tai läheltä sitä. Tämä inertti kaasua hidastaa mustalipeän haihtuvien aineosien palamista ja tekee mahdolliseksi ruiskutetun väkevöidyn lipeän tai kuivatun mustalipeäjauheen syöttämisen sulatusuuniin jon-
5 kin matkan päästä, ennen kuin mustalipeän orgaanisen ja hiilisisällön palaminen tapahtuu suhteellisen syvässä kerroksessa sulatusuunissa. Tämä menetelmä edustaa parannusta tavanomaiseen Tomlinsonin talteenottokattilaan verrattuna, mutta sillä on samat perusrajoitukset; mustalipeä palaa
10 täydellisesti, jolloin syntyy suuri tilavuusmäärä epäpuhdasta poistokaasua ja muodostuu ainoastaan höyryä.

US-patentissa 2 056 266 kuvataan yhdistetyn sulat-
timen ja hyvin paljon Tomlinsonin kattilaa muistuttavan
kattilan käyttö alkalimetallin talteenottoon mustalipeästä
15 ja sen lämpösisällön hyväksikäyttöön. Kuivattuja mustali-
peän kiintoaineita syötetään kiinteän polttoaineen kerros-
vyöhykkeeseen, jossa ne poltetaan pelkistävässä atmosfää-
rissä sillä seurauksella, että osittain palaneita kaasuja
kohoa polttoainekerroksesta. Nämä osittain poltetut kaa-
20 sut poltetaan sitten täydellisesti syöttämällä ilmavirta
polttovyöhykkeeseen kerroksen yläpuolelle. Polttovyöhyke
sisältää kattilaputket höyryn tuottamiseksi. Polttovyöhyk-
keessä syntyneiden poistokaasujen annetaan kohota ja
inerttiä kaasua puhalletaan polttoainekerrokseen kiinte-
25 den aineiden kulkeutumisen estämiseksi polttoainekerrok-
sesta kohoavien kaasujen mukana ja selvästi erottuvan ero-
tuslinjan synnyttämiseksi vyöhykkeiden välille. Sulaneet
alkaliset aineet lasketaan pois kerroksen pohjalta. Tämä
menetelmä vaatii mustalipeän muuttamisen mustalipeän kiin-
30 toaineiksi ennen niiden syöttämistä polttoainekerrosvyö-
hykkeeseen. Lisäksi menetelmän toteuttamiseen tarvittava
laitteisto on minomutkainen ja vaatii erillisen laitteen
mustalipeän kuivaamiseksi.

US-patentissa 2 182 428 esitetään menetelmä jäteli-
35 peiden kuivaamiseksi ruiskuttamalla haihdutettava lipeä

lämmönsiirtoväliaineen, kuten öljyn, tervan, pien, asfaltin tai vahan pinnalle. Koska lämmönsiirtoväliaine on inertti eikä mitään palamis- tai pelkistysreaktioita tapahdu, jätelipeät pelkästään haihdutetaan ottamatta talteen mitään hyödyllistä tuotetta haihdutetuista lipeistä.

US-patenteissa 3 639 111 ja 3 718 446 esitetään menetelmä puhtaasti palavan polttoaineen tuottamiseksi orgaanisen materiaalin, kuten sulfaattijätelipeen, korkean lämpötilan tislauksella ja pyrolyysillä. Jotta saavutettaisiin vaaditut krakkauslämpötilat pyrolyysivyöhykkeessä, kontrolloitu määrä happea sisältävää kaasua (korkeintaan noin 15 % täydelliseen polttoon vaaditusta määrästä) syötetään krakkausoperaation aikana. Koska happea sisältävä kaasu, pyrolysoitava mustalipeä ja tuotekaasut virtaavat samansuuntaisesti systeemin läpi ja tuotekaasu poistuu täydessä reaktiolämpötilassa luovuttamatta lämpöä sisääntulevalle materiaalille, prosessi on termisesti tehoton. Edelleen sekä epäsuoran lämmönvaihdon että suoran polton vaatimukset edellyttävät suhteellisen suurta, monimutkaista laitteistoa.

US-patentissa 3 916 617 kuvataan suolan käyttö vähäenergisien kaasun tuottamiseen hiilipitoisen materiaalin kaasutuksesta ja osittaisesta hapetuksesta. Hiilipitoista materiaalia ylläpidetään sulan suolan vyöhykkeessä halutun pelkistävän atmosfäärin aikaansaamiseksi, kun ilmaa johdetaan tähän sulan suolan vyöhykkeeseen hiilipitoisen materiaalin osittaiseksi polttamiseksi. Kun ilmaa ja mustalipeä syötetään sulan suolan reaktiovyöhykkeeseen, mustalipeässä olevan veden haihduttamiseen vaadittu lämpö on aikaansaattava polttoreaktioilla. Tämä edellyttää suurta ilman ja mustalipeen välistä suhdetta ja johtaa huonolaatuisten kaasun tuotantoon (tyypillisesti alle 2 600 kJ/m³). Tästä seuraa, että tämän US-patentin mukainen menetelmä on pääasiassa hyödyllinen kivihiilen ja muiden suhteellisen kuivien hiilipitoisten materiaalien kaasutukseen.

US-patentissa 4 441 959 esitetään menetelmä lämmön ja kemikaalien talteenottamiseksi käytetyistä selluloosan keittolipeistä, jossa menetelmässä käytetään hyväksi leijukerrosreaktiokammiota. Väkevöity käytetty keittolipeä 5 poltetaan ilmalla leijutetussa kerroksessa, joka sisältää lukuisia inerttejä kiinteitä, hiukkasmaisia materiaaleja, joista vähintään yhdellä on hienompi hiukkaskoko kuin toisilla. Polton jälkeen hienomman hiukkaskoon hiukkasmaisia materiaaleja käsitellään ulkopuolisessa leijukerroslämmönvaihtimessa lämmön talteenottamiseksi ja hienompien hiuk- 10 kasten erottamiseksi poltossa syntyneistä kaasumaisista ja kiinteistä tuotteista. Kiinteät tuotteet käsitellään tämän jälkeen sulan suolan pelkistimessä, jolloin muodostuu sulate, joka sisältää natriumsulfidia ja muita suoloja. Kaasumaiset tuotteet koostuvat olennaisesti palamattomasta poistokaasusta, jonka lämpösisältöä käytetään höyryn tuot- 15 tamiseksi. Tuloksena oleva jäähdytetty poistokaasu voidaan sopivan puhdistuksen jälkeen laskea ilmakehään. Vaikka tällä menetelmällä saadaan talteen osa käytettyjen selluloosan keittolipeiden lämmöstä ja kemikaaleista, kiinteät palamistuotteet eivät pelkisty leijukerroksissa. Tämän 20 vuoksi vaaditaan erillinen sulan suolan pelkistyslaite, mikä lisää menetelmän monimutkaisuutta.

Minkään aikaisemmin käytettävissä olleista menetelmistä ei tämän vuoksi voida katsoa kykenevän vaivattomasti ja tehokkaasti ottamaan talteen oleellisesti koko mustali- 25 peän energia- ja kemikaalisisältöä arvokkaina tuotteina.

Vaikka niitä ei ole tarkasteltu osana tunnettua tekniikkaa, tämän keksinnön tekijä ja hänen avustajansa 30 ovat aikaisemmin ehdottaneet muita menetelmiä mustalipeän kaasutukseen.

Niinpä on ehdotettu, että kuivatut mustalipeän kiintoaineet kaasutettaisiin sulan suolan keräymässä. Täl- 35 laisessa menetelmässä tuotetaan palavaa poistokaasua ja pelkistetään suuri osa mustalipeän kiintoaineiden rikkisi-

sällöstä. Ensin mustalipeä on kuitenkin kuivattava mustalipeän kuiva-aineiden muodostamiseksi, joita tarvitaan syötöksi sulan suolan keräymään. Tämä lisää prosessin monimutkaisuutta ja kustannuksia.

- 5 US-patentissa 4 773 918 tämän keksinnön tekijä on ehdottanut menetelmää energia- ja kemikaalisisällön talteenottamiseksi vesipitoisesta mustalipeästä käyttämällä reaktoria, joka sisältää kaasutusvyöhykkeen yläpuolella sijaitsevan kuivausvyöhykkeen. Reaktori sisältää huokoisen
- 10 kiinteän hiilipitoisen materiaalin kerroksen kaasutusvyöhykkeessä. Happea sisältävää kaasua syötetään kaasutusvyöhykkeeseen stökiometristä määrää pienempi määrä osittaisen palamis- ja kaasutusreaktioiden tuottamiseksi, jotka riittävät ylläpitämään lämpötilan kiinteän hiilipitoisen
- 15 materiaalin kerroksen yläpinnalla kaasutusvyöhykkeessä noin 870 - 1 200 °C:ssa ja muodostamaan kuumaa palavaa kaasua, joka kohoaa kaasutusvyöhykkeestä. Väkevöity mustalipeä, joka sisältää alkalimetallioksirikkiyhdisteitä, syötetään kuivausvyöhykkeeseen ja siihen sisältyvä vesi haihdutetaan saattamalla se kosketukseen kaasutusvyöhykkeestä
- 20 kohoavien kuumien kaasujen kanssa. Kuivausvyöhykkeessä tuotetaan lämpötilaltaan alempi tuotekaasu ja kuivia mustalipeän kiintoaineita, jotka putoavat kaasutusvyöhykkeessä olevan kerroksen pinnalle. Kuivatut mustalipeän kiinto-
- 25 aineet muutetaan kuumaksi, palavaksi kaasuksi, joka kohoaa kaasutusvyöhykkeestä, ja alkalimetallisuoloiksi, jotka sulavat ja tunkeutuvat kerroksen läpi. Tuotekaasut poistetaan kuivausvyöhykkeen yläosasta. Sulate, jossa rikkisältö on vähintään noin 80-%:isesti alkalimetallisulfidin muodossa, poistetaan kaasutusvyöhykkeen alaosasta. Huolimatta tämän menetelmän edullisista piirteistä kaasutus- ja rikin pelkistysreaktioiden edistämisessä, tapahtuvat reaktiot ovat tehottomia, mikä johtuu suhteellisen huonosta kosketuksesta ilman ja kiinteän hiilen välillä. Samoin
- 30 toimintaominaisuudet ovat epävarmoja, sillä kiinteän hii-

lipitoisen materiaalin kerroksen korkeus voi muuttua aiheuttaen pienehköjä vaihteluita toimintaolosuhteisiin.

5 US-patenttihakemuksessa 06/699 498 (jätetty 8. helmikuuta 1985) tämän keksinnön tekijä on kuvannut vesipitoisen mustalipeän kaasutusta käyttäen sulan suolan keräymää. Happea sisältävää kaasua syötetään sulan suolan keräymän pinnan alle, joka keräymä sisältää alkalimetallikarbonaattia ja alkalimetallisulfidia ja joka on suljetussa kaasutusastiassa, nopeudella, joka riittää tuottamaan 10 suuren pyörteisyyden sulan suolan keräymään. Mustalipeä karkean suihkun muodossa syötetään keräymän yläpuolella oleviin kohoaviin kuumiin kaasuihin. Tällä tavoin vettä haihdutetaan vesipitoisesta mustalipeästä kuumiin kaasuihin lämpötilaltaan alentuneen tuotekaasun ja kuivattujen 15 mustalipeän kiintoaineiden tuottamiseksi, jotka kiintoaineet putoavat keräymän pinnalle ja dispergoidaan siihen. Kuivatut mustalipeän kiintoaineet muutetaan keräymästä kuumaksi, palavaksi kaasuksi, joka kohoaa ylös keräymästä, ja alkalimetallisuoloiksi, jotka sulavat keräymässä oleviin suoloihin. Tuotekaasuvirta, jonka ylempi lämpöarvo 20 (HHV) kuivana on vähintään noin $3\,353\text{ kJ/m}^3$, poistetaan kaasutusastiasta yhdessä sulan suolatuotteen kanssa, jossa rikkisisältö on vähintään noin 90-%:isesti alkalimetallisulfidin muodossa. Vaikka tämän keksinnön menetelmä on 25 hyödyllinen haluttujen tulosten saamisessa, jolloin aikaansaadaan palavaa kaasua ja sulaa suolatuotetta, jossa alkalimetallisulfidi on vallitsevana, menetelmään liittyy tiettyjä ongelmia. Säiliömateriaalien korroosio ja rikkoutuminen ovat yleensä ominaisia sulien suolojen pyörteisten 30 keräymien käytölle. Samoin sulien suolojen kulkeutumista voi tapahtua kaasuissa, jotka kohoavat keräymästä. Tämä saattaa vaatia keräymän läpi kulkevan kaasun nopeuden rajoittamista.

35 Edelleen on havaittu, että osa mustalipeässä olevasta hiilipitoisesta aineesta kaasuuntuu ennen kuin hiuk-

kaset saavuttavat keräymän. Tämän seurauksena vain osa hiilipitoisesta aineesta pääsee keräymään. Jos kaikki mustalipeän kaasutukseen tarvittava ilma syötetään keräymään sen pinnan alapuolelta, olosuhteet keräymässä saattavat olla liian vahvasti hapettavat, jotta tapahtuisi rikkiyhdisteiden tehokas pelkistys.

Esillä oleva keksintö on osittain jatkoa US-patenttihakemukselle 06/699 498 ja muodostaa parannuksen siinä esitettyyn keksintöön samoin kuin US-patentissa 4 773 918 esitettyyn keksintöön. Se säilyttää näissä kahdessa julkaisussa kuvattujen mustalipeän peruskaasutusprosessien edulliset piirteet samalla, kun se vähentää yllä mainittuja ongelmia. Se aikaansaa lisäksi sen merkittävän edun, että se sallii toiminnan erittäin suurella kaasutusnopeudella tietyllä kaasutuslaittekoolla.

Laajimmassa merkityksessään esillä oleva keksintö käsittää parannetun laitteiston ja menetelmän mustalipeän kaasuttamiseksi, joissa tuotetaan palavaa kaasua ja mustalipeän rikkisisältö muutetaan oleellisesti täydellisesti sulfidiksi.

Suljetussa, pystysuorassa pitkänomaisessa kaasutusastiassa voidaan pitää sen pohjalla olevassa kaukalossa suhteellisen matalaa sulan suolan keräymää, joka suola sisältää alkalimetallikarbonaattia ja alkalimetallisulfidia. Väkevöityä vesipitoista mustalipeää ruiskutetaan astiaan läheltä sen ylintä osaa. Mukaan on liitetty väline happea sisältävän kaasun, edullisesti ilman, syöttämiseksi hallitusti kaasutusastiaan kahdesta erillisestä kohdasta, joista toinen on sulan suolan keräymän pinnan alla ja toinen sulatteen pinnan yläpuolella kaasutilan alaosassa.

Ilman syötön jakautumista kaasutusastiaan kontrolloidaan, jotta kaasutusastiaan saadaan aikaan kolme vyöhykettä:

(1) mustalipeän kuivausvyöhyke, joka sijaitsee astian yläosassa;

(2) mustalipeän kiintoaineiden kaasutusvyöhyke, joka sijaitsee kuivausvyöhykkeen alapuolella; ja

(3) sulan suolan sisältämän rikin pelkistysvyöhyke, jossa on sulan suolan keräymä.

5 Tämän keksinnön ratkaiseva piirre on, että happea sisältävää kaasua, edullisesti ilmaa, syötetään hallitusti sekä suoraan sulan suolan keräymän massaan (rikin pelkistysvyöhyke) että myös keräymän pinnan yläpuolelle kaasutilan alaosaan (kaasutusvyöhyke). Ilmansyötön jakautumista
10 kontrolloidaan siten, että rikin pelkistysvyöhykkeeseen sulan suolan keräymään syötetään vain se määrä ilmaa, joka vaaditaan takaamaan sulatekeräymään todella tulevan hiilipitoisen materiaalin täydellinen hajoaminen. Tyypillisesti tämä edustaa noin 30 - 70 % koko kaasutusastiaan syötettyä ilmamäärästä. Loppuosa ilmasta syötetään kaasutusvyöhykkeeseen välittömästi keräymän yläpuolelle. Näin ollen
15 koko kaasutusastiaan syötetystä kokonaisilmamäärästä noin 30 - 70 % syötetään kaasutusvyöhykkeeseen. Koska esillä olevan menetelmän tarkoituksena on kaasuttaa mustalipeä
20 palavan kaasun tuottamiseksi sekä rikkiarvojen talteenottamiseksi, kaasutusastiaan syötetyn ilman kokonaismäärä on tyypillisesti noin 25 - 55 % siitä määrästä, joka tarvitaan syötetyn mustalipeän täydelliseen polttoon. Tyypillisesti koko kaasutusastiaan syötettävä ilma esilämmitetään lämpötilaan noin 120 - 450 °C, edullisesti 150 -
25 400 °C.

Palava kaasu, jonka palavat komponentit ovat pääasiassa vety ja hiilimonoksidi ja joita muodostuu kaasutusvyöhykkeessä, voidaan käyttää sopivan puhdistuksen jälkeen kaasuturbiinissa syötetyn mustalipeän energiaarvojen hyväksikäyttämiseksi maksimaalisesti. Sulan suolan
30 keräymästä tuotettu alkalimetallisulfidi voidaan ottaa talteen vesiliuoksena ja kierrättää takaisin paperinvalmistusprosessiin soodalipeänä.

Kuvio 1 on kaavamainen virtauskaavio, joka esittää esillä olevan keksinnön mukaisen menetelmän edullista toteutusmuotoa.

5 Kuvio 2 on osittain poikkileikkauksena oleva sivukuva esillä olevan keksinnön mukaisesti kaasutusastiasta ja siihen liittyvästä sammutussäiliöstä. Näitä käytetään hyväksi esillä olevan keksinnön mukaista menetelmää toteuttaessa.

10 Mustalipeä, joka saadaan tyypillisesti puunkeitto-operaatiosta osana paperinvalmistusprosessia, sisältää palavaa orgaanista materiaalia, alkalimetallisulfidia ja alkalimetallihydroksidia sekä erilaisia alkalimetallioksidirikkiyhdisteitä. Tyypillisesti nämä oksirikkiyhdisteet ovat natriumsulfaattia, -tiosulfaattia ja -sulfiittia.

15 Paperinvalmistusprosessin taloudellisuus vaatii, että oleellisesti kaikki palava materiaali poistetaan, alkalimetalli- ja rikkiyhdisteet otetaan talteen mustalipeästä ja oksirikkiyhdisteet muutetaan alkalimetallisulfidiksi palautettavaksi prosessiin hapettamalla alunperin läsnä

20 olevaa alkalimetallisulfidia.

Esillä olevaa keksintöä toteutettaessa väkevöityä vesipitoista mustalipeää, joka sisältää vähintään noin 45 paino-% kiintoaineita ja jonka ylempi lämpöarvo (HHV) on vähintään noin 7 443 kJ/kg, syötetään kuivausvyöhykkeeseen

25 tyypillisesti karkeana suihkuna. Kuivausvyöhykkeeseen suorakosketuksisen lämmönvaihdon mustalipeän putoavien pisaroiden ja kaasutusvyöhykkeestä nousevan kaasuvirran välillä. Vettä haihdutetaan väkevöidystä mustalipeästä ko-

30 hoavasta kaasuvirrasta johtuvan lämmön absorboitumisen avulla. Lämpöä pisaroihin tulee myös säteilystä korkean lämpötilan komponenteista. Kaasun lämpötilat tässä kuivausvyöhykkeessä ovat noin 500 - 800 °C lähellä vyöhykkeen ylintä osaa ja noin 800 - 1 000 °C lähellä pohjaa.

Kuivatut mustalipeän kiintoaineet muodostuvat kuivausvyöhykkeessä sen seurauksena, että vesipitoinen musta-

35

lipeä saatetaan kuivausvyöhykkeessä kosketukseen kaasutus-
vyöhykkeestä kohoavien kaasujen kanssa. Mustalipeän kiin-
toaineiden kaasutusvyöhykkeessä merkittävä osa kuivatuiissa
hiukkasissa olevasta hiilipitoisesta materiaalista, joka
5 putoaa kuivausvyöhykkeestä, muuttuu kaasuksi. Kaasua tuot-
tavia reaktioita ovat pyrolyysi, jossa vapautuu haihtuvia
hiilivetyjä, hiilen kaasutus hiilidioksidilla ja vesihöy-
ryllä hiilimonoksidin ja vedyn tuottamiseksi ja sekä kaa-
su- että kiinteän faasin komponenttien poltto reaktiolla
10 hapen kanssa, jota on läsnä tähän vyöhykkeeseen ruiskute-
tussa happea sisältävässä kaasussa. Osittaisten palamis-
reaktioiden seurauksena vapautuu lämpöä, joka tuottaa tä-
hän vyöhykkeeseen korkeat, 900 - 1 200 °C:n lämpötilat.
Koska kiinteät hiukkaset saatetaan alttiiksi reaktiolle
15 vain suhteellisen lyhyeksi ajaksi, kun ne putoavat kaasus-
tusvyöhykkeen läpi, ne kaasuttuvat vain osittain. Tyypil-
lisesti 25 - 75 % kaasutustaan tulevassa mustalipeässä
olevasta orgaanisesta hiilestä kaasutetaan kaasutusvyöhyk-
keessä. Samaa luokkaa oleva tai suurempi prosenttimäärä
20 orgaanisesta vedystä muuttuu myös kaasumaisiksi kompen-
teiksi tässä vyöhykkeessä. Reagoimaton hiilipitoinen mate-
riaali yhdessä suurimman osan kanssa alkuperäisestä syöte-
tystä mustalipeästä saatua epäorgaanista materiaalia pu-
toaa pois tästä vyöhykkeestä rikin pelkistysvyöhykkeeseen.
25 Rikin pelkistysvyöhyke sisältää sulien alkalimetallisuolo-
jen keräymän, joka sisältyy kaasuastian pohjalla olevaan
matalaan kaukaloon.

Olennaisesti kaikki putoavissa hiukkasissa olevat
rikkiyhdisteet pelkistyvät sulfidiksi sulan suolan sisäl-
30 tämän rikin pelkistysvyöhykkeessä tai ylläpidetään sulfi-
deina, jos ne jo ovat tässä muodossa. Ilmaa syötetään tä-
hän vyöhykkeeseen riittävä määrä, jotta saatavilla on hap-
pea, jota vaaditaan kaiken sisääntulevan hiilipitoisen ai-
neen kaasuttamiseen, mutta merkittävästi vähemmän kuin se
35 määrä, joka vaaditaan täydelliseen polttoon. Tyypillisesti

vaadittu hapen määrä on 25 - 55 % siitä määrästä, joka vaaditaan hiilen täydelliseen polttoon hiilidioksidiksi, vedyn vedeksi ja rikkiyhdisteiden sulfaattimuotoon. Syötämällä vain tämä määrä happea olosuhteet sulatekeräymässä ovat erittäin pelkistävät ja vähintään noin 90 % tuotesulatteessa olevista rikkiyhdisteistä on sulfidimuodossa.

Tämä keksintö saa aikaan useita merkittäviä etuja. Koska vain osa syötetyssä mustalipeässä olevasta hiilipitoisesta materiaalista tulee sulan suolan keräymään ja vain osa ilmasta syötetään keräymään reagoimaan sen kanssa, keräymä voi olla suhteellisen matala, syvyydeltään tyypillisesti 30 - 120 cm. Matalan keräymän käyttö vähentää kalliin, sulatetta kestävän tulenkestävän aineen määrää, jota on käytettävä kaasutuslaitteen vuoraamiseen.

Toisena tämän keksinnön etuna on kaasutuslaitteen kapasiteetin kasvu. Keräymätyyppisessä kaasutuslaitteessa kaasun nopeutta rajoittavat normaalisti liiallisen mukana kulkeutumisen ja pyörteisyyden ongelmat, kun keräymästä poistuvan kaasun pintamyötäinen nopeus ylittää 60 - 90 cm/s. Tämä puolestaan rajoittaa halkaisijaltaan määrätyn kaasutuslaitteen kapasiteettia. Tässä keksinnössä vain osa kaasusta kulkee keräymän läpi. Näin ollen esimerkiksi jos puolet kaasusta kulkee keräymän läpi pinnanmyötäisellä nopeudella 75 cm/s pinnalla ja toinen puoli muodostetaan kaasutusvyöhykkeessä, koko kaasu tulee kuivausvyöhykkeeseen pinnanmyötäisellä nopeudella noin 150 cm/s, joka on aivan hyväksyttävä kaasun ja kiinteän aineen ja kaasun ja nesteen reaktoreille, joissa kaasu on jatkuva faasi. Tämän seurauksena halkaisijaltaan määrätyn kaasutuslaitteen kapasiteetti kasvaa suuresti ottamalla tämä parannus käyttöön US-hakemuksen 06/699 498 esittämässä keksinnössä.

Kuten näissä kahdessa edellä mainitussa hakijan julkaisussa on kuvattu, lämpöhäviöt reaktiovyöhykkeistä on minimoitava. Näin ollen on edullista toimia korotetussa paineessa, sillä tämä pienentää vaadittua kaasutusastioiden kokoa, mikä taas alentaa lämpöhäviötä ja kustannuksia.

Tyypillistä systeemiä, jossa käytetään hyväksi suolasulatekaasutusastiaa ja tämän keksinnön mukaista menetelmää, kuvataan nyt viitaten piirrokseen.

5 Kuviossa 1 esitetään suolasulatteen kaasutusastia, jota käytetään kaasuturbiiniin yhdistetyssä kiertosysteemissä, joka edustaa tämän keksinnön edullista toteutusmuotoa. Mistä tahansa sopivasta lähteestä tulevaa puujätettä syötetään putken 2 ja venttiiliin 4 kautta sulkusuppiloon 6. Siitä puujäte kulkee venttiiliin 8 kautta toiseen sulkusuppiloon 10. Sulkusuppiloita käytetään paineistettulla 10 kaasulla tavanomaiseen tapaan, jota käytetään kiintoaineiden syöttämiseen paineistettuun säiliöön. Sulkusuppilosta 10 puujäte kulkee putken 12 ja syöttöventtiiliin 14 kautta venttiilillä varustettuun putkeen 16, jonka läpi paineilma 15 virtaa. Paineilma kuljettaa puujätettä ja se ruiskutetaan ilman mukana sulan suolan keräymän 18 pinnan alapuolelle, joka on suolasulatekaasutusastian 20 pohjalla olevassa kaukalossa. Ilmaa ruiskutetaan myös sulatteen pinnan yläpuolelle venttiilillä varustetun putken 21 läpi. Sulatteen 20 seen putken 16 kautta syötetyn ilman määrä on tyypillisesti 30 - 70 % kaasutusastiaan syötetyn ilman kokonaismäärästä. Ilman määrä, joka syötetään sulatteen pinnan yläpuolelle putken 21 kautta, edustaa loppua 30 - 70 %:n kokonaismäärästä.

25 Suolasulatekaasutusastiaa 20, joka tekee ainutlaatuisella tavalla mahdolliseksi tämän keksinnön mukaisen menetelmän toteuttamisen, kuvataan yksityiskohtaisemmin kuvion 2 yhteydessä.

30 Viitaten jälleen kuvioon 1 sellunvalmistusprosessista saatua mustalipeää ruiskutetaan astiaan 20 lähellä astian ylintä osaa putken 22 ja suuttimen 24 kautta. Ruiskutetun vesipitoisen mustalipeän väkevyys on tyypillisesti noin 45 - 75 % kiintoainetta. Astiasta 20 poistuva kaasumainen tuote kulkee putken 30 läpi absorptiolaitteeseen 35 32. Absorptioaine syötetään absorptiolaitteeseen 32 putken

34 kautta. Absorptioaine voi olla sellutehtaan alkalinen lipeä tai tavanomainen absorptioaine, kuten etanoliamiiniliuos. Tätä absorptioainetta käytetään H_2S :n ja muiden epämieluisten komponenttien poistamiseen kaasusta. Käytetty absorptiosysteemi on edullisesti suunniteltu H_2S :n selektiiviseen absorptioon CO_2 :n läsnäollessa, sillä tuotekaasu sisältää merkittäviä määriä (10 - 15 %) CO_2 :a. Käytetty absorptioaine poistuu absorptiolaitteesta 32 putken 36 kautta. Absorptiolaitteesta 32 tulevat osittain puhdistetut kaasut johdetaan putken 38 kautta savukaasupesuriin 40 lisäpuhdistukseen. Vettä syötetään savukaasupesuriin 40 putken 42 kautta ja se poistuu putken 44 kautta. Pesty kaasut poistuvat putken 46 kautta kaasuturbiinipolttimeen 48. Savukaasupesuri 40 on esitetty tyypillisenä laitteena, jolla poistetaan liukoisten suolojen hyvin hienoja hiukkasia. Muita laitteita, kuten kangassuodattimia, voidaan myös käyttää hienojen hiukkasten poistamiseen. Ilmaa syötetään polttimeen 48 putken 50, kompressorin 52 ja putken 53 kautta. Kompressorista 52 tuleva ilma syötetään myös putken 54 kautta apukompressorin 56 ja sitten paineilmaputkeen 58. Tämä syöttää putkia 16 ja 21, jotka johtavat ilmaa sulan suolan keräymään ja vastaavasti sen yläpuolelle. Kuumat puhtaat palamiskaasut poistuvat polttimesta 48 putken 59 kautta ja syötetään kaasuturbiiniin 60, joka syöttää energiaa generaattoriin 62 ja kompressorin 52. Kaasuturbiinista 60 tulevat laajenevat kaasut johdetaan putken 64 kautta jätelämpökattilaan 66, johon vettä syötetään putken 68 kautta muutettavaksi höyryksi. Jätelämpökattilassa 66 tuotettu höyry poistuu putken 70 kautta höyryturbiiniin 72, joka syöttää energiaa generaattoriin 74. Prosessihöyryä saadaan höyryturbiinista 72 putken 75 kautta. Poistokaasut jätelämpökattilasta 66 poistuvat putken 76 kautta savupiippuun 77 laskettaviksi ilmakehään.

Astiasta 20 yli vuotava sulate virtaa putken 78 kautta sammutussäiliöön 80. Vettä syötetään sammutussäi-

liöön 80 putken 82 kautta. Vesiliuos, jota syntyy sulatteen sammutuksessa, poistetaan sammutussäiliöstä 80 putken 84, pumpun 86 ja putken 88 kautta. Osa poistetusta vesikerroksesta kierrätetään sammutussäiliöön 80 putken 90 kautta ja se rikkoo sulatteen putoavan virran, kun se tulee ulos putkesta 78. Toinen osa liuoksesta syötetään putkesta 88 putken 92 kautta soodalipeän varastosäiliöön 94. Putki 96 johtaa soodalipeän varastosäiliöstä 94 sopivaan kohtaan sellunvalmistusprosessia, esimerkiksi sulfaattiprosessilaitoksen kaustisointivaiheeseen.

Kuvio 2 esittää tämän keksinnön mukaista suolasulategaasutusastiaa ja siihen liittyvää sammutussäiliötä ja niiden toimintaa yksityiskohtaisemmin.

Kaasutusastia 100 sisältää mustalipeän kuivausvyöhykkeen 102, joka on astian yläosassa, mustalipeän kiintoaineiden kaasutusvyöhykkeen 104, joka on kuivausvyöhykkeen alapuolella, ja rikin pelkistysvyöhykkeen 106, joka käsittää sulan suolan keräymän 108, joka on kaukalossa astian pohjalla. Astian 100 on esitetty koostuvan ulkoseinämänä olevasta metallisesta astian kuoresta 110, joka on vuorattu eristävällä tulenkestävällä aineella 112, joka kykenee kestämään astiassa 100 vallitsevia lämpötiloja ja ympäristöä. Eristävää tulenkestävää materiaalia 112 on riittävän paksu kerros lämpöhäviöiden minimoimiseksi käytännöllisessä määrin astian 100 sisältä. Sulan suolan keräymä 108 on edelleen sulatetta kestävän tulenkestävän verhouksen sisäpuolella, jolloin verhous jatkuu ylöspäin ainakin osan matkaa kaasutusvyöhykkeen 104 läpi.

Käsiteltävä mustalipeä 114 syötetään (lähteestä, jota ei ole esitetty) putken 116 läpi pumppuun 118. Pumppusta 118 mustalipeä syötetään astiaan 100 ruiskutusjärjestelmän 120 läpi, joka ruiskuttaa väkevöidyn vesipitoisen mustalipeän karkeana suihkuna useiden ruiskusuuttimien 122 läpi kuivausvyöhykkeen 102 yläosaan.

Laitteistoon kuuluu astiaa 100 varten kaasunsyöttösystemi, joka sisältää happea sisältävän kaasun (tyypillisesti ilman) tuloputken 124, joka johtaa kompressorin 126, jota moottori 128 käyttää. Puristamalla edullisesti happea sisältävä kaasu kokoon kaasun lämpötila nousee. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kaasunkuumenninta happea sisältävän kaasun lämpötilan nostamiseksi halutulle tasolle. Paineistettu happea sisältävä kaasu poistuu kompressorista 126 putken 130 kautta ilmavirran jakautumista säättävään systemiin 132, joka sisältää yhden tai useampia annosteluventtiilejä. Nämä säättävät selektiivisesti paineilman virtausta putken 134 kautta suoraan pelkistysvyöhykkeeseen 106 (sulan suolan keräymään 108) ja putken 136 kautta kaasutusvyöhykkeeseen sulan suolan keräymän yläpuolelle. Putket 134 ja 136 muodostavat yleensä kaasun ruiskutusaukkojen ympyrän muotoisen rivistön paineilman syöttämiseksi pelkistysvyöhykkeeseen 106 ja kaasutusvyöhykkeeseen 104.

Tämän keksinnön ratkaisevan piirteen mukaisesti ilmansyötön jakautumista säädetään siten, että vain se määrä ilmaa, joka vaaditaan sulatekeräymään todella tulevan hiilipitoisen materiaalin hajoamisen takaamiseen, syötetään suolasulatepelkistysvyöhykkeeseen 106. Tämä on tyypillisesti 30 - 70 % koko astiaan 100 syötetystä määrästä. Loput astiaan syötetystä ilmasta syötetään kaasutusvyöhykkeeseen 104 välittömästi keräymän yläpuolelle. Koska tuotetaan palavaa kaasua, astiaan syötetty kokonaisilmamäärä on tyypillisesti 25 - 55 % määrästä, joka tarvitaan kaikkien syötettyjen materiaalien täydelliseen polttoon. Kuten kuvion 1 yhteydessä mainittiin, muuta materiaalia, kuten puujätettä, voidaan syöttää paineilman avulla suoraan sulan suolan keräymään.

Sulatten ylivirtauksen poistoputki 138 johtaa suljettuun sammutussäiliöön 140. Normaalin toiminnan aikana suolasulatetuote 141 puretaan altaasta 108 sulatten pois-

toputken 138 kautta sammutussäiliöön 140. Vettä tai sopivaa suolaliuosta, kuten kierrätettyä soodalipeää, syötetään sammutussäiliöön 140 putken 142 kautta. Vesi pirstoo ja sammuttaa sammutussäiliöön tulevan sulatteen muodostaen soodalipeän keräymän 144, joka sisältää mustalipeästä peräisin olevia pelkistettyjä kemikaalisuoloja. Soodalipeä poistetaan putken 146 kautta tyypillisesti palautettavaksi massankeittoprosessiin. Osa soodalipeätuotteesta voidaan kierrättää putkeen 142 auttamaan sulatteen 141 hajoamisessa. Sulatteen 141 sammutuksen aikana muodostuu kuumaa kaasua, joka koostuu pääasiassa vesihöyrystä, joka poistetaan sammutussäiliöstä 140 putken 148 kautta. Pienen osan kaasutusastiassa 100 muodostetusta kaasusta voidaan antaa virrata sulatteen poistuputken 138 läpi yhdessä puretun sulatteen kanssa ja tämä kaasu poistetaan myös sammutussäiliöstä 140 putken 148 kautta, lisätään edullisesti tuotekaasuvirtaan suuntaamalla putkessa 148 oleva kaasu sopivaan kohtaan tuotekaasun jäähdytys- ja puhdistussysteemiä, kuten kuvion 1 putkeen 30 tai kaasuvirtaan ennen sen lopullista jäähdytysvaihetta.

Viitaten uudelleen astiaan 100 kuuma tuotekaasu poistetaan astiasta kaasun poistoputken 150 kautta, joka sijaitsee astian yläpäässä kuivausvyöhykkeen yläpuolella. Kuten kuvion 1 yhteydessä mainittiin, astiasta 100 poistuva tuotekaasu voidaan johtaa lämmön talteenottosysteemin ja sen jälkeen absorptiolaitteen läpi H_2S :n ja muiden epämieluisten komponenttien poistamiseksi kaasusta. Kuvion 1 lämmön talteenottosysteemi 28 voi sisältää höyrygeneraattorin, syöttöveden kuumentimen tai muun lämmönvaihtovälineen. Tyypillisesti lämmön poiston viimeinen vaihe suoritetaan lämmönvaihdolla jäähdytysveden kanssa ja se johtaa vesihöyryn kondensoitumiseen ja nestemäisen veden muodostumiseen. Tämä kondensoitu vesi on edullista palauttaa sammutussäiliöön 140 putken 142 kautta.

Kuten US-patentissa 4 773 918 mainittiin, saattaa olla edullista varustaa kaasutusastia 100 poltinlaitteella kuuman kaasuvirran aikaansaamiseksi astiaan 100 sen esilämmittämiseksi ennen toiminnan aloittamista ja valinnaisesti lisälämpölähteen aikaansaamiseksi toiminnan aikana. Samoin kuten kuviossa 1 on esitetty, hapanta kaasua absorboiva laite 32 voi olla liitetty mukaan aikaansaamaan kosketus absorptioaineen ja tuotekaasun välille haitallisten happamien kaasujen, kuten H_2S :n ja vastaavien poistamiseksi tuotekaasusta niin, että se voidaan muuttaa sopivaksi käytettäväksi polttoaineena kaasuturbiinissa tai muihin tarkoituksiin.

Koska kuumentimien, höyrygeneraattoreiden, kondensointi- ja absorptiolaitteiden toiminta on normaalia tekniikkaa, näitä oheiskomponentteja, joita käytetään mustalipeän kaasutussysteemissä, ei tarvitse selostaa yksityiskohtaisesti.

Prosessin toiminnan aikana on toivottavaa, että lämpötila pidetään suhteellisen muuttumattomana kaasutusvyöhykkeessä 104, esim. 1 000 °C:ssa vyöhykkeen siinä osassa, joka on sulan suolan keräymän 108 yläpinnan vieressä. Tämä voidaan toteuttaa säätämällä ilman ja mustalipeän välistä suhdetta ylös- tai alaspäin lämpötilan kohottamiseksi tai alentamiseksi vaaditulla tavalla halutun arvon ylläpitämiseksi. Jos muita parametreja, kuten mustalipeän koostumusta, ilman esilämmitystä ja lämpöhäviötä ei vaihdella, tämä toimintatapa johtaa tuotekaasun muodostumiseen, jolla on suhteellisen muuttumaton koostumus ja lämpöarvo. Tuotekaasun lämpöarvoa voidaan haluttaessa nostaa syöttämällä korkean lämpöarvon polttoainetta, kuten öljyä tai maaöljykoksia, kaasutusvyöhykkeeseen, nostamalla ilmasyötön lämpötilaa tai vähentämällä lämpöhäviötä esimerkiksi lisäämällä eristystä. Kaasumaista polttoainetta, kuten luonnonkaasua tai haihtuvia hiilivetyjä, voidaan luonnollisesti lisätä suoraan tuotekaasuun sen lämpöarvon nostamiseksi.

Suolatuote 141, joka virtaa ulos astiasta 100 sammutussäiliöön 140, liuotetaan veteen soodalipeän muodostamiseksi. On edullista käyttää sammutussäiliötä samassa paineessa kuin kaasutusastiaa, jotta vältettäisiin sulassa suolassa toimivan paineensäätöventtiilin tarve. Soodali-
5 peä, joka sisältää liuennutta natriumsulfidia, voidaan kierrättää massankeittoprosessiin tai käyttää muihin tar-koituksiin.

Kaasutusvyöhykkeestä 104 kohoava kaasu sisältää
10 CO:a, H₂:ä, H₂O:ä, CO₂:a, CH₄:a ja jos käytetään ilmaa, N₂:ä ja erilaisia hivenkomponentteja ja epäpuhtauksia ja sen lämpötila on noin 870 - 1 200 °C. Kaksi erityisen mielen-kiintoista epäpuhtautta ovat H₂S, joka on peräisin syöte-tyssä mustalipeässä olevasta rikistä, ja natriumsulfidin
15 hienot hiukkaset, jotka ovat muodostuneet höyrystymis- ja reaktioilmiöiden kautta. Kun kaasu kulkee sitten kuivaus-vyöhykkeen 102 läpi, se jäädytetään lämpötilaan noin 350 - 850 °C riippuen sen lämpötilasta sen tullessa kuivauvyö-
hykkeeseen, mustalipeän vesipitoisuudesta ja vastaavista
20 tekijöistä. Kaasu on edullista jäädyttää lämpötilaan, jossa natriumsuolojen hiukkaset ovat kiinteitä, mikä on alle noin 790 °C tyyppillisillä suolakokoonpanoilla.

Kuten yllä huomautettiin, happea sisältävää kaasua syötetään hallitusti astian 100 kaasutusvyöhykkeeseen 104
25 ja pelkistysvyöhykkeeseen 106 mustalipeässä olevan hiili-pitoisen materiaalin osittaisen hapettumisen aikaansaami-seksi, vaaditun korkean lämpötilan synnyttämiseksi ja ha-luttujen tuotteiden muodostamiseksi. Happea sisältävä kaa-su on sopivasti ja edullisesti ilma; haluttaessa voidaan
30 käyttää hapella rikastettua ilmaa tai puhdasta happea. Vaikka puhdasta happea voidaan käyttää keksinnön mukaises-sa menetelmässä, se on vähemmän toivottavaa kuin ilma tai happirikasteinen ilma johtuen hapen korkeasta hinnasta ja vaatimuksesta sijoittaa happilaitos lähelle mustalipeän
35 kaasutussysteemiä. Yleensä kaasutusvyöhykkeestä lähtevän

kaasun nopeus ylöspäin ei saisi ylittää arvoa noin 6,1 m/s ja sen tulee edullisesti olla 0,6 - 4,8 m/s.

Paineen kaasutusastiassa 100 tulee olla välillä 101 - 5 065 kPa, normaalia ilmanpainetta korkeamman paineen
5 ollessa toivottava. Edullisesti tulee käyttää noin 303 - 3 040 kPa:n painetta. Normaalia ilmanpainetta korkeamman paineen käyttö on toivottavaa useista syistä. Menetelmän turvallisuus paranee käytettäessä normaalia ilmanpainetta korkeampaa painetta, koska kohotettu paine estää räjähdys-
10 set, joita saattaa sattua sekoitettaessa sulatetta ja vetä sulatteen sammutusprosessissa. Tuotekaasun tilavuus ja siitä johtuen menetelmän toteuttamiseen tarvittavan laitteiston koko pienenee jopa kertoimella noin 20:1, kun käytetään normaalia ilmanpainetta korkeampia paineita. Tämä
15 pienentää sekä kustannuksia että lämpöhäviöitä. Lisäksi suolan höyrystyminen vähenee, mikä poistaa menetelmässä tuotetun kaasun laajan puhdistuksen tarpeen. Kohotettu paine helpottaa höyryfaasiepäpuhtauksien, kuten rikkivedyn poistoa tuotekaasusta käyttämällä absorptio- tai adsorp-
20 tioprosesseja. Muuna etuna menetelmän käyttämisestä paineen alaisena on prosessin kasvanut lämpöhyötysuhde, mikä johtuu sulatteen lämpöenergian osittaisesta talteenotosta, jonka tekee mahdolliseksi sammutussäiliön liuoksen kiehumispisteen kohoaminen, kun paine kasvaa. Muuna etuna on,
25 että tuotekaasu on saatavissa paineessa, jota vaaditaan käyttöön seuraavissa operaatioissa, kuten syötössä kaasuturbiiniin.

Lämpötiloja kaasutusvyöhykkeessä 104 sulan suolan keräymän 108 yläpinnan vieressä pidetään noin 800 - 1 200
30 °C:ssa ja edullisesti noin 900 - 1 070 °C:ssa. On huomattava, ettei kaasutusvyöhyke toimi täysin yhtenäisessä lämpötilassa. Korkein lämpötila tässä vyöhykkeessä on normaalisti lähellä sulan suolan keräymän pintaa, jossa ruiskutettu happi reagoi hiilipitoisen materiaalin kanssa. Lähellä kaasutusvyöhykkeen yläosaa lämpötilat laskevat, kun
35 kaasu lähestyy kuivausvyöhykettä.

Kaasutusvyöhykkeestä kohoavat korkean lämpötilan kaasut jäähdytetään noin 350 - 850 °C:n lämpötilaan niiden kulkiessa kuivausvyöhykkeen läpi. Tämä jäähdytysvaihe edustaa tämän keksinnön lisäetua siten, että se saa sulan suolan pisarat, jotka saattaisivat kulkeutua kohoavan kaasun mukana, jähmettymään ennen kuin ne poistuvat reaktoriasta. Tuloksena olevat kiinteät hiukkaset eivät takerru tuotekaasun prosessointisysteemin lämmönsiirtopinnoille ja muuhun laitteistoon eivätkä syövytä niitä. Sulan suolan keräymän pelkistysvyöhykkeessä lämpötilat voivat olla jonkin verran alemmat kuin kaasutusvyöhykkeessä, mikä johtuu pelkistysvyöhykkeessä tapahtuvista endotermisistä rikin pelkistysreaktioista. Lämpötiloja on kuitenkin pelkistysvyöhykkeessä pidettävä riittävän korkeina, jotta taattaisiin se, ettei tapahdu suolojen jähmettymistä ja että pelkistysreaktiot voivat tapahtua suurella nopeudella. Lämpötila-alue noin 860 - 1 100 °C on käyttökelpoinen ja edullinen alue on noin 870 - 1 050 °C sulan suolan keräymän pelkistysvyöhykkeelle.

On erittäin tärkeää, että lämpö säilyy kaasutus- ja pelkistysvyöhykkeissä. Muussa tapauksessa lämpöhäviöt vaativat suurempaa ilman ja mustalipeän syöttösuhdetta lämpötilan ylläpitämiseksi. Kun ilman ja mustalipeän välistä suhdetta nostetaan, tapahtuu täydellisempi palaminen, erityisesti erittäin eksotermiset reaktiot CO₂:ksi ja H₂O:ksi CO:sta ja H₂:sta. Tämä kompensoi lämpöhäviötä, mutta huonontaa tuotekaasun lämpöarvoa. On jonkin verran merkityksellisempää minimoida lämpöhäviötä kuivausvyöhykkeestä, koska lämpöhäviöt tästä vyöhykkeestä pääasiassa alentavat tuotekaasun lämpötilaa, mutteivät lämpöarvoa.

Lämpöhäviötä kaikista kolmesta vyöhykkeestä vähennetään käyttämällä eristysmateriaalia 112. Mitä tahansa eristettä voidaan käyttää tähän tarkoitukseen. Esimerkiksi eristävät pintakerrokset, valettavat tulenkestävät aineet, palotiilet, lasikuitu ja kaakeli ovat sopivia. Materiaa-

lien, jotka ovat kosketuksessa korkean lämpötilan sulan suolan ja suolahöyryjen kanssa, on kestävä näiden aineiden vaikutusta. Esimerkiksi erittäin puhtaiden sulatusvalettujen alumiinioksidiharkkojen on havaittu olevan melko tehokkaita käytettäväksi sulatetta kestävässä tulenkestävänä verhouksena 113.

Lämpöhäviöiden hallinta on tämän keksinnön tärkeä piirre ja se on selvä vastakohta käytännölle, jossa käytetään hyväksi Tomlinsonin kattilaa tai sen vastinetta, jossa mustalipeän poltossa syntynyttä lämpöä käytetään veden muuttamiseen höyryksi reaktorissa olevissa kattilaputkissa. Sen sijaan että poistettaisiin lämpö tällä tavoin palavan kaasutuotteen valmistamiseksi, jolla on haluttu ylempi lämpöarvo, on todettu välttämättömäksi estää lämmön häviäminen. Erityisesti kun halutaan saada tuotekaasulle ylempi lämpöarvo (HHV), joka on vähintään noin $3\,353\text{ kJ/m}^3$, on tarpeen suunnitella systeemi siten, että kokonaislämpöhäviö kaasutus- ja pelkistysvyöhykkeistä on alle noin 396 kJ/kg syötettyä mustalipeää ja edullisesti alle $1\,163\text{ kJ/kg}$.

Jotta rajoitettaisiin näistä vyöhykkeistä säteilystä ylöspäin kylmempään kuivausvyöhykkeeseen aiheutuvaa lämpöhäviötä, on toivottavaa, että rajoitetaan astian poikkipinta-alaa kaasutusvyöhykkeen yläosassa. Esimerkiksi poikkipinta-ala, joka on alle noin $18,4\text{ cm}^2/\text{kg/h}$ syötettyä mustalipeää, rajoittaa säteilyhäviöt alle noin $1\,163\text{ kJ/kg:n}$ mustalipeää tyypillisissä käyttöolosuhteissa. Koska jonkin verran johtumisesta astian seinämien ja lattian läpi aiheutuvaa lämpöhäviötä on myös odotettavissa, vaaditaan tavallisesti poikkipinta-alaa, joka on alle noin $1,64\text{ cm}^2/\text{kg/h}$ mustalipeää. Näin ollen kaupallinen laitos, joka käsittelee 100 t/d syötettyä mustalipeää ($3\,780\text{ kg/h}$), vaatisi kaasutusvyöhykkeen yläosassa alle $6,2\text{ m}^2$:n poikkipinta-alan tai alle noin $2,75\text{ m:n}$ sisähalkaisijan pyöreällä poikkileikkauksella. Vielä pienemmät poikkipinta-alat

ovat edullisia (esim. alle noin $12,3 \text{ cm}^2/\text{kg/h}$) ja voidaan vaivattomasti saavuttaa hyväksyttävillä kaasun nopeuksilla toimimalla korotetuissa paineissa. Poikkipinta-alan pienentäminen johtaa välttämättä kaasun nopeuden kasvuun kaasutusastiassa, ellei muita olosuhteita muuteta. Niinpä

5 liian suurten nopeuksien välttämiseksi toimittaessa edullisella alueella olevalla poikkipinta-alalla on toivottavaa käyttää kaasutusastiaa korotetussa paineessa.

Lämpöhäviö tai lämmön poisto, joka mainittiin edellä olevassa selostuksessa, viittaa vain lämpöön, joka

10 poistuu kaasutus- ja pelkistysvyöhykkeistä säteilemällä ylöspäin tai johtumalla seinämiin tai niiden läpi ja joka on tämän vuoksi hallittavissa sopivalla systeemin suunnittelulla. Lisäksi on tärkeää, että mustalipeä on lähes täysin

15 kuivattu, ennen kuin se tulee kaasutusvyöhykkeeseen niin, ettei lämpöä kulu veden höyrytämiseen ja että molempiin alempiin vyöhykkeisiin syötetty ilma esikuumennetaan sen lämmön minimoimiseksi, joka vaaditaan sen lämpötilan nostoon. Tietyt lämpöhäviöt ovat kuitenkin väistämättömiä ja yläraja mustalipeän lämpöarvolle, joka voidaan

20 muuttaa tuotekaasun lämpöarvoksi, asettuu noin 75 %:n ylärajalle. Väistämättömiin lämpöhäviöihin kuuluvat tuotekaasun ja tuotesulatteen vapaa lämpö ja sulatteessa olevan sulfidin lämpöarvo.

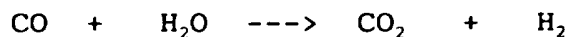
25 Jotta saavutettaisiin haluttu vesipitoisen mustalipeän kaasutus esillä olevan keksinnön mukaisessa prosessissa, vesipitoista mustalipeää syötetään astian 100 kuivausvyöhykkeeseen 102 tavalla, joka aikaansaa mustalipeän riittävän pinta-alan, joka on suorassa kosketuksessa kuum

30 man kaasun kohoavaan virtaan, ja riittävän kosketusajan. Mustalipeä voidaan ruiskuttaa astiaan putoavien pisaroiden muodostamiseksi, jotka kuivataan kaasutusvyöhykkeestä kohoavilla kaasuilla, veden höyrystyessä mustalipeästä, ennen kuin mustalipeä poistuu kuivausvyöhykkeestä.

Suihkupisarat voivat myös osua kuivausvyöhykkeessä astian seinämiin, joihin ne tarttuvat ja kuivuvat muodostaen hiipitoisen materiaalin ja suolojen kerrostumia, jotka sen jälkeen putoavat seinämiltä kaasutus- ja pelkistysvyöhykkeisiin. Ei ole kuitenkaan toivottavaa syöttää mustalipeää niin hienona suihkuna, että suihkun pisarat tai tuloksena olevat kuivatut, hienojakoiset mustalipeän kiintoaineet kulkeutuvat kaasutusastian läpi kohoavien kuumien kaasujen mukana pois. Suihkun karkeus säädetään siten, että tapahtuu riittävä kuivuminen ja mahdollisimman vähän poiskulkeutumista.

Kaasulla, joka on muodostunut mustalipeän kiintoaineiden kaasutuksen tuloksena, on kuivana ylempi lämpöarvo, joka on vähintään noin $3\,353\text{ kJ/m}^3$, johtuen pääasiassa CO:n, H₂:n ja CH₄:n läsnäolosta. Kun tuotekaasu kohoaa mustalipeän kuivausvyöhykkeen läpi, sen vesihöyrypitoisuus kasvaa ja lämpötila laskee tuloksena veden haihtumisesta mustalipeästä. Lisäksi vesihöyrypitoisuuden kasvu saa vesi-kaasumuutosreaktion tapahtumaan seuraavasti

20



Tämä johtaa kaasun koostumuksen muutokseen siten, että kuivausvyöhykkeen huipulta lähtevä kaasu sisältää vähemmän CO:a ja enemmän H₂:a kuin kaasutusvyöhykkeestä lähtevä kaasu. Reaktio ei kuitenkaan muuta oleellisesti ylempää lämpöarvoa.

Kuivausvyöhykkeestä poistuvaa kaasua voidaan käsitellä lukuisilla tavoilla. Edullisesti sen vapaata lämpöä käytetään höyryn kehittämiseen höyrygeneraattorissa tai muuhun lämpöhuoltoon. Useimmissa sovellutuksissa on toivottavaa poistaa vesihöyry, hienot suola hiukkaset ja H₂S kaasusta ennen sen käyttämistä. Nämä vaiheet voidaan toteuttaa tavanomaisessa laitteistossa, kuten jäähdyttimessä vesihöyryn poistamiseksi, absorptiokontaktoreissa, joissa

käytetään alkalisia liuoksia H_2S :n absorboimiseen, ja savukaasupesureita tai kangassuodattimia hiukkasmaisen aineen poistamiseen. Näissä vaiheissa talteenotettu vesi, suola ja rikki voidaan kierrättää selluloosatehtaaseen tai kaasutusprosessiin. Joissakin tapauksissa saattaa olla toivottavaa puhdistaa tuotekaasu, kun se poistuu kaasutusasttiasta, ilman lisäjäähdytystä niin, että kaasussa ja vesihöyryssä olevaa vapaata lämpöä ja puristusenergiaa voidaan käyttää kaasuturbiinissa tai muussa energian muutossystemissä.

Kuten osoitettiin, purettu sulate 141 virtaa asttiasta 100 putken 138 kautta sammutussäiliöön 140, jossa se liuotetaan veteen kaasutusastian paineessa. Sulate jäähmettyy ja sulkee virtaustien, jos sen annetaan jäähtyä alle noin $760\text{ }^{\circ}\text{C}$:n sen ollessa kosketuksessa purkaussuutinten kanssa. Tämän vuoksi on toivottavaa antaa osan kaasutusvyöhykkeestä tulevasta korkean lämpötilan kaasusta virrata sulatteen purkausputken läpi auttamaan korkean lämpötilan ylläpitämisessä tässä putkessa. Tämä kaasu virtaa sammutussäiliöön 140, josta se voidaan laskea tuotekaasusysteemiin alavirtaan kaasuttimesta olevassa kohdassa. Sulatteen virtauksen esteettömän reitin ylläpitämiseen voidaan käyttää muita välineitä, kuten apupolttimia ja mekaanisia rouhinsysteemejä.

Seuraavat esimerkit kuvaavat tätä keksintöä, mutta niiden tarkoituksena ei ole rajoittaa sen suojapiiriä.

Esimerkit

Tämän keksinnön tekijä osoitti aikaisemmin sarjassa koepenkkimittakaavassa testejä menetelmän peruskemian, joka liittyy väkevöidyn vesipitoisen mustalipeän suolasulatakasutukseen. Nämä suoritettiin sisähalkaisijaltaan $152,4\text{ mm}$:n koepenkkimittakaavan kaasutusastiassa, johon oli asennettu sähköuuni, jota voitiin käyttää lämpöhäviöiden minimoimiseen seinämien läpi. Tuotekaasun ylemmät lämpöarvot (HHV kuivana) olivat $4\,470 - 5\,216\text{ kJ/m}^3$ riippuen

mustalipeän koostumuksesta ja muista muuttujista. Sulat-
teesta talteen saatu rikki oli yleensä 90-%:isesti nat-
riumsulfidin muodossa. Paineen vaikutukset peruskemiaan
osoitettiin myös aikaisemmin koeohjelmilla.

5 Mustalipeän suolasulatekaasutusprosessin kaupalli-
sen potentiaalin osoittamiseksi tarkemmin modifioitiin
monikäyttöistä sulan suolan testauslaitetta (MSTF) musta-
lipeän kaasutusastian aikaansaamiseksi, joka kykenee de-
monstroimaan tätä menetelmää koetehdasmittakaavassa. Muun-
10 nos käsitti kolmivyöhykkeisen kaasutusastian, joka koostui
vesipitoisen mustalipeän kuivausvyöhykkeestä, mustalipeän
kiintoaineiden kaasutusvyöhykkeestä ja suolasulatteen ri-
kin pelkistysvyöhykkeestä.

 Käytetty MSTF koostuu astiasta, jonka sisähalkaisi-
15 ja on noin 838 mm ja sisäkorkeus noin 4 242 mm. Alempi
2 438 mm:n osa on vuorattu sulatusvaletuilla alumiinioksi-
ditiilillä, joiden paksuus on noin 152 mm ja jotka on
tuettu takaa noin 123 mm:n kerroksella paljon alumiiniok-
sidia sisältävää valettavaa tulenkestävää ainetta. Nämä
20 materiaalit kestävät erittäin hyvin korkean lämpötilan su-
lan suolan vaikutusta, mutta eivät ole tehokkaita lämpö-
eristeinä. Lämpöhäviöiden pienentämiseksi kaasutus- ja
pelkistysvyöhykkeistä 3,2 mm paksu kerros mineraalikuitu-
eristyspaperia asennettiin metalliastian ulkopuolelle;
25 tehokkaampaa paksumpaa kerrosta ei voitu kuitenkaan käyt-
tää aiheuttamatta metalliastian sallitun lämpötilan ylit-
tämistä.

 Mustalipeän kaasutuksen aikaisemmassa testauksessa
ja analyttisissä tutkimuksissa tämän keksinnön tekijä oli
30 osoittanut, että ratkaiseva vaatimus palavan kaasun tuot-
tamiselle, jonka HHV on yli 3 725 kJ/m³ ja sulatteen pel-
kistyminen yli 90-%:isesti sulfidiksi, oli se, että yhdis-
tetyistä kaasutus- ja pelkistysvyöhykkeistä menetetyn läm-
mön tulee edullisesti olla alle noin 1 163 kJ/kg syöttöä
35 tyypillisellä mustalipeän koostumuksella. Koska MSTF-as-

tian alkuperäinen tarkoitus oli testata kemikaalijätteen hävittämistä täydellisellä poltolla, tuotannon maksimoimiseksi yksikkö suunniteltiin sallimaan hyvin suuri lämpöviömäärä seinämien läpi (noin 633 000 - 844 000 kJ/h).

- 5 Näin ollen johtuen MSTF-astian alkuperäisestä suuren lämpöviön suunnittelusta, mustalipeän kaasutusohjelman ratkaisevat tavoitteet koetehdastasolla rajoittuvat suhteellisen suuren mittakaavan laitteiston toimintakyvyn osoittamiseen ja suorituskyvyn ennustettavuuden aikaansaamiseen
- 10 perustuen koepenkkimittakaavan kokeisiin ja analyyttisiin tutkimuksiin.

- Kaksi ratkaisevaa rakennemuutosta tehtiin MSTF-astiaan tämän keksinnön mukaisesti. Sulatteen poistoaukko, joka oli 1 930 mm astian pohjan yläpuolella, suljettiin
- 15 keraamisella tulpalla ja peitettiin suojalaipalla. Uusi sulatteen ylivirtauskouru suunniteltiin ja valmistettiin koetoimintaa varten ja asennettiin 356 mm astian pohjan yläpuolelle. Alentamalla sulatteen poistoaukkoa pienennettiin sulatevarastoa ja aikaansaatiin suhteellisen matala
- 20 allas.

- Neljän olemassa olevan, ilman ruiskuttamiseen sulan suolan keräymään käytetyn suuttimen lisäksi, kuusi uutta suutinta sijoitettiin 508 mm:n korkeudelle astian pohjan yläpuolelle niin, että se teki mahdolliseksi osan ruiskutetusta ilmasta ruiskuttamisen sulatekeräymän yläpuolelle.
- 25 Nämä uudet suuttimet sijaitsivat tasavälein astian kehän ympärillä ja osoittivat alaspäin ja sisäänpäin 45 °:n kulmassa niin, että ilma suuntautui kohti sulan suolan keräymän pintaa. Tasapainottavia suokappaleita käytettiin jokaisessa suuttimessa tasaisen ilman jakautumisen aikaansaamiseksi yksittäisiin ilma-aukkoihin. Muutoksia tehtiin myös mustalipeän ruiskutussysteemiin pyrkimyksenä lisätä ja ylläpitää mustalipeän virtausta.
- 30

- Koko ajoaika koostui noin 46 tunnin toiminnasta
- 35 mustalipeän syötön aloittamisesta systeemin sulkemiseen ja

se sisälsi 14 koetta. Noin 8 618 kg mustalipeää kaasutettiin; mustalipeän virtaus ei kuitenkaan ollut jatkuvaa koko ajon ajan.

5 Kaasutusastia käynnistettiin asettamalla ensin il-
mavirtaukset nimellisarvoihin täyden kuorman olosuhteita
varten, esimerkiksi kaasun nimelliselle pinnanmyötäiselle
nopeudelle 1,5 m/s 980 °C:ssa. Ilman kokonaisjakautuma kaa-
sutusastiaan asetettiin alunperin syöttämään noin 40 % il-
10 masta kuuteen yläsuuttimeen (sulatteen yläpuolelle) ja 60
% ilmasta pohjalla oleviin neljään suuttimeen (sulattee-
seen). Tämä suhde käännettiin kuitenkin päinvastaiseksi
kokeissa 10 - 14. Kuuteen yläsuuttimeen tuli esilämmitet-
tyä ilmaa; neljään pohjalla olevaan suuttimeen tuli ympä-
ristön lämpötilassa olevaa ilmaa. Väliaikainen luonnonkaa-
15 supoltin asennettiin astian ylimpään osaan yksikön esiläm-
mittämiseksi. Kaasutusastia esikuumennettiin 930 - 980
°C:seen ennen ajoa.

Taulukko 1 esittää kokeissa käytetyn mustalipeän
analyysiä.

20 Koetulosten analyysi osoitti, että tuotekaasulla
oli kuivana maksimi HHV-arvo 1 948 kJ/m³ muuttumattoman
toiminnan aikana ja sulatteessa olevan rikin maksimipel-
kistys oli 67,4 %. Kuten mainittiin, MSTF-astian suunnit-
telusta johtuen ei ollut mahdollista nostaa näitä arvoja
25 merkittävästi ajon aikana muutoksilla, jotka sallisivat
toiminnan alemmalla ilman ja polttoaineen välisellä suh-
teella, esimerkiksi aikaansaamalla astialle lisäeristys
tai nostamalla mustalipeän syöttönopeutta.

30 Kokeet 10 ja 13 (kts. taulukko 2) ovat tyypillisiä
esimerkkejä MSTF:n suorituskyvystä tämän keksinnön konfi-
guraatiossa. Vertailun vuoksi taulukkoon on sisällytetty
tulokset aikaisemmasta kokeesta, jota on merkitty testiksi
A. Tämän aikaisemman kokeen aikana kaikki ilma syötettiin
syvän sulan suolan keräymän pinnan alapuolelle.

Suunnilleen samalla ilman ja mustalipeän välisellä suhteella toteutettujen kokeiden 13 ja A vertailu osoittaa, että sulatekeräymän syvyyden pienentämisellä 1 930 mm:stä 356 mm:iin ei ollut haitallista vaikutusta tuotekaasun lämpöarvoon. Rikin pelkistysyötösuhteen havaitaan olevan merkittävästi korkeampi molemmissa kokeissa 10 ja 13 kuin kokeessa A. Tätä voidaan pitää jaetun ilmasyöttöjärjestelyn aiheuttamana kokeissa 10 ja 13, jolloin vain 37 % johdetaan sulatekeräymän läpi ja loppuosa ruiskutetaan kaasutusvyöhykkeeseen. Tämä järjestely salli myös syöttää enemmän kokonaisilmaa (ja tämän vuoksi enemmän mustalipeää) kaasuttimeen testien 10 ja 13 aikana ilman, että sulatteen pisaroita kulkeutui liikaa pois. Tämän seurauksena yksikköä voitaisiin käyttää pienemmällä ilman ja mustalipeän välisellä suhteella testin 1 aikana ylemmän lämpöarvon kaasun tuottamiseksi kuin on mahdollista kokeeseen A käytetyllä konfiguraatiolla.

Taulukko 1

MSTF-ajossa käytetyn mustalipeän analyysi

	Kiintoaineväkevyyt, paino-%	Märkänä	Kuivana
5	Kiintoaineväkevyyt, paino-%	66,47	100,0
	pH	12,8	-
	Tiheys, g/cm ³ @ 25 °C:ssa	1,41	-
	Palamislämpö, kJ/kg	10 027	15 084
	Alkuaineanalyysi, paino-%		
10	Hiili ^(a)	24,80	37,31
	Vety ^(a)	2,27 ^(b)	3,41
	Orgaaninen hiili	25,46	38,30
	Natrium	13,90	20,91
	Kalium	1,24	1,87
15	Kalsium	0,02	0,03
	Magnesium	0,01	0,02
	Rauta	0,01	0,01
	Alumiini	<0,01	<0,01
	Kokonaisriikki	2,71	4,07
20	Alkuaineriikki	0,08	0,12
	Polysulfidiriikki	0,05	0,07
	Yhdisteet, paino-%		
	NaOH	0,37	0,55
	Na ₂ S	4,11	6,18
25	Na ₂ CO ₃	4,63	6,97
	Na ₂ SO ₄	2,68	4,03
	Na ₂ SO ₃	0,01	0,01
	Na ₂ S ₂ O ₃	1,38	2,07
	NaCl	0,09	0,14
30	Na ₂ C ₂ O ₄	0,93	1,40
	Metoksyylit (O-CH ₃)	3,16	4,76
	Mäntyljy	0,56	0,85
	Haihtuvat hapot	7,06	10,62

35 ^{a)} Näyte kuvattu ennen analyysiä; on saattanut menettää haihtuvia orgaanisia aineita.

^{b)} Ei sisällä vedessä olevaa vetyä.

Taulukko 2
MSTF-koetulokset

Ajo n:ot		10	13	A
5	Sulatekeräymän syvyys, cm	14	14	76
	Ilman jakautuminen, %			
	Sulatekeräymään	37	37	100
	Keräymän pinnan yläpuolella	63	63	0
	Mustalipeäsyöttö, kg/h	844	674	530
10	Ilman syöttö, kg/h	1460	1426	1180
	Ilman ja mustalipeän painosuhde	1,74	2,12	2,23
	Lämpötilat, °C (°F)			
	Sulatekeräymä	886	964	993
		(1627)	(1767)	(1820)
15	Syöttöilma	230	231	462
		(446)	(448)	(864)
	Mustalipeä	102	94	77
		(216)	(201)	(170)
	Tuotekaasuanalyysi, til-% kuivana			
20	H ₂	7,7	5,0	4,8
	CO ₂	17,3	16,3	16,4
	Ar	0,8	0,9	0,9
	N ₂	67,2	73,3	74,4
	CH ₄	0,6	0,3	0,5
25	CO	6,4	4,3	3,2
	Tuotekaasua HHV, kJ/m ³	1947	1229	1173
	Sulatteen koostumus, paino-%			
	Na ₂ CO ₃	68,4	75,3	74,0
	Na ₂ S	16,6	8,9	0,2
30	Na ₂ SO ₃	0,7	1,1	0,1
	Na ₂ SO ₄	14,3	28,1	25,7
	Pelkistysyhteyssuhde, %	67,4	38,6	1,4

Koe 10 edustaa MSTF:n suurinta muuttumatonta toimintakykyä lopullisessa konfiguraatiossa mitä tulee tuotantomäärään, tuotekaasun lämpöarvoon ja rikin pelkistykseen. Tuotantoa rajoittaa sallittavissa oleva kaasun nopeus ja sitä voitaisiin lisätä nostamalla käyttöpainetta tai vähemmässä määrin toimimalla pienemmällä ilman ja mustalipeäsyötön välisellä suhteella. Tuotekaasun lämpöarvoa ja rikin pelkistyshyötysuhdetta voitaisiin myös parantaa toimimalla pienemmällä ilman ja mustalipeän välisellä suhteella; tämä toimintatapa saisi kuitenkin systeemin lämpötilan laskemaan ellei lämpöhäviötä painoyksikköä kohti pienennetä. Tämä voidaan toteuttaa joko pienentämällä kokonaislämpöhäviötä (esim. käyttämällä lisäeristystä) tai kohottamalla sallittavissa olevaa syöttönopeutta (esim. nostamalla painetta).

Olosuhteissa, jotka ovat saavutettavissa MSTF-as-
tiassa, tulokset osoittivat, että toiminta, jossa ruisku-
tetaan merkittävä osa (30 - 70 %) ilmasta sulan suolan ke-
räymän yläpuolelle, johtaa tehokkaampaan rikin pelkistyk-
seen kuin toiminta, jossa 100 % ilmasta ruiskutetaan ke-
räymän pinnan alapuolelle, ja tekee myös mahdolliseksi
toiminnan suuremmalla kaasun tuotantonopeudella. Tulokset
osoittavat myös, että hyvin matala sulatekeräymä (nimel-
lissyvyys noin 356 mm) on yhtä tehokas mustalipeän kaasu-
tuksessa kuin syvä keräymä (1 930 mm).

Nyt kyseessä olevat kokeet verrattuna aikaisempiin
kokeisiin sekä koepenkkimittakaavassa että koetehdastasol-
la osoittavat, että ilman ja mustalipeän välisen suhteen
alentaminen johtaa sekä tuotekaasun HHV-arvon että sulat-
teen rikin pelkistyshyötysuhteen kasvuun. Tulokset osoit-
tavat, että yli 90-%:inen rikin pelkistyshyötysuhde saavu-
tetaan, kun ilman ja mustalipeän välinen suhde lasketaan
pisteeseen, jossa kaasun HHV ylittää noin 2 235 kJ/m³. Tämä
tekee mahdolliseksi koetehdasmittakaavan tulosten perus-
teella osoittaa, että kaupalliset laitokset toimivat tuot-

taen kaasua, jonka HHV on yli 3 725 kJ/m³, ja sulatetta, jossa rikkisisältö on yli 90-%:isesti sulfidin muodossa.

On tiedossa, että sulfaattiselluloosan valmistusmenetelmä on noin 100 vuotta vanha. Koska kemikaalit, joita
5 käytetään keittolipeäseoksessa selluloosaraaka-aineiden käsittelyyn, ovat liian kalliita hävitettäväksi, selluloosaprosessin keksimisestä alkaen on tehty monia yrityksiä näiden keittomateriaalien talteenottamiseksi ja satunnaisesti lämmön talteenottamiseksi polttamalla puusta liuen-
10 nut lipeän orgaaninen aine. Tomkinsonin kattila otettiin käyttöön noin 50 vuotta sitten halutun talteenoton täydentämiseksi. Aikaisemmin mainituista Tomkinsonin kattilan haitoista johtuen monia muutoksia siihen ja sitä korvaavia laitteita on ehdotettu.

15 Esillä olevalla menetelmällä vältetään muiden ehdotettujen menetelmien epäkohdat siten, että siinä käytetään identtistä väkevöityä syötetyn mustalipeän raaka-ainetta ilman, että syötetty raaka-aine on esikuivatettava, hapetettava, hydrolysoitava tai esivalmisteltava muulla
20 tavoin. Niin ikään esillä oleva menetelmä tuottaa sulatteen, joka on oleellisesti identtinen Tomkinsonin kattilalla tuotetun sulatteen kanssa. Johtuen yllä mainituista edullisista piirteistä, samoin kuin siitä, että esillä olevassa menetelmässä käytetään yksikomponenttista astiaa, tämä menetelmä voidaan helposti liittää olemassa oleviin
25 pumppulaitossysteemeihin korvaamaan tai täydentämään Tomkinsonin kattiloita.

Tulee oivaltaa, että erilaisia muunnoksia käyttäen hyväksi mustalipeän talteenottoalalla pitkään vallinneita
30 ohjeita voidaan tehdä keksinnön astian malliin ja menetelmään poikkeamatta keksinnön hengestä. Astiaan voidaan esimerkiksi suunnitella sen kuivausvyöhykkeeseen pienempi halkaisija kuin kaasutus- ja pelkistysvyöhykkeissä on, jotta vähennettäisiin lämpösäteilyä näistä viimemainituista
35 vyöhykkeistä. Samoin muita kaasutusastian muotoja voi-

daan käyttää esitettyjen, vakiohalkaisijaisten pystysuorien pitkänomaisten seinämien sijasta. Edelleen mustali-
peän syöttö voidaan pirstoa pyörivällä kiekkosumuttimella,
höyrysumuttimella tai virtauksen jakosysteemillä kuvattu-
5 jen ruiskusumuttimien sijasta. Näin ollen vaikka keksinnön
edullista mallia ja toimintatapaa on selostettu ja on ku-
vattu ja esitetty se, mitä nyt pidetään sen parhaana to-
teutusmuotona, on ymmärrettävää, että liitteenä olevien
patenttivaatimusten suojapiirin puitteissa esillä oleva
10 keksintö voidaan toteuttaa muulla tavoin kuin nimenomaan
on kuvattu ja esitetty.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä väkevöidyn vesipitoisen mustalipeän käsittelemiseksi palavan kaasun ja runsaasti sulfidia sisältävän sulatteen muodostamiseksi, t u n n e t t u siitä, että

(a) aikaansaadaan kaasutusastia (100), jota pidetään noin 101 - 5 065 kPa:n paineessa ja joka sisältää pohjallaan suhteellisen matalan sulan suolan keräymän (108) ja jossa on

(i) mustalipeän kuivausvyöhyke (102) sen yläosassa,
(ii) mustalipeän kiintoaineiden kaasutusvyöhyke (104) kuivausvyöhykkeen alapuolella ja
(iii) suolasulatteen rikin pelkistysvyöhykke (106), joka sisältää sulan suolan keräymän;

(b) syötetään kuivausvyöhykkeeseen (102) väkevöity vesipitoinen mustalipeä (114), joka sisältää hiilipitoista materiaalia ja alkalimetallirikkiyhdisteitä;

(c) haihdutetaan vettä vesipitoisesta mustalipeästä (114) kuivausvyöhykkeessä (102) saattamalla vesipitoinen mustalipeä kosketukseen kaasutusvyöhykkeestä (104) kohoavan kuuman kaasun kanssa kuivatun mustalipeän kiintoaineiden, jotka putoavat kaasutusvyöhykkeeseen, ja vesihöyryä sisältävän jäähdytetyn palavan kaasun tuottamiseksi;

(d) syötetään ensimmäinen erä happipitoista kaasua kaasutusvyöhykkeessä (104) olevaan kaasutilaan välittömästi sulan suolan keräymän yläpuolelle hiilipitoisen materiaalin hapettamiseksi ja kaasuttamiseksi osittain, joka materiaali sisältyy vyöhykkeen läpi putoaviin kuivatun mustalipeän kiintoaineisiin, kuuman, palavan kaasun muodostamiseksi;

(e) syötetään toista erää happipitoista kaasua sulan suolan keräymään (108) sellainen määrä, joka riittää aiheuttamaan oleellisesti kaiken kaasutusvyöhykkeestä (104) keräymään tulevan hiilipitoisen materiaalin kaasuun-

tumisen, mutta joka ei riitä synnyttämään hapettavia olo-
suhteita keräymään, jolloin muodostunut kaasu kohoaa ylös
keräymästä ja jolloin happipitoisen kaasun ensimmäisen ja
toisen erän kokonaismäärä muodostaa 25 - 55 % happipitoi-
sen kaasun määrästä, joka tarvitaan syötetyn mustalipeän
polttamiseksi täydellisesti;

(f) poistetaan jäähdytetty palava kaasu (150) kui-
vausvyöhykkeen (102) yläosasta; ja

(g) poistetaan sulan suolan pelkistysvyöhykkeestä
(106) sulate, jossa rikkisisältö on pääasiassa alkalime-
tallisulfidin muodossa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että kumpikin ensimmäisestä ja
toisesta erästä happipitoista kaasua muodostaa 30 - 70 %
astiaan syötetyn happipitoisen kaasun kokonaismäärästä.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että happipitoinen kaasu on ilma.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että kaasutusastiaa (100) pidetään
noin 304 - 3 040 kPa:n paineessa ja siitä, että astiaan
syötetty väkevöity vesipitoinen mustalipeä sisältää vähin-
tään 45 paino-% kiintoaineita ja sen ylempi lämpöarvo on
vähintään noin 7 443 kJ/kg.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että kaasutusvyöhykkeestä (104)
lähtevä kuuma kaasu on 870 - 1 200 °C:n lämpötilassa ja
kuivausvyöhykkeestä (102) lähtevä jäähdytetty palava kaa-
su on 350 - 850 °C:n lämpötilassa.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että lämpötila pelkistysvyöhyk-
keessä on 860 - 1 100 °C.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että kokonaislämpöhäviö kaasutus-
ja pelkistysvyöhykkeistä (104, 106) on alle noin 1 396
kJ/kg kaasutinastiaan (100) syötettyä mustalipeää.

8. Laitteisto väkevöidyn vesipitoisen mustalipeän käsittelemiseksi palavan kaasun ja runsaasti sulfidia sisältävän sulatteen muodostamiseksi, t u n n e t t u siitä, että se sisältää:

5 a) suljetun, pystysuunnassa pitkänomaisen kaasutusastian (100), jossa on

(i) mustalipeän kuivausvyöhyke (102) astian yläosassa,

(ii) mustalipeän kiintoaineiden kaasutusvyöhyke (104) kuivausvyöhykkeen alapuolella ja

10 (iii) sulan suolan rikin pelkistysvyöhyke (106) kaasutusvyöhykkeen alapuolella;

b) kaukalo-osan astian pohjalla, joka on sovitettu pitämään sisällään alkalimetallin sulan suolan keräymän (108), joka käsittää sulan suolan rikin pelkistysvyöhykkeen (106);

c) astian yläosaan sijoitetun syöttövälineen mustalipeän (114) syöttämiseksi kuivausvyöhykkeeseen (102);

20 d) keräymän alaosaan kaukalo-osan yläpuolelle sijoitetun poistovälineen (138), joka rajoittaa sulan suola-keräymän korkeutta ja poistaa sulan suolan ylivirtauksen kaukalo-osasta;

e) ensimmäisen sarjan kaasutusvyöhykkeessä (104) sijaitsevia kaasun syöttövälineitä happipitoisen kaasun syöttämiseksi kaasutusvyöhykkeen (104) kaasutilaan välittömästi sulan suolan keräymän yläpuolelle;

25 f) toisen sarjan astian kaukalo-osassa sijaitsevia kaasun syöttövälineitä happipitoisen kaasun syöttämiseksi suoraan sulan suolan keräymään (108); ja

30 g) poistovälineen, joka on sijoitettu astian yläosaan ja on yhteydessä kuivausvyöhykkeen (102) yläosaan palavan kaasun poistamiseksi astiasta.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että se sisältää välineen (132) happipitoisen kaasun syötön jakamiseksi hallitusti sopi-

vassa suhteessa happipitoisen kaasun syöttövälineen ensimmäiseen ja toiseen sarjaan.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laitteisto,
t u n n e t t u siitä, että ainakin yksi ilmakompressori
5 (126) saa aikaan paineistettua, happipitoista kaasua syötettäväksi kaasun syöttövälineen ensimmäiseen ja toiseen sarjaan.

11. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto,
t u n n e t t u siitä, että kaukalo-osan poistoväline
10 (138) on yhdistetty toisesta päästään sammutussäiliöön (140) sulatteen ylivirtauksen vastaanottamiseksi astian kaukalo-osasta.

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen laitteisto,
t u n n e t t u siitä, että sammutussäiliö (140) sisältää
15 syöttöputken (142) vesilähteen syöttämiseksi sammutussäiliöön ja sisältää lisäksi kaasun poistovälineen (148) kaasujen poistamiseksi sammutussäiliöstä.

13. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto,
t u n n e t t u siitä, että mustalipeän syöttöväline sisältää ruiskusysteemin (120) väkevöidyn, vesipitoisen mustalipeän (114) ruiskuttamiseksi karkeana suihkuna kuivaus-
20 vyöhykkeen (102) yläosaan.

14. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto,
t u n n e t t u siitä, että astiassa (100) on ulkoseinämän metallinen suojakuori (110), joka on vuorattu eristävällä tulenkestävällä materiaalilla (112), joka kestää
25 astiassa olevia lämpötiloja ja ympäristöä ja minimoi lämpöhäviöt siitä.

Patentkrav

1. Förfarande för behandling av koncentrerad, vattenhaltig svartlut för bildande av en brännbar gas och en sulfidrik smälta, k ä n n e t e c k n a t därav, att

5 (a) ett förgasningskärl (100) åstadkoms, vilket hålls vid ett tryck av cirka 101 - 5 065 kPa och som i botten innehåller en relativt grund uppsamling (108) av smält salt och som har

10 (i) en svartlutstorkningszon (102) i sin övre del,
(ii) en förgasningszon (104) för de i svartluten ingående fasta ämnena belägen under torkningszonen och
(iii) en reduktionszon (106) för svavlet i det smälta saltet, vilken reduktionszon innehåller uppsamlingen av smält

15 salt;

(b) i torkningszonen (102) införs koncentrerad, vattenhaltig svartlut (114) som innehåller kolhaltigt material och alkalimetall-svavelföreningar;

(c) vatten avdrivs från den vattenhaltiga svartluten (114) i torkningszonen (102) genom att bringa svartluten i kontakt med den heta gas som stiger uppåt från förgasningszonen (104) för bildande av de fasta ämnena som ingår i den torkade svartluten och som faller ned i förgasningszonen, och en kyld brännbar gas som innehåller vattenånga;

20

25

(d) en första andel av syrehaltig gas införs i gasrummet i förgasningszonen (104), vilket rum är beläget under torkningszonen omedelbart över uppsamlingen av smält salt, för partiell oxidation och förgasning av en del av det kolhaltiga materialet som ingår i de i den torkade svartluten ingående fasta ämnena som faller ner genom zonen, för bildande av en het brännbar gas;

30

(e) en andra andel av syrehaltig gas införs i uppsamlingen av smält salt (108) i en sådan mängd som är

35

tillräcklig för att åstadkomma förgasning av väsentligen

allt kolhaltigt material, som kommer i uppsamlingen från förgasningszonen (104), men otillräcklig för åstadkommande av oxidationsbetingelser i uppsamlingen, varvid den bildade gasen stiger uppåt från uppsamlingen och varvid totalmängden av den första och andra andelen syrehaltig gas utgör 25 - 55 % av den mängd syrehaltig gas som erfordras för fullständig förbränning av svartlutstillförseln;

(f) den kyllda brännbara gasen (150) avdrages från övre delen av torkningszonen (102); och

(g) från reduktionszonen av smält salt avdrages en smälta, i vilken svavelhalten övervägande är i form av alkalimetallsulfid.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e - t e c k n a t därav, att de första och andra andelarna av den syrehaltiga gasen var och en utgör 30 - 70 % av totalmängden syrehaltig gas, som matas till kärlet.

3. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e - t e c k n a t därav, att den syrehaltiga gasen är luft.

4. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e - t e c k n a t därav, att förgasningskärlet (100) hålls vid ett tryck av cirka 304 - 3 040 kPa och att den koncentrerade, vattenhaltiga svartluten (114), som matas till kärlet, innefattar åtmistone 45 vikt-% fasta ämnen och har ett högre värmevärde av minst 7 443 kJ/kg.

5. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e - t e c k n a t därav, att den heta gas som lämnar förgasningszonen (104) är vid en temperatur av 870 - 1 200 °C och den kyllda brännbara gas som lämnar torkningszonen (102) är vid en temperatur av 350 - 850 °C.

6. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e - t e c k n a t därav, att temperaturen i reduktionszonen är 860 - 1 100 °C.

7. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e - t e c k n a t därav, att den totala värmeförlusten från förgasningszonen (104) och reduktionszonen (106) är mindre

än circa 1 396 kJ/kg svartluttillförsel till förgasningskärlet (100).

8. Anordning för behandling av koncentrerad, vattenhaltig svartlut för bildning av en brännbar gas och en sulfidrik smälta, k ä n n e t e c k n a d därav, att den innehåller:

a) ett stängt, vertikalt långformigt förgasningskärn (100) som har

- (i) en svartlutstorkningszon (102) i sin övre del,
- 10 (ii) en förgasningszon (104) för de i svartluten ingående fasta ämnena belägen under torkningszonen och
- (iii) en reduktionszon (106) för svavlet i smält salt;

b) en sump på kärlets botten, vilken sump är anordnad att hålla i sig en uppsamling av smält alkalimetallsalt (108), som omfattar en reduktionszon (106) för svavlet i det smälta saltet;

c) ett matningsmedel beläget i övre delen av kärlet för matning av svartlut (114) till en torkningszon (102);

d) ett avlägsningsmedel (138) belägen i nedre delen av uppsamlingen ovanpå sumpdelen, vilket medel begränsar höjden av uppsamlingen av smält salt och avdrar överflödningsen av det smälta saltet från sumpdelen;

e) en första serie av gasmatningsmedel belägen i förgasningszonen (104) för matning av en syrehaltig gas till gasrummet i förgasningszonen (104) omedelbart ovanpå uppsamlingen av smält salt;

f) en andra serie av gasmatningsmedel belägen i sumpdelen för inmatning av en syrehaltig gas direkt i uppsamlingen av smält salt (108); och

g) ett avlägsningsmedel som är belägen i övre delen av kärlet och är i bindelse med torkningszonens (102) övre del för avlägsning av den brännbara gasen från kärlet.

9. Anordning enligt patentkravet 8, k ä n n e t e c k n a d därav, att den omfattar ett medel (132) för kontrollerad uppdelning av gastillförseln i ett lämpligt

förhållande till den första och den andra serien av matningsmedel av den syrehaltiga gasen.

10. Anordning enligt patentkravet 9, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att åtminstone en luftkompressor
5 (126) åstadkommer under tryckt stående syrehaltig gas för
matning till den första och den andra serien av matnings-
medel av den syrehaltiga gasen.

11. Anordning enligt patentkravet 8, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att sumpdelens avlägsningsmedel
10 (138) är i sin ena ända förenat med en släckningsbehållare
(140) för mottagning av överströmningen av smältet från
kärlets sumpdel.

12. Anordning enligt patentkravet 11, k ä n n e -
t e c k n a d därav, att släckningsbehållaren (140) om-
15 fattar en matningstub (142) för inmatning av en vattenkäl-
la i släckningsbehållaren och ytterligare ett avgasnings-
medel (148) för avlägsning av gaser från släckningsbehål-
laren.

13. Anordning enligt patentkravet 8, k ä n n e -
20 t e c k n a d därav, att svartlutsmatningsmedlet omfat-
tar ett sprutsystem (120) för sprutning av av koncentre-
rad, vattenhaltig svartlut (114) som en grov stril i övre
delen av förtorkningszonen (102).

14. Anordning enligt patentkravet 8, k ä n n e -
25 t e c k n a d därav, att kärlet (100) har ett metalliskt
skyddshölje (110) i ytterväggen, vilket hölje är belagt
med ett eldfast isolerande material (112), som är bestän-
digt mot temperaturerna och miljön i kärlet och minimerar
värmeförlusterna därifrån.

