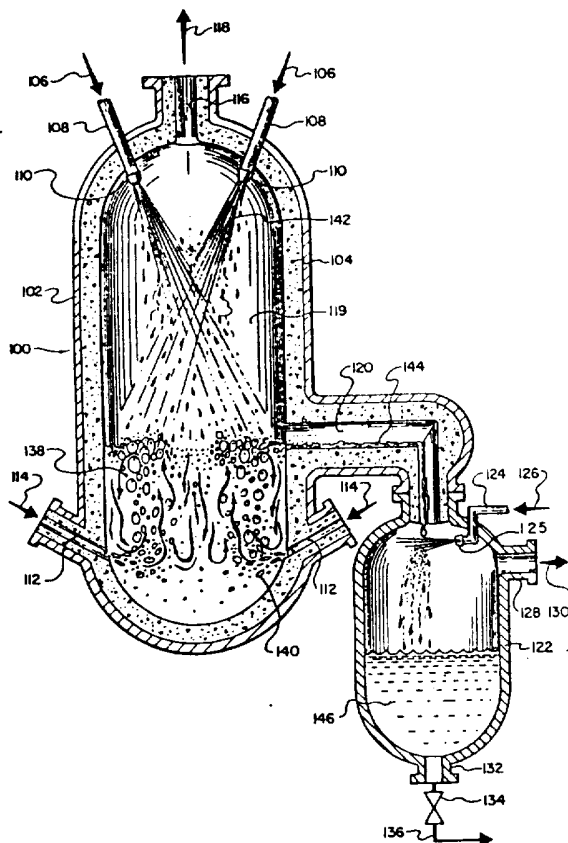




Mustalipeän kaasutusmenetelmä

Tämä keksintö koskee mustalipeän kaasutusta. Eräässä tarkemmassa kohdassaan tämä keksintö koskee menetelmää, jossa vesipitoinen mustalipeä kaasutetaan sulan suolan avulla.

Selluloosan ja paperin valmistuksessa käytettäessä natriumpohjaisia sulfaatti- ja sulfiittiprosesseja, puun keitto alkalisilla vesiliuoksilla johtaa sivutuotteen muodostukseen, joka tunnetaan käytettynä tai mustalipeänä, josta jäljempänä käytetään nimitystä mustalipeä. Tätä sivutuotetta pidetään jätemateriaalina ja se on muutettava hyödyllisiksi tuotteiksi kokonaiskeittoprosessin taloudellisuuden toteuttamiseksi. Erityisesti on toivottavaa regeneroida natriumsulfidi, jota voidaan käyttää aktiivisten liuosten uudelleenmuodostukseen prosessin massankeittovaihetta varten. Lisäksi on toivottavaa käyttää mustalipeää hyväksi energialähteenä.

Mustalipeän käsittelyn yleisimmin harjoitetussa menetelmässä käytetään hyväksi Tomlinson'in talteenottouunia. Tässä prosessissa väkevöityä mustalipeää poltetaan uunissa, jossa on erikoismuotoiltu kattila, jolloin muodostuu höyryä; sula suolatuote, jota kutsutaan "sulatteenksi", ja joka sisältää natriumkarbonaattia ja natriumsulfidia; ja palamatonta polttokaasua, joka sopivan puhdistuksen jälkeen lasketaan ilmakehään. Tämä prosessi on palvellut selluloosa- ja paperiteollisuutta noin 50 vuotta, mutta siinä on kuitenkin vakavia puutteita. Suuri polttokaasun tilavuus on vaikea puhdistaa ja se voi muodostaa ympäristöongelman; kaikki talteen saatu energia on höyryn muodossa, jolla on rajoitettu käyttökelpoisuus; räjähdyksiä voi tapahtua, jos kattilan putket vuotavat ja aiheuttavat veden pääsyn kosketukseen sulatteen kanssa; ja rikkiyhdisteiden pelkistyminen sulfidiksi on epätäydellistä.

Erilaisia muita prosesseja ja parannuksia Tomlinson'in uuniin on käytetty tai ehdotettu, kuten on esitetty esimerkiksi

seuraavissa US-patenteissa 1 808 773; 2 056 266; 2 182 428 ja 3 916 617.

Millään aikaisemmin käytettävissä olevista prosesseista ei kyetä ottamaan vaivattomasti talteen oleellisesti koko mustalipeän energia- ja kemikaalisisältöä erittäin arvokkaina tuotteina.

Olisi toivottavaa saada aikaan prosessi, joka on käytettävissä helposti saatavilla väkevöidyillä mustalipeävirroilla ja joilla saadaan talteen helppokäyttöisen polttoaineen muodossa mustalipeän lämpösisältö maksimilaajuudessaan ja joka johtaa mustalipeässä olevien rikkiä sisältävien yhdisteiden erittäin suureen prosentuaaliseen pelkistymiseen sulfidiksi.

Yleisesti tämä keksintö kohdistuu menetelmään vesipitoisen mustalipeän kaasuttamiseksi, jossa menetelmässä tuotetaan poltettavaa kaasua ja mustalipeän rikkisisältö konvertoidaan oleellisesti sulfidiksi. Menetelmässä syötetään happea sisältävää kaasua sulan suolalammikon pinnan alle, joka koostuu alkalimetallikarbonaatista ja alkalimetallisulfidista, jotka sisältyvät suljettuun kaasutusastiaan, riittävällä nopeudella suuren pyörteisyyssasteen tuottamiseksi sulaan suolalammikkoon; syötetään vesipitoinen mustalipeä karkean suihkun muodossa kohoaviin kuumiin kaasuihin lammikon yläpuolella, jolloin vesi haihtuu vesipitoisesta mustalipeästä kuumiin kaasuihin tuottaen lämpötilaltaan alentuneen tuotekaasun ja kuivattuja mustalipeän kiintoaineita, jotka putovat lammikon pinnalle ja dispergoituvat siihen; konvertoidaan kuivatut mustalipeän kiintoaineet lammikossa kuumaksi poltettavaksi kaasuksi, joka kohoaa pois lammikosta, ja alkalimetallisuoloiksi, jotka sulautuvat lammikossa oleviin suoloihin; ja poistetaan kaasutusastiasta tuotekaasun virta, jonka lämmitysarvo kuivaksi laskettuna on vähintään n. 3,55 kJ/l, ja sula suolatuote, jonka rikkisisällöstä vähintään n. 90 % on alkalimetallisulfidin muodossa. Prosessi suoritetaan sulassa suolalammikossa sopivassa suljetussa reaktorissa, jota pidetään edullisesti paineen alaisena. Prosessissa tuotettua

poltettavaa kaasua voidaan sopivan puhdistuksen jälkeen käyttää kaasuturbiinissa mustalipeäsyötön energia-arvojen käyttämiseksi hyväksi maksimilaajuudessa. Sulassa suolalammikossa tuotettu sulfidi voidaan ottaa talteen vesiliuoksena ja kierrättää takaisin paperinvalmistusprosessiin viherlipeänä.

Kuva 1 on kaavamainen juoksukaavio, joka esittää tämän keksinnön prosessin edullista toteutusmuotoa.

Kuva 2 on kaaviomainen kuvanto osittain poikkileikkauksena reaktorin eräästä toteutusmuodosta ja siihen liittyvästä sammutussäiliöstä, jota voidaan käyttää tämän keksinnön prosessin toteutuksessa.

Sulassa suolalammikossa tapahtuvan mustalipeän orgaanisten komponenttien kaasutuksen kuluessa muodostuu poltettava kaasu, jota käytetään sen vesipitoisen mustalipeän kuivaamiseen ja reaktioon sen kanssa, jota ruiskutetaan suljettuun tilaan sulan suolan yläpuolella. Kuivatut mustalipeän kiintoaineet, jotka ovat muodostuneet seurauksena vesipitoisen mustalipeän saattamisesta kosketukseen sulan suolalammikon pinnalta kohoavien kaasujen kanssa, putoavat lammikkoon. Sulaan suolalammikkoon muodostetaan pyörteisyyttä syöttämällä happea sisältävää kaasua sen pinnan alle. Kuivattujen mustalipeän kiintoaineiden hiukkaset dispergoituvat pyörteisyyden seurauksena, mikä helpottaa reaktiota sulaan suolalammikkoon syötetyn hapen kanssa ja johtaa mustalipeän orgaanisen sisällön kaasuuntumiseen ja mustalipeässä olevien hapettuneiden rikkiyhdisteiden pelkistymiseen sulfidiksi. Natriumsulfidia sisältävää sulatetta poistetaan sulasta suolalammikosta ja se sammutetaan natriumsulfidin ja natriumkarbonaatin liuoksen aikaansaamiseksi, jota voidaan käyttää viherlipeänä paperinvalmistusprosessissa. Haluttaessa vesipitoista sulfidiliuosta voidaan käsitellä edelleen epäpuhtauksien poistamiseksi tai arvokkaiden komponenttien ottamiseksi talteen siitä. Kaasua, joka on tuotettu mustalipeän kaasutuksessa tämän keksinnön prosessissa ja jonka energiasisältö on pieni tai keskinkertainen, voidaan käyttää lukuisiin tarkoituksiin. Erityisen edullinen käyttö on kaasuturbiiniin yhdistetty kiertoprosessi.

Sopivasti puhdistettua kaasua poltetaan kuumien palamiskaasujen saamiseksi, jotka syötetään kaasuturbiiniin, joka puolestaan pyörittää generaattoria. Kaasuturbiinista tulevat poistokaasut syötetään jätelämpökattilaan höyryn aikaansaamiseksi höyryturbiinia varten, joka aikaansaa prosessihöyryä ja pyörittää puolestaan generaattoria.

Mustalipeä voidaan kaasuttaa ja arvokkaat sulfidiosat ottaa talteen tämän keksinnön menetelmän mukaisesti. Paperinvalmistusprosessista tulevan mustalipeän tulee edullisesti olla väkevöity n. 45-75 %:n kiintoainepitoisuuteen. Tavanomaisten tyhjöhaihduuttimien käyttö saa yleensä aikaan halutun väkevöinnin.

Toisinaan on toivottavaa käyttää hyväksi lisäpolttoainetta väkevän mustalipeäsyötön lisäksi poltettavan kaasun muuttumattoman tuotannon aikaansaamiseksi jaksojen aikana, joina mustalipeän syöttö saattaa olla riittämätön tai mustalipeästä tuotetun kaasun lämpöarvon nostamiseksi. Mitä tahansa hiilipitoista materiaalia voidaan käyttää tähän tarkoitukseen. Esimerkiksi kivihiili, maaöljykoksi, maaöljyjäännökset, puu, ligniitti tai turve ovat tyydyttäviä lisäpolttoaineita. Puujäte on erityisen edullinen, koska sitä on helposti saatavissa paperinvalmistusprosessista yhdessä mustalipeäsyötön kanssa. Hiilipitoinen lisämateriaali syötetään sulan suolalammikon pinnan alle. Syöttöä helpotetaan käyttäen sellaista kaasua kuin paineilmaa, jota voidaan käyttää johtamaan hiilipitoinen materiaali sulaan suolalammikkoon. Tällaisen lisäpolttoaineen syöttönopeuden määrää poltettavan kaasun haluttu tuotantonopeus.

Kun systeemi ensimmäisen kerran käynnistetään, pelkkää natriumkarbonaattia tai natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia voidaan sopivasti käyttää ensimmäisen sulan suolalammikon muodostamiseen. Kuitenkin kun muuttumattoman tilan toiminta on saavutettu, lammikon koostumuksen määrää syöttömateriaalien luonne. Natriumsulfaatti, jota on läsnä alkuperäisessä mustalipeässä tai jota lisätään rikin täydennyslähteenä, konvertoituu

sulassa suolassa natriumsulfidiksi. Muutkin rikkiyhdisteet konvertoituvat natriumsulfidiksi. Loput syöttömateriaaleissa olevista natriumyhdisteistä konvertoituvat pääasiassa natriumkarbonaatiksi. Tyypillisillä sulfaatti- ja natriumsulfiittiprosessin musta- ja käytetyillä lipeillä muuttumattoman tilan sula suolalammikko sisältää n. 15-85 % natriumsulfidia lopun ollessa pääasiassa natriumkarbonaattia.

Happea sisältävää kaasua syötetään sulan suolalammikon pinnan alle, edullisesti lähelle pohjaa sopivien reaktio-olosuhteiden aikaansaamiseksi sulaan suolalammikkoon mustalipeän orgaanisen sisällön konvertoimiseksi poltettavaksi kaasuksi. Vähemmän kuin stökiometristä määrää happea, joka vaaditaan hapettamaan orgaaninen aine täydellisesti, on käytettävä, jotta varmistettaisiin, että muodostuu poltettavaa kaasua ja että pelkistävät olosuhteet säilyvät lammikossa, mikä johtaa hapettuneiden rikkiyhdisteiden muuttumiseen sulfidiksi. Pyörteisyyys, jonka happea sisältävän kaasun syöttäminen sulan suolalammikon pinnan alle saa aikaan, takaa, että pinnalle putoava hiilipitoinen materiaali dispergoituu perusteellisesti ja saavutetaan hyvä kosketus happea sisältävän kaasun kuplien kanssa. Happea sisältävä kaasu voi olla ilma, happi tai happirikasteinen ilma. Ilma on edullinen johtuen sen helposta saatavuudesta ja halvasta hinnasta verrattuna happeen, joka käytännön toimintaa varten vaatii lähellä olevan happitehtaan läsnäoloa. Happea sisältävä kaasu syötetään paineen alaisena halutun kaasuvirtauksen aikaansaamiseksi sulan suolalammikon yläpuolelle. Yleensä sulan suolalammikon yläpuolelle kohoavien poltettavien kaasujen virtausnopeus ei saisi ylittää n. 3 m/s.

Paineen sulan suolalammikon yläpuolella olevassa tilassa tulee olla välillä n. 1-50 baaria ja edullisesti 5-20 baaria. Ilma-kehän painetta korkeammat paineet ovat toivottavia useista syistä. Prosessin turvallisuus paranee, koska kasvanut paine estää räjähdykset, joita saattaa tapahtua sulan suolan ja veden sekoittuessa sammutussäiliössä. Tuotekaasun tilavuus ja siitä johtuen

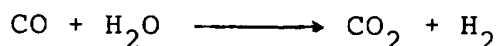
laitteiston koko, joka vaaditaan prosessin suorittamiseen, pienenee jopa kertoimella n. 20:1. Lisäksi suolan haihtuminen vähenee, mikä poistaa tuotettujen kaasujen laajan puhdistuksen tarpeen kaasutusprosessissa. Kohonnut kaasun paine helpottaa höyryfaasiepäpuhtauksien, kuten rikkivedyn poistoa tuotekaasusta absorptio- tai adsorptioprosesseilla. Lisäetu prosessin käyttämisestä paineen alaisena on prosessin parantunut terminen hyötysuhde johtuen sulatteen lämpöenergian osittaisesta talteenotosta, minkä tekee mahdolliseksi sammutussäiliön liuoksen kiehumispisteen nousu painetta nostettaessa. Muuna etuna on, että tuotekaasu on käytettävissä kaasuturbiinin syötön vaatimassa paineessa. Tämä tekee prosessin käytön erityisen edulliseksi kaasuturbiinin käytön yhteydessä, jota voidaan myös käyttää paineilman aikaansaamiseen käytettäväksi sulassa suolalammikossa.

Lämpötilat sulassa suolalammikossa vaihtelevat yleensä välillä n. 700-1400°C ja ovat edullisesti välillä n. 900-1200°C. Tuotekaasut jäädytetään n. 400-700°C:n lämpötilaan kuivausprosessin aikana sulan suolalammikon yläpuolella olevassa tilassa. Jäähdytysvaikutus edustaa tämän keksinnön lisätua, koska se saa sulatteen pisarat, joita saattaa kulkeutua kohoavan kaasuvirran mukana, jähmettymään ennen kuin ne poistuvat kaasutimesta. Tuloksena olevat kiinteät hiukkaset eivät tartu lämmönsiirtopinnoille tai syövytä niitä ja muuta laitteistoa tuotekaasun prosessointisysteemissä.

Vesipitoinen mustalipeä syötetään suljettuun vyöhykkeeseen sulan suolalammikon pinnan yläpuolelle karkean suihkun muodossa. Vesipitoisella mustalipeällä, jota ruiskutetaan suljettuun vyöhykkeeseen sopivan reaktorin sisällä, on suuri kiintoainepitoisuus, yleensä välillä n. 45-75 paino-% kiintoainetta. Mustalipeä ruiskutetaan reaktoriin sillä tavoin, että sulan suolalammikon pinnalta kohoavat kaasut kuivaavat mustalipeän pisarat, veden haihtuessa mustalipeästä ennen kuin mustalipeä saavuttaa sulan suolalammikon pinnan. Näin ollen olennaisesti kuivia mustalipeän kiintoainehiukkasia putoaa sulan suolalammikon pinnalle.

Suihkuhiukkaset voivat myös iskeytyä astian sisäseinämille sulan suolalammikon yläpuolelle, johon ne tarttuvat ja kuivuvat muodostaen hiilipitoisen materiaalin ja suolojen kerrostumia, jotka sen jälkeen putoavat lammikkoon ja joille tapahtuvat halutut kaasuuntumis- ja pelkistymisreaktiot. Ei ole kuitenkaan toivottavaa syöttää mustalipeää niin hienojakoisena suihkuna, että kuivuneet, hienojakoiset mustalipeän kiintoaineet kulkeutuvat pois niiden kuumien kaasujen mukana, jotka kohoavat sulan suolalammikon pinnalta. Suihkun korkeus säädetään siten, että tapahtuu riittävää kuivumista mukanakulkeutumisen ollessa mahdollisimman vähäistä.

Kaasulla, joka on muodostunut sulassa suolalammikossa mustalipeän kiintoaineiden kaasuuntumisen seurauksena, on lämpöarvo yli n. 3,35 kJ/l (kuivaksi laskettuna), joka johtuu pääasiassa CO:n, H₂:n ja CH₄:n läsnäolosta. Kun kaasu kohoaa mustalipeän kuivausvyöhykkeen läpi, sen vesihöyrysisältö kasvaa ja sen lämpötila laskee haihtumisen seurauksena, jota tapahtuu mustalipeän pisaroista. Lisäksi vesihöyryn lisääntyminen saa tapahtumaan vesikaasun muutosreaktion seuraavasti:



Tämä johtaa kaasukoostumuksen muutokseen niin, että kaasuttimen yläosasta poistuva kaasu sisältää vähemmän CO:a ja enemmän H₂O:a kuin sulasta suolalammikosta poistuva kaasu. Reaktio ei kuitenkaan muuta oleellisesti lämpöarvoa.

Kaasutuotteen puhdistus voidaan helposti suorittaa monilla eri tavoilla. Esimerkiksi käsittelyä absorptiokolonissa, jossa kaasu pestään absorptioaineella, kuten alkalisella vesiliuoksella H₂S:n ja osittain CO₂:n poistamiseksi tai suodattamista suurtehosuodattimessa, kuten kangassuodattimessa hiukkasmaisten aineiden poistamiseksi tai skrubbaamiseksi savuskrubberissa, jossa kaasu saatetaan kosketukseen vesisuihkun kanssa, tai näiden tai vastaavien kaasunpuhdistusvälineiden yhdistelmää voidaan käyttää halutun puhdistuksen saavuttamiseen.

Pelkistetyt rikkiosat säilyvät sulassa suolalammikossa sulfidina vähintään n. 90 %:n ja edullisesti vähintään n. 95 %:n sulan suolalammikon rikkisisällöstä ollessa sulfidin muodossa. Natriumsuolat voidaan ottaa talteen vetämällä pois sulan suolan virta ja sammuttamalla se veteen tai vesiliuokseen soodalipeävirran muodostamiseksi, jota voidaan prosessoida tavanomaiseen tapaan, mikä tekee mahdolliseksi käyttää natriumsuolat uudelleen paperinvalmistusprosessissa. On erityisen toivottavaa sammuttaa sula suola astiassa, jota pidetään paineen alaisena sulatevesiräjähdyksen välttämiseksi, kuten yllä korostettiin. On myös toivottavaa poistaa sulan suolan virta kaasuttimesta ylivirtausaukon avulla, joka sijaitsee happea sisältävän kaasun ruiskutus pisteen yläpuolella, jotta varmistetaan, että sulan suolan lammikko säilyy joka hetki ja että syöttökaasu pakotetaan kupliin sen läpi.

Tyypillistä systeemiä, jossa käytetään hyväksi tätä keksintöä kuvataan nyt viitaten piirrokseseen.

Viitaten piirroksen kuvaan 1 siinä esitetään sulan suolan kaasutusreaktori, jota käytetään kaasuturbiiniin liitetyn kiertosysteemin kanssa, mikä edustaa tämän keksinnön edullista toteutusmuotoa. Paperin valmistusprosessista saatu puujäte syötetään putken 2 ja venttiilin 4 kautta sulkusuppiloon 6, josta puujäte kulkee venttiilin 5 kautta toiseen sulkusuppiloon 10. Sulkusuppiloita ohjataan paineistuskaasulla tavanomaiseen tapaan, jota käytetään kiintoaineiden syöttämiseen paineistettuun astiaan. Sulkusuppilosta 10 puujäte kulkee putken 12 ja syöttöventtiilin 14 kautta putkeen 16, jonka läpi virtaa paineilmaa. Puujätettä kuljetetaan paineilman avulla ja se ruiskutetaan yhdessä ilman kanssa reaktorissa 20 olevan sulan suolalammikon 18 pinnan alapuolelle. Reaktoria kuvataan yksityiskohtaisemmin kuvan 2 yhteydessä. Paperinvalmistusprosessista tulevaa mustalipeää, jonka kuiva-ainepitoisuus on n. 45-75 %, ruiskutetaan reaktoriin 20 sulan suolalammikon 18 pinnan yläpuolelle putken 22 ja suuttimen 24 kautta. Reaktorista 20 tuleva kaasumainen tuote poistuu putkessa 26 lämmön talteenottosysteemiin 28 ja sen jälkeen putken 30 läpi absorptiotorniin 32. Absorptioainetta syötetään

absorptiotorniin 32 putken 34 kautta. Absorptioaine voi olla heikkoa mustalipeää tai tavanomaista absorptioainetta, kuten etanoliamiiniliuosta, voidaan käyttää H_2S :n ja muiden epämieluisien komponenttien poistamiseen kaasusta. Käytetty absorptioaine poistuu absorptiotornista 32 putken 36 kautta. Absorptiotornista 32 tulevat osittain puhdistetut kaasut johdetaan putken 38 kautta savuskrubberiin 40 jatkopuhdistusta varten. Vettä syötetään savuskrubberiin 40 putken 42 kautta ja se poistuu putken 44 kautta. Skrubatut kaasut poistuvat putken 46 kautta kaasuturbiinipolttimeen 48. Ilmaa syötetään polttimeen 48 putken 50, kompressorin 52 ja putken 53 kautta. Kompressorista 52 tuleva ilma syötetään myös putken 54 kautta lisäkompressoriin 55 ja siitä paineilmaputkeen 56, joka syöttää putkia 58 ja 16 ilman johtamiseksi sulaan suolalammikkoon 18. Kuumat, puhtaat palamiskaasut poistuvat polttimesta 48 putken 59 kautta ja ne syötetään kaasuturbiiniin 60, joka pyörittää generaattoria 62 ja kompressoria 52. Kaasuturbiinista 60 tulevat laajentuneet kaasut johdetaan putken 64 kautta jätelämpökattilaan 66, johon vettä syötetään muutettavaksi höyryksi putken 68 kautta. Jätelämpökattilassa 66 tuotettu höyry poistuu putken 70 kautta höyryturbiiniin 72, joka pyörittää generaattoria 74. Prosessihöyry ohjataan höyryturbiinista 72 putken 75 kautta. Poistokaasut jätelämpökattilasta 66 poistuvat putken 76 kautta savupiippuun 77 laskettavaksi ilmakehään. Ylivirtaava sulate reaktorista 20 virtaa putken 78 kautta sammutussäiliöön 82. Vettä syötetään sammutussäiliöön 82 putken 80 kautta. Sulatteen sammutuksesta saatava vesiliuos poistetaan sammutussäiliöstä 82 putken 84, pumpun 86 ja putken 88 kautta. Osa liuoksesta kierrätetään sammutussäiliöön 82 putken 90 kautta ja se toimii murtaen sulatteen alasputoavan virran sen poistuessa putkesta 78. Toinen osa liuoksesta syötetään putkesta 88 putken 92 kautta viherlipeän varastosäiliöön 94. Putki 96 johtaa viherlipeän varastosäiliöstä 94 asianmukaiseen paperinvalmistusprosessin kohtaan, esimerkiksi sulfaattiprosessitehtaan kaustisointivaiheeseen.

Kuva 2 esittää reaktoria ja sammutussäiliötä ja niiden toimintaa yksityiskohtaisemmin. Reaktorin 100 esitetään koostuvan metallisäiliöstä 102, joka on vuorattu tulenkestoisella eristeellä 104. Mustalipeän syöttö 106 johdetaan pariin syöttöputkia 108, jotka päättyvät pariin suihkusuuttimia 110. Reaktori 100 on myös varustettu parilla ilmansyöttösuuttimia 112 paineilman 114 johtamiseksi, ja tuotekaasun poistosuuttimella 116, jonka läpi tuotekaasu 118 poistuu reaktorissa 100 olevasta kaasutilasta 119. Tietyllä etäisyydellä ilman syöttösuuttimien 112 yläpuolella on sulan suolan ylivirtausaukko 120, joka on yhdistetty sammutussäiliöön 122. Sammutussäiliö 122 on varustettu nesteen syöttöputkella 124 ja poistosuuttimella 125, jonka läpi vettä tai sopivaa suolaliuosta 126, kuten kierrätettyä soodalipeää ruiskutetaan sammutussäiliön 122 sisääntulon viereen alasputoavan sulatevirran murtamiseksi. Sammutussäiliö 122 on myös varustettu kaasun poistoaukolla 128 sen yläosan lähellä, jonka läpi poistokaasu 130 voi poistua. Sammutussäiliön 122 pohjalla on purkaussuutin 132, jonka läpi viherlipeää 136 voidaan purkaa venttiilin 134 asetuksen mukaan. Reaktori 100 sisältää sulan suolan pyörteisen lammikon 138, jossa ilmakuplien 140 virta, joka on muodostunut seurauksena paineilman 114 syötöstä sulan suolan lammikkoon ilman syöttösuuttimien 112 avulla, saa aikaan suuren pyörteisyyssasteen. Osa sulasta suolasta 144 virtaa yli sammutussäiliöön 122, jossa se sammutetaan sammutusnesteeseen, kuten suolan vesiliuokseen 146.

Käytössä suolan pyörteinen lammikko muodostetaan paineistetussa reaktorissa ja vesipitoista mustalipeää ruiskutetaan karkeana suihkuna kaasufaasiin sulan suolan pyörteisen lammikon yläpuolelle. Mustalipeän suihku muutetaan höyryksi ja kuivattujen mustalipeän kiintoaineiden hiukkasiksi pyörteisestä sulasta suolalammikosta ja siitä kohoavista kaasuista saadun lämmön avulla. Tuloksena olevat kiinteät hiukkaset putoavat sulan suolalammikon pinnalle, jolloin sen pyörteisyydestä johtuen hiukkaset uppoavat sulaan suolalammikkoon ja niitä sekoitetaan ja kierrätetään perusteellisesti lammikossa, mikä helpottaa

kaasuttamista ja pelkistystä. Tuloksena oleva poltettava kaasu kohooa sulan suolalammikon yläpuolelle reaktorin kaasutilaan. Mustalipeän rikkisisällön pelkistyksestä tuloksena oleva natriumsulfidi jää sulaan suolaan. Tuotekaasut poistetaan reaktorista ja niitä käytetään energialähteenä sellaisissa systeemeissä kuin kaasuturbiiniin yhdistetyssä kierrossa. Natriumsuolat otetaan talteen sammutussäiliöön ylävirtaavan sulan suolavirran jaksottaisella tai jatkuvalla poistolla, jossa sammutussäiliössä sula suola pirstotaan hienoiksi hiukkasiksi veden tai suolaliuoksen suihkun avulla, joka syötetään pirskotussuuttimen läpi ja jotka hiukkaset putoavat vesipitoiseen sammutusliuokseen. Tuloksena oleva liuos tai liete voidaan poistaa viherlipeätuotteena. Kaasut voidaan laskea ulos sammutussäiliöstä myytäväksi tai haluttaessa käyttää niitä edelleen.

Tätä keksintöä on helpompi ymmärtää viittaamalla seuraaviin esimerkkeihin, joiden on tarkoitettu kuvaavan tämän keksinnön prosessia eikä millään tavoin rajoittavan sitä.

Esimerkki 1

Mustalipeää, jolla oli taulukossa 1 esitetty koostumus, kaasutettiin tämän keksinnön periaatteiden mukaisesti halkaisijaltaan 150 cm:n alumiinioksidipokaskaasuttimessa, jonka korkeus oli 137 cm ja joka oli asetettu sähköuuniin. Valmistettiin sulatteen alkuperäinen panos, joka koostui natriumkarbonaatista ja natriumsulfidista suhteessa, joka oli odotettavissa valitusta mustalipeästä saadulle sulatteelle (ts. n. 70 % Na_2CO_3 ja 30 % Na_2S). Ajon aikana mustalipeää ruiskutettiin alaspäin karkeana suihkuna suuttimesta, joka sijaitsi n. 112 cm sulan suolan lammikon pinnan yläpuolella ja ilmaa ruiskutettiin lähelle lammikon pohjaa keraamisen putken avulla. Ilman suhde mustalipeään asetettiin ylläpitämään lämpötilaa vakiona halutulla tasolla ($950-1000^\circ\text{C}$) ja uunia käytettiin lämpöhäviön minimoimiseksi kaasuttimesta tai lämpösaannon minimoimiseksi kaasuttimeen. Lammikon taso kohosi 152 mm:stä n. 241 mm:iin ajon aikana johtuen lisäsulatteen muodostumisesta mustalipeäsyötöstä. Rikin pelkistymisasteen sulatteessa annettiin

saavuttaa muuttumaton tila, ennen kuin näytteet otettiin.
Tämän kokeen tulokset esitetään taulukossa 2.

Taulukko 1

Mustalipeän kemiallinen analyysi

<u>Komponentti</u>	<u>Paino-%</u>
Kiintoaineet	64,74
Orgaaninen hiili	22,34
Vetyä orgaanisissa yhdisteissä	2,70
Epäorgaaninen hiili Na_2CO_3 :na	3,48
Na	12,28
S	2,92
Na_2S	4,58
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	1,78
Na_2SO_3	0,03
Na_2SO_4	1,53
Na-polysulfidit	0,01
NaOH	1,25
Kloridi NaCl :na	0,26
Sulfaattituhka	47,52
pH	12,1

Taulukko 2

Sulatteen lämpötila	978°C
Mustalipeän kiintoaineet	64,7 %
Tuotekaasu	
<u>Koostumus</u>	<u>Tilavuus-% kuivaksi laskettuna</u>
CO_2	14,2
CO	12,6
H_2	18,6
CH_4	2,1
C_2H_4	0,3
N_2 (ja Ar)	52,1
H_2S	0,2
Lämpöarvo	4,69 kJ/l

Taulukko 2 (jatkuu)

Sula suola

<u>Koostumus</u>	<u>Paino-%</u>
Na_2S	29,9
Na_2CO_3	66,4
Kokonaisriikki (S:nä)	12,8
Pelkistysyhteyssuhde	98,6 %

Tämä esimerkki osoittaa, että tuotekaasu, jonka lämpöarvo (HHV) on 4,69 kJ/l, ja sula suolatuote, joka sisältää rikkiä, joka on 98,6 %:sesti sulfidimuodossa, voidaan saada tämän keksinnön menetelmän avulla.

Seuraava esimerkki kuvaa samanlaisen prosessin käyttöä, jossa mustalipeä syötetään vesiliuoksena sulan suolalammikon pinnan alle.

Esimerkki 2

Noudatettiin esimerkin 1 menettelyä paitsi, että mustalipeä ruiskutettiin ilman kanssa sulatteen pinnan alle. Koska mustalipeän kuivausta sulatteen yläpuolella ei suoritettu, käytettiin jonkin verran lyhyempää, 91,5 cm:n upokasta. Tämän kokeen tulokset esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3

Sulatteen lämpötila	997°C
Mustalipeän kiintoaineet	64,7 %
Tuotekaasu	
<u>Koostumus</u>	<u>Tilavuus-% kuivaksi laskettuna</u>
CO ₂	16,6
CO	7,4
H ₂	10,4
CH ₄	1,4
C ₂ H ₄	0,1
N ₂ (ja Ar)	62,9
H ₂ S	0,3
Lämpöarvo	2,61 kJ/l
Sula suola	
<u>Koostumus</u>	<u>Paino-%</u>
Na ₂ S	17,2
Na ₂ CO ₃	63,9
Kokonaisriikki (S:nä)	10,9
Pelkistysyhteyssuhde	65 %

Tämä esimerkki osoittaa, että tuotekaasu, jonka lämpöarvo on vain 2,63 kJ/l, ja sula suolatuote, joka sisältää rikkiä, joka on vain 65 %:sesti sulfidimuodossa, voidaan saada ruiskuttamalla vesipitoinen mustalipeä sulatteen pinnan alle. Nämä tulokset ovat paljon epätydyttävämpiä kuin lämpöarvo 4,69 kJ/l ja 98,6 %:n pelkistysyhteyssuhde, jotka toteutettiin esimerkissä 1 käyttäen tämän keksinnön menetelmää.

Seuraava esimerkki kuvaa samanlaisen prosessin käyttöä, jossa esikuivattuja mustalipeän kiintoaineita syötetään sulan suolalammikon pinnan alle.

Esimerkki 3

Noudatettiin esimerkin 1 menettelyä paitsi, että mustalipeän kiintoaineet ruiskutettiin ilman kanssa sulatteen pinnan alle. Kuten esimerkissä 2, käytettiin 71,5 cm korkeaa upokasta. Tämän kokeen tulokset esitetään taulukossa 4.

Taulukko 4

Sulatteen lämpötila	925°C
Mustalipeän kiintoaineet	99 %
Tuotekaasu	
<u>Koostumus</u>	<u>Tilavuus-% kuivaksi laskettuna</u>
CO ₂	8,6
CO	21,0
H ₂	11,3
CH ₄	1,3
C ₂ H ₄	0,1
N ₂ (ja Ar)	57,6
H ₂ S	0,1
Lämpöarvo	4,43 kJ/l
Sula suola	
<u>Koostumus</u>	<u>Paino-%</u>
Na ₂ S	20,4
Kokonaisriikki (S:nä)	8,4
Pelkistysyhteyssuhde	99,9 %

Tämä esimerkki osoittaa, että tuotekaasu, jonka lämpöarvo on 4,43 kJ/l, ja tuotesulate, joka sisältää rikkiä, joka on 99,9 %:sesti sulfidimuodossa, voidaan saada ruiskuttamalla mustalipeän kiintoaineet sulatteen pinnan alle.

Tämä esimerkki osoittaa, että tyydyttävä tuotekaasu ja erinomainen rikin pelkistys voidaan saavuttaa, jos mustalipeä kuivataan kiinteään muotoon ennen kuin ne syötetään sulan suolan kaasuttimeen. Tämä vaatii kuitenkin vaikean ja kalliin esikuivausoperaation. On myös huomattava, että esikuivatuilla mustalipeän kiintoaineilla tuotettu kaasu (esimerkki 3) sisältää enemmän CO:a ja vähemmän H₂:a kuin tämän keksinnön menetelmällä (esimerkki 1) tuotettu. Suurempi H₂/CO-suhde, jonka tulisi edullisesti olla yli n. 1, on keksinnön lisäetu, koska se parantaa poltto-ominaisuuksia ja vähentää mahdollista tuotekaasun hiililaskeutumaa.

On luonnollisesti ymmärrettävää, että tämän keksinnön prosessin suunnitteluun ja käyttöön voidaan tehdä erilaisia muunnoksia poikkeamatta sen hengestä. Tuotekaasua voidaan esimerkiksi käyttää lämmityskaasuna, tai sitä voidaan käyttää hyväksi höyrykehittimessä. Lisäksi sulatetta voidaan prosessoida vaihtoehtoisin tavoin riippuen siitä, mihin tarkoitukseen sulfidituotetta on määrä käyttää. Niinpä vaikka on selostettu keksinnön periaatteellista edullista käyttömuotoa ja tapaa ja sitä, minkä tällä hetkellä katsotaan edustavan parasta toteutusmuotoa, on ymmärrettävä, että liitteinä olevien patenttivaatimusten puitteissa tätä keksintöä voidaan soveltaa käytäntöön muulla tavoin kuin on nimenomaan kuvattu ja esitetty.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä mustalipeän kaasuttamiseksi käsittäen happea sisältävän kaasun syöttämisen sulaan suolalammikkoon, joka koostuu kaasutusastiassa olevista alkalimetallikarbonaatis- ta ja alkalimetallisulfidista, syötettävän happea sisältävän kaasun kokonaismäärän ollessa vähemmän kuin mustalipeän täydelliseen polttamiseen tarvittava stökiometrinen määrä; mustalipeän syöttämisen mainittuun lammikkoon; mustalipeän muuttamisen kuumaksi kaasujen virraksi, joka kohoaa pois mainitusta lammikosta, ja alkalimetallisuoloiksi, jotka sulautuvat mainitussa lammikossa oleviin suoloihin; ja mainitun kaasujen virran poistamisen mainitun kaasutusastian yläosasta tuotekaasuna ja sulan suolatuotteen poistamisen mainitun kaasutusastian alaosasta; t u n n e t t u siitä, että syötetään mainittu happea sisältävä kaasu mainitun sulan suolalammikon pinnan alapuolelle mainitun kaasutusastian alaosassa riittävällä nopeudella suuren pyörteisyysasteen tuottamiseksi mainittuun lammikkoon, kaiken happea sisältävän kaasun tullessa syötetyksi mainittuun alaosaan; syötetään kaikki kaasutettava mustalipeä karkean vesisuihkun muodossa kaasutusastian yläosaan saattamiseksi yhteyteen mainitusta lammikosta kohoavan kuumen kaasujen virran kanssa, jolloin vesi haihtuu vesipitoisesta mustalipeästä kuumaan kaasujen virtaan tuottaen lämpötilaltaan laskeneen tuotekaasun ja kuivattuja mustalipeän kiintoaineita, jotka putoavat mainitun lammikon pinnalle ja dispergoituvat siihen; mainitun lämpötilaltaan laskeneen tuotekaasuvirran lämpöarvon ollessa kuivana laskettuna vähintään noin 3,35 kJ/l, ja mainitun sulan suolatuotteen rikki-pitoisuudesta vähintään noin 90 % ollessa alkalimetallisulfidin muodossa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sanottu happea sisältävä kaasu koostuu ilmasta.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että paine sanotussa kaasutusastiassa on välillä n. 5-20 baaria.

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainitun lämpötilaltaan laske-
neen kaasun lämpötila on alueella $400-700^{\circ}\text{C}$, mainitun tuote-
kaasun lämpötilan alenemisen aiheuttaessa kaiken mainitun
kohoavan kuumen kaasun mukana poistuvan sulan suolan kiin-
teytymisen muodostaen mainittuun tuotekaasuun irrallisia
kiintoainepartikkeleita.

5. Jonkin patenttivaatimuksen 1-4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sanotun vesipitoisen musta-
lipeän kiintoainepitoisuus on n. 45-75 %.

6. Minkä tahansa edellä olevan patenttivaatimuksen mukai-
nen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sanotun sulan
suolalammikon lämpötila on välillä n. $900-1200^{\circ}\text{C}$.

7. Minkä tahansa edellä olevan patenttivaatimuksen mukai-
nen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sanotun tuote-
kaasun H_2/CO -suhde on suurempi kuin n. 1.

8. Minkä tahansa edellä olevan patenttivaatimuksen mukai-
nen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sanottua tuote-
kaasua käytetään kaasuturbiinissa.

9. Minkä tahansa edellä olevan patenttivaatimuksen mukai-
nen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että:
sammutetaan sanottu sula suolatuote vesiliuokseen;
otetaan talteen alkalimetallisulfidia sisältävä liuos sam-
mutetusta sulasta suolasta;
puhdistetaan sanottu tuotekaasu hiukkasmaisten aineiden
poistamiseksi;
poltetaan puhdistettu tuotekaasu; ja
syötetään kaasut, jotka on saatu polttamalla sanottu puh-
distettu tuotekaasu, kaasuturbiiniin.

Patentkrav

1. Förfarande för förgasning av svartlut omfattande matning av gas som innehåller syre till en smält saltpöl, som består av alkalimetallkarbonat och alkalimetallsulfid i en begasningsbehållare, varvid totalmängden av den syre innehållande gasen är mindre än den stökiometriska mängden som behövs till totalt bränning av svartluten; matning av svartluten till nämnda pöl; omvandling av svartluten till en het ström av gaser, vilken stiger upp från nämnda pöl, och till alkalimetallsalter, som sammansmälter med salterna i nämnda pöl; och avlägsning av nämnda strömm av gaser som produktgas från övre delen av nämnda begasningsbehållare och avlägsning av smält smältprodukt från nedre delen av begasningsbehållaren; k ä n n e t e c k n a t av att nämnda gas som innehåller syre matas nedanför ytan av den smälta saltpölen i nämnda nedre del av begasningsbehållaren med tillräcklig hastighet för åstadkommande av en stor turbulensgrad i nämnda pöl, varvid all gas som innehåller syre kommer att matas till nämnda nedre del; all förgasbar svartlut matas i form av en grov vattenstråle till övre delen av begasningsbehållaren för att kontakta med strömmen av de heta gaserna vilken stiger upp från pölen, varvid vatten avdunstar från vattenhaltiga svartluten till strömmen av heta gaser och producerar en produktgas med minskad temperatur och torkade svartlutens fastämnen, som faller ned på ytan av nämnda pöl och dispergeras däri; varvid värmevärde av nämnda produktgasström med minskad temperatur är, som torr beräknat, minst 3,35 kJ/l, och varvid av svavelhalt av nämnda smälta saltprodukt minst 90% är i form av en alkalimetallsulfid.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t av att nämnda gas som innehåller syre består av luft.

3. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t av att trycket i nämnda begasningsbehållare ligger mellan c. 5-20 bar.

4. Förfarande enligt patentkravet 1, 2 eller 3, k ä n -
n e t e c k n a t av att temperaturen av nämnda gas med
minskad temperatur ligger på området 400-700°C, varvid
minskning av temperaturen av nämnda produktgas åstadkommer
befästning av all nämnda smälta salt som indragts med den
stigande heta gasen och bildning av separata fästa partiklar
i nämnda produktgas.

5. Förfarande enligt något av patentkraven 1-4, k ä n n e
t e c k n a t av att fästämneshalt av nämnda vattenhaltiga
svartlut är c. 45-75 %.

6. Förfarande enligt vilket som helst av patentkraven ovan,
k ä n n e t e c k n a t av att temperaturen av nämnda
smälta saltpöl ligger mellan c. 900-1200°C.

7. Förfarande enligt vilket som helst av patentkraven ovan,
k ä n n e t e c k n a t av att H₂/CO-förhållandet av nämnda
produktgas är större än ca 1.

8. Förfarande enligt vilket som helst av patentkraven ovan,
k ä n n e t e c k n a t av att nämnda produktgas används
i en gasturbin.

9. Förfarande enligt vilket som helst av patentkraven ovan,
k ä n n e t e c k n a t av att:
nämnda smälta saltprodukt släckas i en vattenlösning;
en lösning innehållande alkalimetallsulfid utvinnes från
det släcknade smälta saltet;
nämnda produktgas renas för avlägsning av partikelformiga
ämnen;
den renade produktgasen brännes; och
gaser, som erhållits genom bränning av nämnda renade pro-
duktgas, matas in i turbinen.

Fig. 1.

