



(19)



PATENDIAMET

(11) **EE 202000011 A**

(51)

Int.Cl.

C10G 11/00 (2022.01)

C10G 25/05 (2022.01)

B01J 20/04 (2022.01)

(12) **PATENDITAOTLUS**

(21) Patenditaotluse number:	P202000011	(71) Patenditaotleja:	Tallinna Tehnikaülikool Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE
(22) Patenditaotluse esitamise kuupäev:	09.07.2020	(72) Leiutise autorid:	Olga Pihl Järveküla tee 75, 30322 Kohtla-Järve, EE
(43) Patenditaotluse avaldamise kuupäev:	15.02.2022		Mihhail Fomitšov Järveküla tee 75, 30322 Kohtla-Järve, EE
			Dmitri Suštšik Järveküla tee 75, 30322 Kohtla-Järve, EE

(54) **Meetod väävli vähendamiseks põlevkiviõlis ja põlevkiviõlifraktsioonides**

(57) Kütuste väävlisisalduse vähendamine on aktuaalne probleem kõikide kütuste jaoks. Üks võimalusi on kasutada adsorptiivset väävli vähendamist. Selleks võib kasutada mitmeid Ca-d sisaldavaid adsorbente, sealhulgas bentoniiti ja lendtuhka. Kuid probleemiks on adsorbendi eraldamine töödeldud õlist nii, et õlisse ei jääks adsorbendi tahkeid osakesi. Leiutis kuulub põlevkiviõli tööstuse valdkonda ja käsitleb meetodit väävli vähendamiseks põlevkiviõlis, mis on saadud põlevkivi termilisel lagunemisel. Leiutis hõlmab põlevkiviõli pumpamist läbi adsorbenti ja aktiivse metalli (Fe, Mg, Al, Zn) pulbrit sisaldava reaktori normaalrõhul või ülerõhul kuni 5 atmosfäärini ja temperatuuril 200-400 °C, kus töödeldud õli eemaldatakse adsorbendist aurugaasiseguna. Protsessi käigus toimub lisaks väävli sidumisele adsorbendi osakestega ja metalliga ka õli füüsikalise-keemiliste omaduste parendamine (viskoossus, tihedus).

(57) Reducing the sulfur content of fuels is a topical issue for all fuels. One way is to use adsorptive desulfurization. Several Ca containing adsorbents can be used, such as bentonite and fly ash. However, the problem is to separate the adsorbent from the treated oil so that no adsorbent solids particles remain in the oil. The present invention belongs to the field of shale oil industry and relates to a method of desulfurisation in shale oil obtained by thermal decomposition of oil shale. The invention comprises pumping crude shale oil through a reactor containing an adsorbent and an active metal (Fe, Mg, Al, Zn) powder at normal pressure or overpressure up to 5 atmospheres and at a temperature of 200-400 °C, where the treated oil is removed from the adsorbent as a vapor gas mixture. In the process, in addition to the binding of sulfur to the adsorbent particles and metal, the physicochemical properties of the shale oil (viscosity, density) are also improved.

Meetod väävli vähendamiseks põlevkiviõlis ja põlevkiviõlifraktsioonides

Tehnikavaldkond

Käesolev leiutis kuulub põlevkiviõli tööstuse valdkonda ja käsitleb meetodit väävli vähendamiseks vedelproduktides (põlevkiviõli ja põlevkiviõlifraktsioonid), mis on saadud
 5 põlevkivi termilisel lagunemisel. Leiutis hõlmab põlevkivitoorõli ja põlevkiviõli fraktsioonide pumpamist läbi reaktoris asetseva adsorbendi ja aktiivse metalli (Fe, Mg, Al, Zn) segu kihi normaalarõhul või ülerõhul.

Tehnika tase

Termiline krakkimine on teada ja tuntud protsess naftatööstuses, protsess on sarnane
 10 naftaehases kasutatavale *Visbreaking*-meetodile ehk ühekordsele krakkimisele. Termiline krakkimine on kõrgemolekulaarse süsivesiniku ühendite lagundamine madalmolekulaarseteks ühenditeks kõrgel temperatuuril ja kõrgel rõhul. Termiline krakkimine hõlmab C-C-, C-H-, C-S- ja teiste sidemete katkemist. Selle protsessi jaoks kasutatav temperatuur on umbes 500-700°C ja rõhk umbes 70 bari. Käesolevas taotluses
 15 viiakse protsess reaktoris läbi normaalarõhul või ülerõhul (kuni 5 atmosfääri) ja temperatuuridevahemikus 200-400 °C.

Põlevkivi termokeemilisel töötlemisel tekib põlevkiviõli (toorõli). Keemistemperatuuride järgi jaotatakse põlevkiviõlid järgmistesse fraktsioonidesse: kergfraktsioon (50-200 °C), keskfraktsioon (150-360 °C), raskfraktsioon (>360 °C). Põlevkivist saadud toorõlis on
 20 keskmine väävlikontsentratsioon 0,7-0,9 massiprotsenti. Kergfraktsioonis keemise lõpptemperatuuriga 200 °C ei ületa väävlisisaldus tavaliselt 1,4 massiprotsenti. Keskfraktsioonis ja raskfraktsioonis on väävlisisaldus tavaliselt vahemikus 0,6-0,9 massiprotsenti. Fraktsioonidest moodustab keskfraktsioon umbes 50-55 mahuprotsenti. Selleks, et edaspidi kasutada seda fraktsiooni laevakütusena või tema komponendina, on
 25 vaja üldväävli sisaldust alandada vähemalt alla 0,5 massiprotsendi.

See on tingitud laevakütustele MARPOLi konventsiooniga esitatud väävlisisalduse piirmäärast -0,5 massiprotsenti, mida kohaldatakse alates 1. jaanuarist 2020.

IMO kehtestatud heitekontrollialadel (ECAS) on juba kehtiv rangem piir - 0,10 massiprotsenti. See 0,10 massiprotsenti kehtib neljas kehtestatud ECAS-i piirkonnas: Läänemere; Põhjamere; Põhja-Ameerika piirkond (USA ja Kanada rannikualade määratud piirkonnad); USA Kariibi mere piirkond (Puerto Rico ja USA Neitsisaarte ümbrus).

5 IMO: Sulphur 2020 cutting sulphur oxide emissions

<http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>

Põlevkiviõlis sisalduva väävli põhiosa on esindatud väävelorgaaniliste ühenditega, milleks on tioolid ehk merkaptaanid, sulfiidid, disulfiidid, tsükliilised väävelühendid, tiofeenid. Naftas esinevad väävliühendid peamiselt bensotiofeenidena. Põlevkivist saadava õli
10 väävlisisalduse vähendamine on muutumas oluliseks ja sellel on teistsugused tehnoloogilised vajadused kui teistel kütustel.

Tehnika tasemest on tuntud mitmeid meetodeid väävlisisalduse vähendamiseks vedelproduktides, mis oluliselt erinevad oma teostuse ja tingimuste poolest selles leiutises käsitletavast põlevkiviõli väävlisisalduse vähendamise meetodist.

15 Anil Bakaya (FR) kirjeldab oma leiutises „*Process for separation of pure constituents*“ (WO2012131485A1, 2012) võimalust vähendada väävlisisaldust õli keetmisel aktiivse pulbermetalli Zn ja Fe juuresolekul ümarkolvis püstjahutiga, millele järgneb lihtne filtreerimine metallipulbrist. Teoorias reageerib väävel aktiivselt raua ja tsingiga, moodustades tsinksulfiidi ja raudsulfiidi. Anil Bakaya kasutas oma uuringutes
20 temperatuuri alla 100 °C ning reaktsioonikeskkond koosnes segatud aktiivsetest metallidest ja lähteõlist. Selle leiutise puhul rakendati väävlisisalduse vähendamiseks õli keetmist koos adsorbendiga, kuid seda tuli täiendavalt eraldada filtreerimisega.

Siinsete autorite leiutise uudsuseks on see, et põlevkiviõli ja põlevkiviõlifraktsioonide kvaliteedi parandamiseks rakendatakse õli aurustamist läbi Ca-d sisaldava adsorbendi ja
25 aktiivse metalli segu kihi tunduvalt kõrgemal temperatuuril ning kogu protsess toimub aurufaasis ning puudub vajadus filtreerimiseks.

Robert D. Ellender, Jr. (US) on oma leiutises „*Process for removing sulfur from crude oil*“ (US 3971713, 1976) kaitsnud meetodit väävli eraldamiseks toorõlist, milles toorõli segati atmosfäärirõhul ja temperatuuril alla 38 °C adsorbendiga, mille osakeste suurus oli

150 µm. Adsorbendiks võis olla kaltsiumkarbonaatne materjal - kustutatud lubi, tööstuslik lubi, kõrge Ca-sisaldusega marmor. Desulfureeritud toorõli eraldati seejärel jääkproduktist. Selle meetodi puhul on lahendamata adsorbendi ja töödeldud õli eraldamine, lõppfaasile järgnes eraldi separeerimisprotsess.

5 Siinsete autorite leiutis erineb Robert D. Ellenderi leiutisest selle poolest, et põlevkiviõli ja põlevkivivõlifraktsioonide kvaliteedi parandamiseks lisatakse Ca-d sisaldavale adsorbendile veel aktiivse metalli pulbrit ning protsessi läbiviimiseks kasutatakse kõrgemaid temperatuure. Käesolevas leiutises õli aurustatakse läbi adsorbendi ja aktiivse metalli segu kihi, saadud õli kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris ning adsorbent koos
10 aktiivse metalliga jääb reaktorisse, mis välistab nende edasise eraldamise vajaduse töödeldud õlist.

Omer Refa Koseoglu (SA) oma leiutises „*Process for upgrading hydrocarbon feedstocks using solid adsorbent and membrane separation of treated product stream*” (US 2012/0152808, 2012) on esitanud tänapäeval tuntud meetodi naftasaaduste rikastamiseks
15 tahke adsorbendi ja membraanseparaatori kasutamise. Eelnevalt 36-520 °C-ni kuumutatud süsivesiniktooret segatakse 10-60 minutit segistis tahke adsorbendiga rõhul 1100 kg/cm² ja temperatuuril 20-200 °C, kusjuures kasutatav adsorbent on osakestesuurusega 75-150 µm. Adsorbendi eraldamiseks õlist kasutati uuringutes membraanseparaatorit. Reaktsiooni tulemusena süsivesiniktoorme väävlisisaldus vähenes
20 ning saadud väävlit sisaldav tahke adsorbent eraldati separatsioonitsoonis.

Siinsete autorite leiutis erineb selle poolest, et kogu protsess viiakse läbi madalamal rõhul, lisaks Ca adsorbendile kasutatakse veel aktiivse metalli pulbrit. Saadud põlevkiviõli ja põlevkiviõlifraktsioonid kondenseeruvad gaas-vedelik-separaatoris ning adsorbent ja aktiivne metall jäävad reaktorisse, mis välistab nende edasise eraldamise vajaduse
25 töödeldud õlist.

H. Rang, et al oma artiklis „*Advances in Desulfurization Research of Liquid Fuel*“. Oil Shale, 2006, Vol. 23, No. 2 pp. 164–176 käsitlevad vedelate kütuste hüdrodesulfureerimise protsesse, ekstraheerimist, oksüdeerimist ja adsorptsiooni. H. Rang on analüüsinud adsorptsiooniprotsesse, kus adsorbent koosneb tugiainena tsinkoksiidist, ränidioksiidist ja

alumiiniumoksiidist, promootorina metallist (eelistatavalt niklist) või metalloksiidist, milleks võib kasutada tsinktitanaati ja tsinkferriiti. Leiutises kasutati madalamaid temperatuure (25-55 °C) ja mudelsegusid, mis on valmistatud puhtast lahustist ja ühest bensotiofeeni väevliühendist.

- 5 Siinsete autorite leiutise erinevuseks on see, et käesolevas leiutises kasutatakse protsessi läbi viimiseks kõrgemaid temperatuure (250-400 °C), adsorbendina bentoniiti ja teisi Ca-d sisaldavaid mineraale ning metalloksiidi asemel puhtaid aktiivseid metalle, mis lubavad keemiliselt väevlit siduda. Katsed viiakse läbi keerulise koostisega põlevkivitoorõli ja põlevkiviõli fraktsioonidega, aga mitte mudelsegul ühe väevliühendiga. Katseliselt on
- 10 tõestatud, et väevliühendite reaalsed segud käituvad mudelsegudest erinevalt.

Sana Ullah et al. “*Desulfurization of Model Oil through Adsorption over Activated Charcoal and Bentonite Clay Composites*” Chem. Eng. Technol. 2020, 43, No. 3, 564–573. Autorid uurisid oma leiutises mineraalsavi - bentoniiti, montmorilloniiti ja kaoliniiti, mida kasutatakse adsorbendina tänu märkimisväärsele adsorptsioonivõimele, lisaks on nad

15 kergelt kättesaadavad ja odavad. Dibensotiofeeni (DBT) adsorptsiooni mudelõli uuriti puhta aktiivsöe ja puhta bentoniitsavi komposiitide abil. Selle uuringu tulemusena selgus, et kõrge väevlisisalduse eemaldamise efektiivsus saavutati puhta bentoniitsavi abil. Uuringu tulemusena pakuti välja puhta bentoniitsavi kasutamise võimalus väevlitustamise eesmärgil. Vaatluse all olid adsorptsiooniparameetrid, kontaktaeg, adsorbendiannus,

20 temperatuur ja algekonsentratsioon, samuti hinnati adsorptsiooni kineetikat ja selle termodünaamikat. Erinevalt käesolevast leiutisest uurisid artikli autorid peamiselt erinevate mineraalide ja mudelsegude väevlitustamise kineetika protsessi ja mudelsegudena kasutati dibensotiofeeni puhtast orgaanilist lahust, mis erineb toorõlidest, eriti põlevkiviõlist.

- 25 Siinsete autorite leiutise erinevuseks on see, et käsitletakse väevlisisalduse vähendamist põlevkiviõlis, kus väävel esineb keerulise orgaaniliste ühendite seguna, mis ei ole taandatav individuaalsele väevliühendile dibensotiofeeni näol.

Kõige lähedasemaks lahenduseks on **Jakov Saprõkin** et al. leiutis (EE01443U1,2018) „*Meetod väevli eemaldamiseks naftasaadustest*“ (EE), kus käsitleti naftasaadustest väevli

eemaldamise meetodit, mis hõlmab soojusvahetis eelnevalt 40-90 °C juures kuumutatud naftasaaduse segamist segistis normaalrõhul kaltsiumiühendeid sisaldava adsorbendiga osakeste peensusega 40-150 µm ja väävlit sisaldava tahke faasi moodustamist segus ning seejärel saadud segust väävlit sisaldava tahke faasi eraldamist, ning käsitlevad oma
5 leiutises naftasaaduseid laiemalt.

Selle leiutise autori, erinevalt Jakov Saprõkini leiutisest, kasutavad põlevkivitoorõli ja põlevkiviõli fraktsioonide kvaliteedi parandamiseks katsetes kõrgemat temperatuuri, kuni 400 °C, lisaks kaltsiumit sisaldavale adsorbendile lisatakse veel aktiivsete metallide pulbrit, mis aitab väävlit täiendavalt siduda. Käesolevas leiutises ei kasutata
10 segamisseadmeid, mis välistavad adsorbendi ja õli eraldamise etapi. Saadud õli kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris ning adsorbent ja aktiivne metall jäävad reaktorisse, mis välistab nende edasise eraldamise vajaduse töödeldud õlist. Protsessi tulemusena paranevad õli omadused, tihedus ja viskoossus ning väheneb väävlisisaldus. Adsorbendina kasutatakse bentoniiti ja põlevkivituhka.

15 **Leiutise olemus**

Leiutise eesmärgiks on esitada meetod põlevkiviõli ja põlevkiviõlifraktsioonide kvaliteedi parandamiseks, kus põlevkivitoorõli ja põlevkiviõlifraktsioonidest väävli vähendamiseks kasutatakse Ca-d sisaldavaid adsorbente koos aktiivse metalliga, mis aitab efektiivsemalt väävlit eemaldada või siduda adsorbendiosakestega. Selleks viiakse eelnevalt reaktorisse
20 aktiivse metalli pulbriga segatud adsorbent, seejärel põlevkiviõli või põlevkiviõli erinevad fraktsioonid pumbatakse läbi reaktori normaalrõhul või ülerõhul (kuni 5 atmosfääri) temperatuuril 200-400 °C, kus toimub aurufaasis põlevkivitoorõli ja põlevkiviõlifraktsioonide kvaliteedi parandamine.

Eesmärk saavutatakse tehnilise lahenduse abil, mille kohaselt õli reageerimisel reaktoris
25 kaltsiumi sisaldava adsorbendi ja metalliga väheneb õli väävlisisaldus väävli sidumisega adsorbendi pinnale, mida soodustab aktiivse metalli olemasolu adsorbendi koostises.

Adsorbendina kasutatakse Ca-d sisaldavaid mineraale (peensusega kuni 500 µm), nagu bentoniit, põlevkivituhk ja mineraalsavi. Aktiivse metallina (osakestega alla 100 µm) kasutatakse raua (Fe), tsingi (Zn), magneesiumi (Mg) ja alumiiniumi (Al) pulbrit.

Katseteks kasutati roostevabast terasest reaktorit, kõrgsurvepumpa, jahutit ja gaas-vedelik-separaatorit. Katsed viidi läbi normaalrõhul või ülerõhul (kuni 5 atmosfääri). Reaktori kütmiseks soovitud temperatuurini kasutati elektrit.

5 Protsessi käigus täidetakse reaktor eelnevalt vajaliku adsorbendiga ja aktiivse metalliga soovitud vahekorras, adsorbendi ja metalli vahekord on 10:1 kuni 1:1. Seejärel kuumutatakse reaktor etteantud temperatuurini. Temperatuurivahemik 200–400 °C varieerub töödeldavatest proovidest ja avaldab mõju lõpp-produktidele. Nt kõrgematel temperatuuridel moodustub rohkem gaasilisi produkte. Põlevkiviõli või põlevkiviõli fraktsioonid pumbatakse kõrgsurvepumba abil reaktori ülaossa, kus õli kuumeneb 10 seadistatud temperatuurini, osaliselt aurustub ja reaktori keskel reageerib adsorbendi ning aktiivse metalliga kokkupuutes. Auru-gaasisegu väljub reaktorist, liigub jahutisse, ning kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris, kus mitte-kondenseeruvad gaasid ja õli lahutuvad. Adsorbent ja aktiivne metall jäävad reaktorisse, mis välistab nende edasise eraldamise vajaduse töödeldud õlist. Katset on võimalik teostada inertses lämmastikuaatmosfääris 15 (praegusel juhul kasutati gaasiballooni), kasutatud põlevkivitoorõli sisaldas väävli 0,77 massiprotsenti. Eri temperatuuridel bentoniidi ning bentoniidi ja raua segude kasutamisega tehtud katsed näitavad, et väävlisisaldust saab vähendada algsisaldusest kuni 25%-ni. Väävli vähendamise-ga pareneb tunduvalt põlevkiviõli kvaliteet, sh muutub ka tihedus ja viskoossus.

20 Leiutis käsitleb meetodit väävli vähendamiseks vedelproduktidest (põlevkivitoorõli ja põlevkiviõli fraktsioonid), mis on saadud põlevkivi termilisel lagunemisel ning hõlmab põlevkiviõli pumpamist kõrgel temperatuuril läbi reaktoris oleva adsorbendi ja aktiivse metalli kihi normaalrõhul või ülerõhul. Adsorbendina kasutatakse suure pinnaga kaltsiumit (Ca) sisaldavaid adsorbente, sh bentoniiti, savi, põlevkivituhka. Aktiivse metallina on 25 võimalik kasutada raua-, alumiiniumi-, tsingi- ja magneesiumipulbrit. Adsorbendi ja aktiivse metalli samaaegne kasutamine koos krakkimisprotsessiga võimaldab aurufaasist efektiivsemalt väävliühendeid eemaldada ja parandada saadava põlevkiviõli kvaliteeti, mis hõlmab ka tiheduse ja viskoossuse vähenemist. Sõltuvalt kasutatava põlevkiviõli omadustest ning adsorbentide olemasolust toimub protsess normaalrõhul või ülerõhul 30 (kuni 5 atmosfääri) ja temperatuuridevahemikul 200-400 °C.

Leiutise teostusnäide

Reaktor (1) täidetakse vajaliku adsorbendiga ja aktiivse metalliga soovitud vahekorras, pärast seda kuumutatakse reaktor soovitud temperatuurini. Põlevkivitoorõli või põlevkiviõlifraktsioonid (5) pumbatakse kõrgsurvepumbaga (6) reaktori (1) ülaossa, kus 5 õli kuumeneb seadistatud temperatuurini (osaliselt aurustub) ja reaktori keskel reageerib adsorbendiga (8). Auru-gaasisegu väljub reaktorist ja läbib jahuti (2), ning kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris (3). Sealt lastakse mittekondenseeruvad gaasid läbi rõhureguleerimise klapi (7) atmosfääri. Katset on võimalik teostada inertses lämmastikuaatmosfääris, kasutades selleks gaasiballooni (4). Reaktori kuumutamiseks 10 kasutatakse elektrit. Katalüsaatorina kasutatakse Ca-d sisaldavat suure eripinnaga adsorbenti, peensusega kuni 500 µm, ja metallipulbrit. Soovitatav on kasutada väikseima võimaliku osakeste suurusega metallipulbrit, mida väiksem osakeste suurus, seda kiiremini ja paremini reageerib ta väävliga. Katsetes kasutati metallipulbrit osakestega alla 100 µm. Väävel reageerib aktiivselt rauaga või teiste metallidega, moodustades raudsulfidi või 15 teiste metallide sulfide. Adsorbendi ja metalli vahekord on 10:1 kuni 1:1.

Põlevkiviõlist fraktsioneerimisel saadud keskfraktsioon (keemise vahemik 150-360 °C) pumbatakse läbi eelnevalt kuumutatud reaktori, kasutades kõrgsurvepumpa. Reaktori aktiivses tsoonis toimub õlide aurustamine ning osaline termiline krakkimine ja väävlilise keemilise sidumise adsorbendi ja metallipulbriga. Pärast aurud kondenseeriti, kasutades 20 krüostaadiga vedelikjahutit temperatuuril 0 °C, et vältida kõige kergemate komponentide kadusid. Katsete käigus kasutati kaltsiumiühendeid sisaldavaid adsorbente (*Bentonite*) ja lendtuhka (*Fly ash*), mis aitavad savi siduda ja väävlit vähendada põlevkiviõlist. Katsetes kasutati põlevkivitoorõli väävlisisaldusega 0,77 massiprotsenti.

Tabel 1. Katsete kirjeldus

Proov	Adsorbendi ja metalli vahekord	Saadud produktis väävlisisaldus, massiprotsent	Väävlisisalduse muutus, protsent	Tihedus, kg/m ³
Põlevkivitoorõli (algandmed)				945,0
Põlevkivitoorõli	1:2 Bentoniit +Rauapulber	0,61	-20,8	903,8
Põlevkivitoorõli	1:2 Savi +Rauapulber	0,64	-16,88	936,8
Põlevkivitoorõli	1:2 CaO +Rauapulber	0,69	-10,39	925,0
Põlevkivitoorõli	1:2 Bentoniit+ Rauapulber	0,72	-6,49	933,8
Põlevkivitoorõli	1:2 Savi +Rauapulber	0,68	-11,69	945,0
Põlevkivitoorõli	1:2 Bentoniit + Rauapulber	0,70	-9,09	934,4
Põlevkivitoorõli	1:2 Savi +Rauapulber	0,70	-9,09	939,6

Katsete käigus tehti kindlaks, et põlevkivitoorõli termilisel töötlemisel adsorbendi ja metallipulbriga vähenes koos väävlisisalduse vähenemisega ka saadud õli viskoossus ligi kaks korda, sest algproovis 40 °C juures oli see 11,04 cSt ja töödeldud proovis 5,67 cSt.

- 5 Vedelate produktide tihedus oli 945 kg/m³ põlevkivitoorõlis enne katset ja pärast töötlemist vähenes vahemikus 930 kuni 903 kg/m³ vastavalt kasutatud adsorbendile ja katse temperatuurile.

Jooniste loetelu

Fig 1 – Meetod väävli vähendamiseks põlevkiviõlis ja põlevkiviõli fraktsioonides

Fig 2 – Väävli vähendamise protsessi seadme skeem

Positsiooninumbrite loetelu

- 5 1 – reaktor
- 2 – jahuti
- 3 – gaas-vedelik-separaator
- 4 – gaasiballoon
- 5 – töötlemata põlevkivitoorõli või põlevkiviõlifraktsioonid
- 10 6 – kõrgsurvepump
- 7 – rõhureguleerimiseklapp
- 8 – adsorbent

Patendinõudlus

1. Meetod väävli vähendamiseks põlevkiviõlis ja põlevkiviõlifraktsioonides, mille kohaselt töödeldav põlevkivitoorõli juhitakse krakkimistemperatuuril reaktorisse, kus teostatakse väävli vähendamise protsess, **m i s s e i s n e b s e l l e s**, et läbi kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metallipuru seguga eelnevalt täidetud reaktori pumbatakse töödeldav põlevkivitoorõli või põlevkiviõlifraktsioonid kõrgel temperatuuril kuni 400 °C normaal- või ülerõhul, kus kuumutamisel tekkinud põlevkiviõli aurugaasisegu läbib adsorbendikihi ja suunatakse jahutisse ning eraldunud aurugaasisegu lahutatakse gaas-vedelik-separaatoris õliks ja gaasiks.
- 10 2. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1, **m i s s e i s n e b s e l l e s**, et põlevkivitoorõli või põlevkiviõli fraktsioonid pumbatakse läbi reaktoris oleva suure pinnaga kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metallipulbri kihi normaal- või ülerõhul kuni 5 atmosfääri temperatuuril 200-400 °C.
- 15 3. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1, **m i s s e i s n e b s e l l e s**, et suure pinnaga kaltsiumit sisaldavat adsorbenti segatakse aktiivse metalli (raua, tsingi, magneesiumi, alumiiniumi) pulbriga.
4. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1, **m i s s e i s n e b s e l l e s**, et kasutatakse adsorbenti peensusega kuni 500 µm ja aktiivse metalli pulbrit peensusega alla 100 µm.
- 20 5. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1, **m i s s e i s n e b s e l l e s**, et protsess viiakse läbi reaktoris, mis täidetakse eelnevalt adsorbendi ja aktiivse metalli pulbriga vahekorras 10:1 kuni 1:1.
6. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1, **m i s s e i s n e b s e l l e s**, et saadud põlevkiviõli kondenseeritakse gaas-vedelik-separaatoris ning adsorbent ja aktiivne metall jäetakse reaktorisse.

1/2

FIG 1

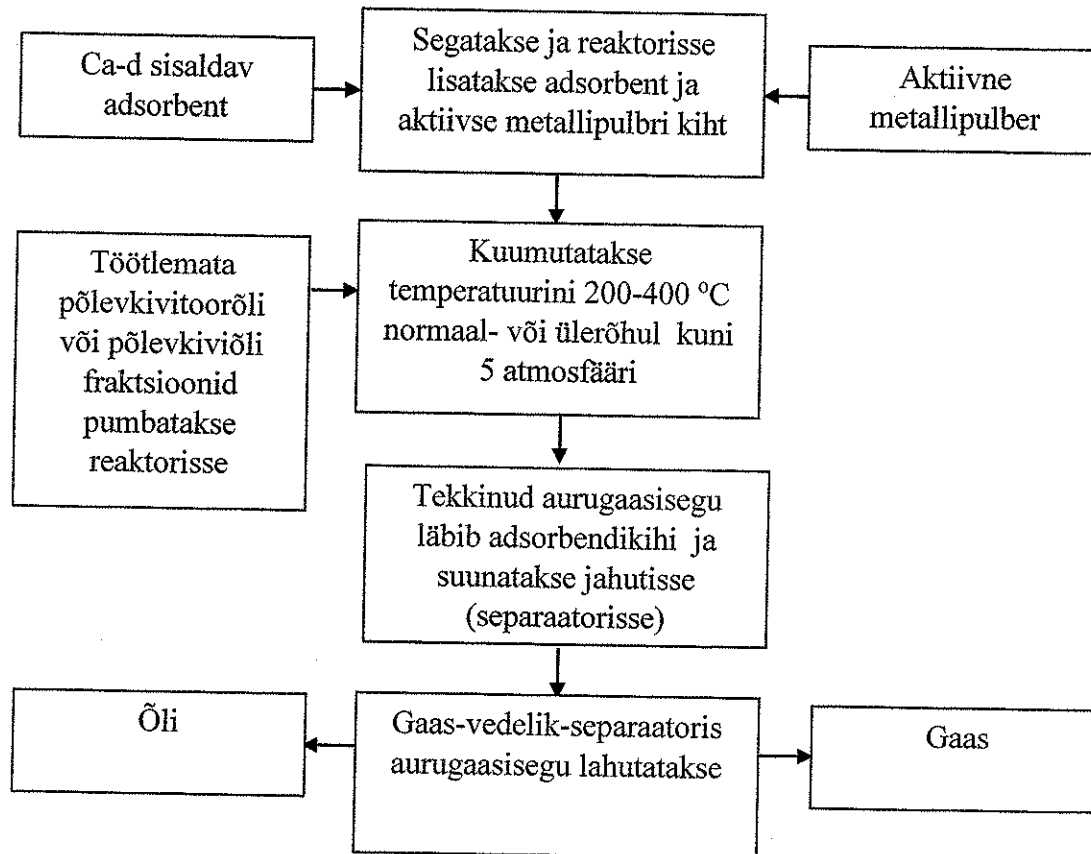


FIG 2

