



(11) **EE 05858 B1**

(51) Int.Cl.  
*C10G 11/00 (2022.01)*  
*C10G 25/05 (2022.01)*  
*B01J 20/04 (2022.01)*

**EE 05858 B1**

(19)



**PATENDIAMET**

(12) **PATENDIKIRJELDUS**

(21) Patenditaotluse number: <b>P202000011</b>	(73) Patendiomanik: <b>Tallinna Tehnikaülikool</b> <b>Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE</b>
(22) Patenditaotluse esitamise kuupäev: <b>09.07.2020</b>	(72) Leiutise autorid: <b>Olga Pihl</b> <b>Järveküla tee 75, 30322 Kohtla-Järve, EE</b>
(24) Patendi kehtivuse alguse kuupäev: <b>09.07.2020</b>	<b>Mihhail Fomitšov</b> <b>Järveküla tee 75, 30322 Kohtla-Järve, EE</b>
(43) Patenditaotluse avaldamise kuupäev: <b>15.02.2022</b>	<b>Dmitri Suštšik</b> <b>Järveküla tee 75, 30322 Kohtla-Järve, EE</b>
(45) Patendikirjelduse avaldamise kuupäev: <b>17.07.2023</b>	

**(54) Meetod väävli vähendamiseks põlevkiviõlis ja selle fraktsioonides**

(57) Kütuste väävlisisalduse vähendamine on aktuaalne probleem kõikide kütuste jaoks. Üks võimalusi on kasutada adsorptiivset väävli vähendamist. Selleks võib kasutada mitmeid kaltsiumit sisaldavaid adsorbente, sealhulgas bentoniiti ja lendtuha. 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 reaktori kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metalli (Fe, Mg, Al, Zn) pulbri kihi normaal- või ülerõhul kuni 5 atmosfäärini ja temperatuuril 200-400 °C, kus töödeldud õli eraldub adsorbendist aurugaasisegu-na. Protsessi käigus toimub lisaks väävli sidumisele adsorbendi osakeste ja metallipulbriga ka õli füüsikalise-keemiliste omaduste parendamine (viskoossus, tihedus).

(57) Reducing the sulfur content of fuels is a topical issue for all fuels. One feature is to use adsorptive reduction. Several Ca containing adsorbents can be used for this purpose, including 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 invention belongs to the field of oil shale oil industry and deals with a method for reducing sulfur in oil shale oil, obtained by thermal decomposition of oil shale. The invention involves pumping oil shale oil through a reactor containing an Ca containing 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 processed shale oil is removed from the adsorbent as a vapor gas mixture. During the process, in addition to the binding sulfur to the adsorbent particles and metal powder, the physicochemical properties of the shale oil as viscosity and density, are also improved.

**EE 05858 B1**

## Meetod väävli vähendamiseks põlevkiviõlis ja selle fraktsioonides

### Tehnikavaldkond

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

### Tehnika tase

Põlevkivi termokeemilisel töötlemisel tekib põlevkiviõli. Keemistemperatuuride järgi  
 10 jaotatakse põlevkiviõlid järgmistesse fraktsioonidesse: kergfraktsioon (50-200 °C), keskfraktsioon (150-360 °C), raskfraktsioon (>360 °C). Põlevkiviõlis on 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  
 15 massiprotsenti. Fraktsioonidest moodustab keskfraktsioon umbes 50-55 mahuprotsenti. Selleks, et edaspidi kasutada seda fraktsiooni laevakütusena või tema komponendina, on 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.

20 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).

IMO: Sulphur 2020 cutting sulphur oxide emissions

25 <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, tsüklilised väävelühendid, tiofeenid. Naftas esinevad väävliühendid peamiselt bensotiofeenidena. Põlevkiviõli 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.

Anil Bakaya (FR) kirjeldab oma leiutises „*Process for separation of pure constituents*“ (WO2012131485A1, 2012) võimalust vähendada väävlisisaldust õli keetmisel aktiivse metalli pulbri 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 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 selle fraktsioonide kvaliteedi parandamiseks rakendatakse õli aurustamist läbi kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metalli pulbri kihi tunduvalt kõrgemal temperatuuril ning kogu protsess toimub aurufaasis ja 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.

Siinsete autorite leiutis erineb Robert D. Ellenderi leiutisest selle poolest, et põlevkiviõli ja selle fraktsioonide kvaliteedi parandamiseks lisatakse kaltsiumit sisaldavale adsorbendile  
5 veel aktiivse metalli pulbrit ning protsessi läbiviimiseks kasutatakse kõrgemaid temperatuure. Käesolevas leiutises õli aurustatakse läbi kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metalli pulbri kihi, saadud õli kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris ning kaltsiumit sisaldav adsorbent koos aktiivse metalli pulbriga jäetakse reaktorisse, mis välistab nende edasise eraldamise vajaduse töödeldud õlist.

10 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 tahke adsorbendi ja membraanseparaatori kasutamisega. Eelnevalt 36-520 °C-ni kuumutatud süsivesiniktooret segatakse 10-60 minutit segistis tahke adsorbendiga rõhul  
15 1100 kg/cm<sup>2</sup> ja temperatuuril 20-200 °C, kusjuures kasutatav adsorbent on osakeste suurusega 75-150 µm. Adsorbendi eraldamiseks õlist kasutati uuringutes membraanseparaatorit. Reaktsiooni tulemusena süsivesiniktoorme väävlisisaldus vähenes ning saadud väävlit sisaldav tahke adsorbent eraldati separatsioonitsoonis.

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

H. Rang (et al) artiklis „*Advances in Desulfurization Research of Liquid Fuel*“, Oil Shale,  
25 2006, Vol. 23, No. 2 pp. 164–176, käsitleb vedelate kütuste hüdrosulfureerimise protsesse, ekstraheerimist, oksüdeerimist ja adsorptsiooni. H. Rang on analüüsinud adsorptsiooniprotsesse, kus adsorbent koosneb tugianena 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 väävliühendist.

- 5 Siinsete autorite leiutise erinevuseks on see, et käesolevas leiutises kasutatakse protsessi läbiviimiseks kõrgemaid temperatuure (200-400 °C), adsorbendina bentoniiti ja teisi kaltsiumit sisaldavaid mineraale ning metalloksiidi asemel puhtaid aktiivseid metalle, mis lubavad keemiliselt väävlit siduda. Katsed viiakse läbi keerulise koostisega põlevkiviõli ja selle fraktsioonidega, aga mitte mudelsegul ühe väävliühendiga. Katseliselt on tõestatud, et väävliühendite 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 kergelt kättesaadavad ja odavad. Dibensotiofeeni (DBT) adsorptsiooni mudelõli uuriti puhta aktiivsõe ja puhta bentoniitsavi komposiitide abil. Selle uuringu tulemusena selgus, et kõrge väävlisisalduse eemaldamise efektiivsus saavutati puhta bentoniitsavi abil. Uuringu tulemusena pakuti välja puhta bentoniitsavi kasutamise võimalus väävlitustamise eesmärgil. Vaatluse all olid adsorptsiooniparameetrid, kontaktaeg, adsorbendiannus, temperatuur ja alghkontsentratsioon, samuti hinnati adsorptsiooni kineetikat ja selle termodünaamikat. Artikli autorid uurisid peamiselt erinevate mineraalide ja mudelsegude väävlitustamise kineetika protsessi ja mudelsegudena kasutati dibensotiofeeni puhtast orgaanilist lahust, mis erineb toorõlidest, eriti põlevkiviõlist.

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

Kõige lähedasemaks lahenduseks on Jakov Saprõkin et.al leiutis (EE01443U1,2018) „Meetod väävli eemaldamiseks naftasaadustest“, kus käsitleti naftasaadustest väävli eemaldamise meetodit, mis hõlmab soojusvahetis eelnevalt 40-90 °C juures kuumutatud naftasaaduse segamist segistis normaalarõhul kaltsiumiühendeid sisaldava adsorbendiga osakeste suurusega 40-150 µm, väävlit sisaldava tahke faasi moodustamist segus ning seejärel saadud segust väävlit sisaldava tahke faasi eraldamist. Autorid käsitlevad oma leiutises naftasaaduseid laiemalt.

Siinse leiutise autorid, erinevalt Jakov Saprõkini leiutisest, kasutavad põlevkiviõli ja selle fraktsioonide kvaliteedi parandamiseks katsetes kõrgemaid temperatuure (200-400 °C), lisaks kaltsiumit sisaldavale adsorbendile lisatakse veel aktiivsete metallide pulbrit, mis aitab väävlit täiendavalt siduda. Käesolevas leiutises ei kasutata segamisseadmeid, mis välistavad adsorbendi ja õli eraldamise etapi. Saadud õli kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris ning adsorbent ja aktiivne metall jäetakse 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.

### Leiutise olemus

Leiutise eesmärgiks on esitada meetod põlevkiviõli ja selle fraktsioonide kvaliteedi parandamiseks, kus põlevkiviõli ja selle fraktsioonidest väävli vähendamiseks kasutatakse kaltsiumit sisaldavaid suure eripinnaga adsorbente koos aktiivse metalli pulbriga, mis aitab efektiivsemalt väävlit eemaldada või siduda adsorbendiosakestega. Selleks viiakse eelnevalt reaktorisse aktiivse metalli pulbriga segatud kaltsiumit sisaldav adsorbent, seejärel põlevkiviõli või selle erinevad fraktsioonid pumbatakse läbi reaktori normaalarõhul või ülarõhul (kuni 5 atmosfääri) temperatuuril 200-400 °C, kus toimub aurufaasis põlevkiviõli ja selle fraktsioonide kvaliteedi parandamine. Eesmärk saavutatakse tehnilise lahenduse abil, mille kohaselt õli reageerimisel reaktoris kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja metallipulbriga väheneb õli väävlisisaldus väävli sidumisega adsorbendi pinnale, mida

soodustab aktiivse metalli olemasolu adsorbendi koostises. Adsorbendina kasutatakse kaltsiumit sisaldavaid mineraale (osakeste suurusega kuni 500 µm), nagu bentoniit, põlevkivituhk ja mineraalsavi. Aktiivse metallina (osakeste suurusega alla 100 µm) kasutatakse raua (Fe), tsingi (Zn), magneesiumi (Mg) ja alumiiniumi (Al) pulbrit.

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

Protsessi käigus täidetakse reaktor eelnevalt vajaliku kaltsiumit sisaldava adsorbendiga ja aktiivse metalli pulbriga soovitud vahekorras, adsorbendi ja metallipulbri vahekord on 10:1  
10 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 selle fraktsioonid pumbatakse kõrgsurvepumba abil reaktori ülaossa, kus õli kuumeneb seadistatud temperatuurini, osaliselt aurustub ja reaktori keskel reageerib kaltsiumit  
15 sisaldava adsorbendi ning aktiivse metalli pulbriga kokkupuutes. Aurugaasisegu väljub reaktorist, liigub jahutisse, ning kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris, kus mittekondenseeruvad gaasid ja õli lahutuvad. Kaltsiumit sisaldav adsorbent ja aktiivse metalli pulber jäetakse reaktorisse, mis välistab nende edasise eraldamise vajaduse töödeldud põlevkiviõlist. Katset on võimalik teostada inertses lämmastikuatmosfääris  
20 (praegusel juhul kasutati gaasiballooni), kasutatud põlevkiviõli sisaldas väävlit 0,77 massiprotsenti. Eri temperatuuridel bentoniidi ning bentoniidi ja rauapulbri kasutamisega tehtud katsed näitavad, et väävlisisaldust saab vähendada algsisaldusest kuni 25%-ni. Väävli vähendamise pareneb tunduvalt põlevkiviõli kvaliteet.

Leiutis käsitleb meetodit väävli vähendamiseks põlevkiviõlist ja selle fraktsioonidest, mis  
25 on saadud põlevkivi termilisel lagunemisel ning hõlmab põlevkiviõli pumpamist kõrgel temperatuuril läbi reaktoris oleva kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metalli pulbri kihi normaalarõhul või ülerõhul. Adsorbendina kasutatakse suure eripinnaga kaltsiumit sisaldavaid adsorbente, sh bentoniiti, savi, põlevkivituhka. Aktiivse metallina on võimalik kasutada raua-, alumiiniumi-, tsingi- ja magneesiumipulbrit. Kaltsiumit sisaldava

adsorbendi ja aktiivse metalli samaaegne kasutamine koos termilise protsessiga võimaldab aurufaasist efektiivsemalt väävliühendeid eemaldada ja parandada saadava põlevkiviõli kvaliteeti, mis hõlmab ka põlevkiviõli tihedust ja viskoossust. Sõltuvalt kasutatava põlevkiviõli omadustest ning kaltsiumit sisaldavate adsorbentide olemasolust toimub 5 protsess normaalarõhul või ülearõhul (kuni 5 atmosfääri) ja temperatuuridevahemikul 200-400 °C.

### Leiutise teostusnäide

Reaktor (1) täidetakse vajaliku kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metalli pulbriga soovitud vahekorras, pärast seda kuumutatakse reaktor soovitud temperatuurini. 10 Põlevkiviõli või selle fraktsioonid (5) pumbatakse kõrgsurvepumbaga (6) reaktori (1) ülaossa, kus õli kuumeneb seadistatud temperatuurini (osaliselt aurustub) ning reageerib adsorbendiga (8). Aurugaasisegu väljub reaktorist ja läbib jahuti (2), ning kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris (3). Sealt lastakse mitte-kondenseeruvad gaasid läbi rõhureguleerimise klapi (7) atmosfääri. Katset on võimalik teostada inertses 15 lämmastikuatmosfääris, kasutades selleks gaasiballooni (4). Reaktori kuumutamiseks kasutatakse elektrit. Katalüsaatorina kasutatakse kaltsiumit sisaldavat suure eripinnaga adsorbenti, osakeste suurusega kuni 500 µm ja aktiivse metalli pulbrit. Soovitav on kasutada võimalikult väiksema osakeste suurusega metallipulbrit, mida väiksem osakeste suurus, seda kiiremini ja paremini reageerib ta väävliga. Katsetes kasutati metallipulbrit 20 osakeste suurusega alla 100 µm. Väävel reageerib aktiivselt rauaga või teiste metallidega, moodustades raudsulfidi või teiste metallide sulfide. Adsorbendi ja metallipulbri vahekord on 10:1 kuni 1:1.

Põlevkiviõlist fraktsioneerimisel saadud keskfraktsioon (keemise vahemik 150-360 °C) pumbatakse läbi eelnevalt kuumutatud reaktori, kasutades kõrgsurvepumpa. Reaktori 25 aktiivses tsoonis toimub õlide aurustamine ning osaline termiline lagunemine ja väävli keemiline sidumine adsorbendi ja metallipulbriga. Pärast aurud kondenseeriti, kasutades 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 põlevkiviõli väävlisisaldusega 0,77 massiprotsenti. Aurugaasisegu kondenseerub gaas-vedelik-separaatoris, kus mittekindenseeruvad gaasid ja õli lahutuvad.

5 Tabel 1. Katsete kirjeldus

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

Katsete käigus tehti kindlaks, et põlevkiviõli termilisel töötlemisel kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metalli pulbriga vähenes koos väävlisisaldusega ka saadud õli

viskoossus ligi kaks korda, sest algproovis 40 °C juures oli see 11,04 cSt ja töödeldud proovis 5,67 cSt.

Vedelate produktide tihedus oli 945 kg/m<sup>3</sup> põlevkiviõlis enne katset ja pärast töötlemist vähenes vahemikus 930 kuni 903 kg/m<sup>3</sup> vastavalt kasutatud adsorbendile ja katse  
5 temperatuurile.

### Jooniste loetelu

Fig 1 – Meetod väävli vähendamiseks põlevkiviõlis ja selle fraktsioonides

Fig 2 – Väävli vähendamise protsess, seadme skeem

Positsiooninumbrite loetelu

- 10 1 – reaktor
- 2 – jahuti
- 3 – gaas-vedelik-separaator
- 4 – gaasiballoon
- 5 – põlevkiviõli või selle fraktsioonid
- 15 6 – kõrgsurvepump
- 7 – rõhureguleerimiseklapp
- 8 – kaltsiumit sisaldav adsorbent koos aktiivse metalli pulbriga

**Patendinõudlus**

1. Meetod väävli vähendamiseks põlevkiviõlis ja selle fraktsioonides, mille kohaselt töödeldav põlevkiviõli juhitakse lagunemistemperatuuril reaktorisse, kus teostatakse väävli vähendamise protsess, mis seisneb selles, et põlevkiviõli pumbatakse läbi reaktoris oleva suure eripinnaga kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja aktiivse metalli pulbri kihi normaal- või ülerõhul kuni 5 atmosfääri, temperatuuril 200-400 °C ning kuumutamisel tekkinud põlevkiviõli auru-gaasisegu väljutatakse reaktorist ja kondenseeritakse gaas-vedelik-separaatoris, mitte kondenseeruvad gaasid ja õli lahutatakse ning kaltsiumit sisaldav adsorbent koos aktiivse metalli pulbriga jäetakse reaktorisse.
2. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1, mis seisneb selles, et aktiivse metalli pulbriks on raua, tsingi, magneesiumi, alumiiniumi pulber.
3. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1,2, mis seisneb selles, et kaltsiumit sisaldava adsorbendi osakeste suurus on kuni 500 µm ja aktiivse metallipulbri osakeste suurus alla 100 µm.
4. Meetod vastavalt nõudluspunktile 1,2,3, mis seisneb selles, et kaltsiumit sisaldava adsorbendi ja metallipulbri vahekord on 10:1 kuni 1:1

1/2

FIG 1

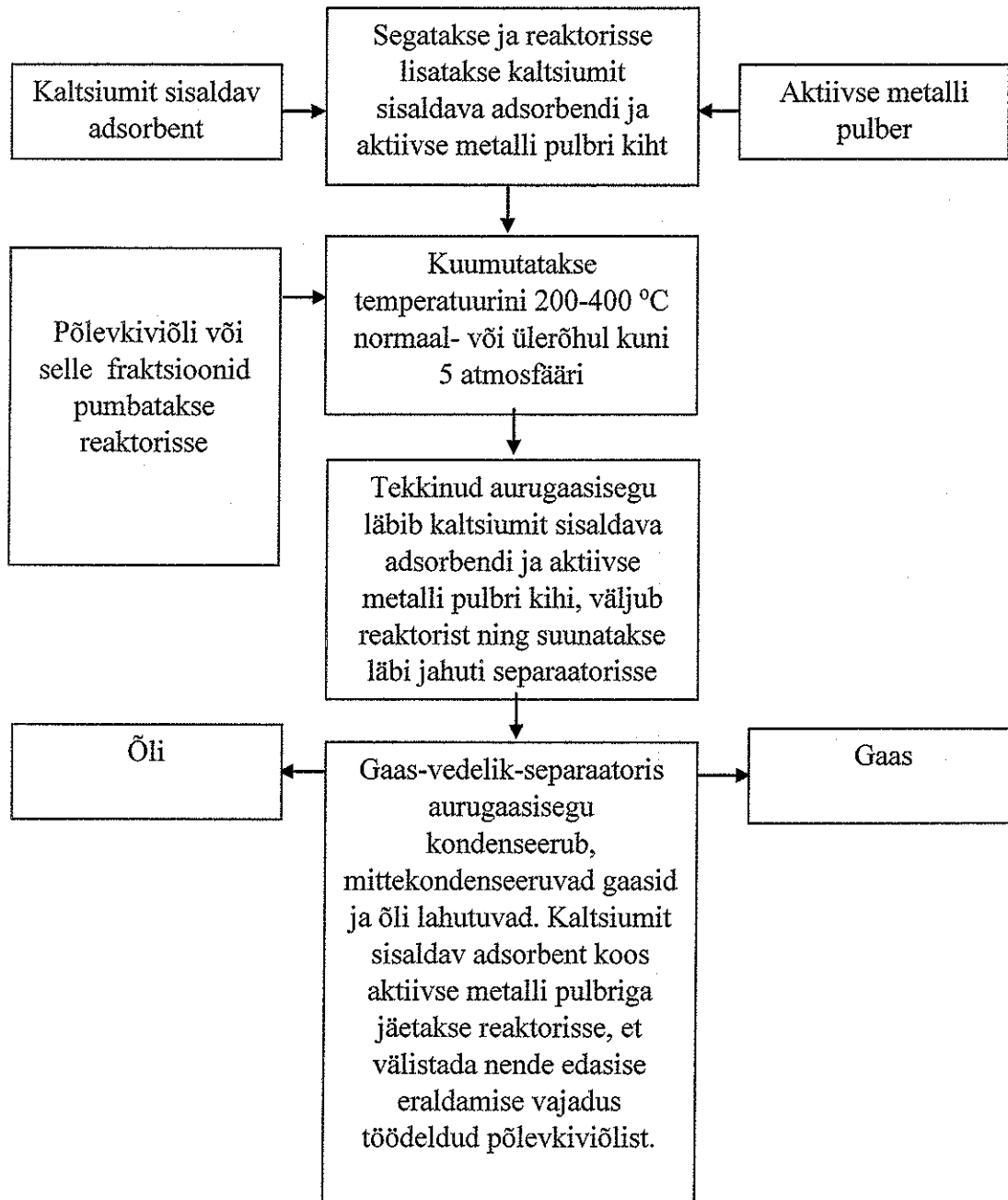


FIG 2

