

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 7 月 2 日(02.07.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/098505 A1

- (51) 国際特許分類:
C10L 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/082579
- (22) 国際出願日: 2014 年 12 月 9 日(09.12.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-267439 2013 年 12 月 25 日(25.12.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBELCO STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目 2 番 4 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 木下 繁(KINOSHITA Shigeru). 奥山 憲幸(OKUYAMA Noriyuki). 吉田 拓也(YOSHIDA Takuya). 堺 康爾(SAKAI Koji).
- (74) 代理人: 濱田 百合子, 外(HAMADA Yuriko et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 7 番 13 号 虎ノ門イーストビルディング 10 階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).

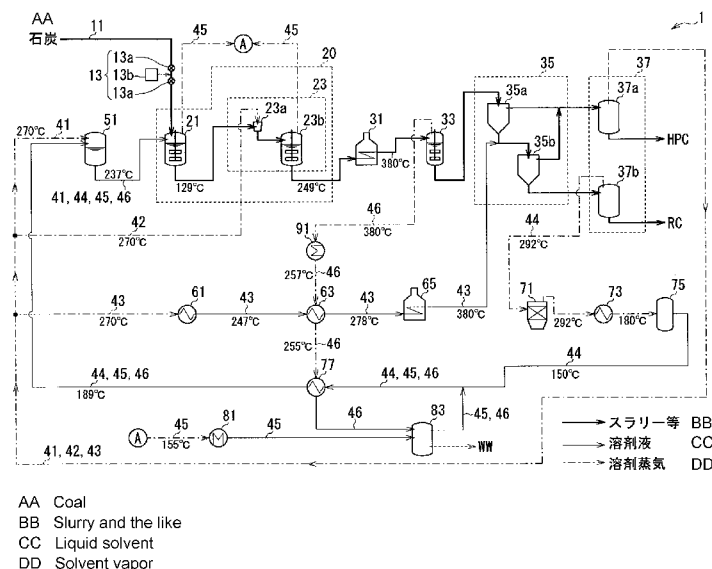
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING ASHLESS COAL

(54) 発明の名称: 無灰炭の製造方法



(57) Abstract: Provided is a method for producing ashless coal, said method comprising a slurry preparation step in which a slurry is prepared by mixing coal and a solvent, the coal that is included in the slurry is dewatered, and the temperature of the slurry is increased. The slurry preparation step comprises a preparation/dewatering step and a preparation/temperature increase step. In the preparation/dewatering step, preparation of the slurry and dewatering of the coal are performed by mixing coal and a liquid solvent that is circulated during a circulation step. In the preparation/temperature increase step, the slurry is prepared and the temperature of the slurry is increased by mixing the slurry with solvent vapor that is circulated during the circulation step.

(57) 要約: 無灰炭の製造方法は、石炭と溶剤とを混合してスラリーを調製するとともにスラリーに含まれる石炭の脱水およびスラリーの昇温を行うスラリー調製工程を有する。スラリー調製工程は、調製脱水工程と、調製昇温工程と、を有する。調製脱水工程は、循環工程で循環させられる溶剤液と、石炭と、を混合することで、スラリーの調製および石炭の脱水を行う。調製昇温工程は、循環工程で循環させられる溶剤蒸気とスラリーとを混合することで、スラリーの調製および昇温を行う。



WO 2015/098505 A1

明 細 書

発明の名称： 無灰炭の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、無灰炭の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、無灰炭の製造方法がある（例えば特許文献１）。特許文献１に記載の無灰炭の製造方法は、次のようなものである（同文献の請求項１参照）。「溶剤と石炭とを混合してスラリーを調製するスラリー調製工程と、前記スラリー調製工程で得られたスラリーを・・・加熱して溶剤に可溶性石炭成分を抽出する抽出工程と、前記抽出工程で得られたスラリーから溶剤に不溶性石炭成分を分離する分離工程と、前記分離工程で分離された溶剤に不溶性石炭成分を含むスラリーから溶剤を回収して無灰炭を得る工程と、前記回収された溶剤を前記スラリー調製工程へ循環する工程とを有する無灰炭の製造方法」

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：日本国特許４０４５２２９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１に記載の無灰炭の製造方法には、上記のように「前記分離工程で分離された溶剤に不溶性石炭成分を含むスラリーから溶剤を回収して無灰炭を得る工程」がある（この工程を「無灰炭取得工程」とする）。無灰炭取得工程で回収された溶剤は、高温（例えば２７０℃等）である。一方、特許文献１に記載の無灰炭の製造方法には、「前記スラリー調製工程で得られたスラリーを・・・加熱して溶剤に可溶性石炭成分を抽出する抽出工程」がある。抽出工程に供給されるスラリーは、抽出工程前に加熱（予熱）される。そこで、無灰炭取得工程で回収された溶剤（高温側流体）の熱エネルギーを

、抽出工程に供給されるスラリー（低温側流体）の加熱源とすることが考えられる。また、高温側流体による低温側流体の加熱は、熱交換器で行われることが考えられる。

[0005] しかし、熱交換器による熱交換では、高温側流体の熱交換器入口温度と、低温側流体の熱交換器出口温度と、には温度差を設ける必要がある。そのため、この熱交換では、無灰炭取得工程で回収された溶剤（高温側流体）が有する熱エネルギーの一部は、抽出工程に供給されるスラリー（低温側流体）に伝熱されない。

[0006] そこで本発明は、石炭と溶剤との熱交換およびスラリーと溶剤との熱交換を効率良く行うことにより、無灰炭の製造過程で発生する熱エネルギーを有効に利用できる、無灰炭の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の無灰炭の製造方法は、石炭と溶剤とを混合してスラリーを調製するとともに、前記スラリーに含まれる石炭の脱水および前記スラリーの昇温を行うスラリー調製工程と、前記スラリー調製工程で得られたスラリーを加熱して溶剤に可溶な石炭成分を抽出する抽出工程と、前記抽出工程で得られたスラリーを、溶剤に可溶な石炭成分を含む溶液と、溶剤に不溶な石炭成分が濃縮した固形分濃縮液とに分離する分離工程と、前記分離工程で分離された溶液から溶剤を蒸発分離して無灰炭を得る無灰炭取得工程と、前記無灰炭取得工程で蒸発分離された溶剤を循環させる循環工程と、を有する。前記スラリー調製工程は、前記循環工程で循環させられる溶剤液と、石炭と、を混合することで、スラリーの調製および石炭の脱水を行う調製脱水工程と、前記循環工程で循環させられる溶剤蒸気とスラリーとを混合することで、スラリーの調製および昇温を行う調製昇温工程と、を有する。

発明の効果

[0008] 上記構成により、石炭と溶剤との熱交換およびスラリーと溶剤との熱交換を効率良く行うことにより、無灰炭の製造過程で発生する熱エネルギーを有効に利用できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]無灰炭製造装置 1 の概略図である。

[図2]比較例の無灰炭製造装置 101 の概略図である。

発明を実施するための形態

[0010] 図 1 を参照して、無灰炭の製造方法、及び、無灰炭の製造方法が行われる無灰炭製造装置 1 について説明する。

[0011] 無灰炭製造装置 1 は、原料の石炭（単に「石炭」とも言う）から灰分を除去して無灰炭（H P C ; H y p e r - c o a l ）を製造する装置である。無灰炭製造装置 1 は、石炭・スラリー処理機器 11～37 と、循環路 41～46 と、循環路上機器 51～91 と、を備える。

[0012] 石炭・スラリー処理機器 11～37 は、石炭およびスラリー（後述）を処理するための機器である。石炭・スラリー処理機器 11～37 は、石炭供給ライン 11 と、蒸気排出装置 13 と、を備える。さらに、石炭・スラリー処理機器 11～37 は、無灰炭の製造工程の上流側から順に、スラリー調製機器 20 と、予熱器 31 と、抽出槽 33 と、分離装置 35 と、溶剤回収装置 37 と、を備える。

[0013] 石炭供給ライン 11 は、石炭をスラリー調製機器 20 に供給する（石炭供給工程）。石炭供給ライン 11 は、フィーダ等（図示なし）から、スラリー調製機器 20 の調製脱水槽 21（後述）に、石炭を供給する。この石炭は、例えば瀝青炭または低品位炭（褐炭、亜瀝青炭）である。瀝青炭は、抽出率（溶剤に抽出される石炭の可溶成分の割合）が低品位炭よりも高い。低品位炭は、瀝青炭よりも安価である。

[0014] 蒸気排出装置 13 は、石炭供給ライン 11 内にパージガスを流すことで、調製脱水槽 21（後述）で生じた蒸気を石炭供給ライン 11 内から排出する（蒸気排出工程）。上記パージガスは、石炭供給ライン 11 内で気体状態のガスであり、例えば窒素（パージ窒素）である。蒸気排出装置 13 は、石炭供給ライン 11 の閉塞の問題を抑制するために設けられる。上記「閉塞の問題」は次のように生じ得る。調製脱水槽 21（後述）で石炭の加熱および脱

水が行われる結果、蒸気が発生する。この蒸気の大部分は水蒸気であり、この蒸気の一部は溶剤蒸気（気体状態の溶剤）である。この蒸気が石炭供給ライン 11 内に入ると、この蒸気が冷却されて凝縮液となり、この凝縮液は石炭供給ライン 11 の内面に付着する。この凝縮液に石炭が付着すると、石炭供給ライン 11 を石炭が閉塞する（流路を狭くする、又は、流路を完全に塞ぐ）。このようにして、上記「閉塞の問題」が生じ得る。蒸気排出装置 13 は、バルブ 13 a と、パージガス供給装置 13 b と、を備える。

[0015] バルブ 13 a は、石炭供給ライン 11 上に配置される。バルブ 13 a の開閉により、石炭供給ライン 11 内を通る物質（石炭、蒸気、及びパージガス）の流れが制御される。バルブ 13 a は、石炭供給ライン 11 上に直列的に複数（例えば 2 つ）配置されることが好ましい。石炭供給ライン 11 上にバルブ 13 a が複数配置される場合は、1 つのみ配置される場合に比べ、石炭供給ライン 11 内に蒸気が入ることをより抑制できる。バルブ 13 a は、例えばロータリーバルブである。

[0016] パージガス供給装置 13 b は、石炭供給ライン 11 内にパージガスを供給する（パージガス供給工程）。バルブ 13 a が石炭供給ライン 11 上に直列的に 2 つ配置される場合、パージガス供給装置 13 b は、2 つのバルブ 13 a の間にパージガスを供給する。

[0017] スラリー調製機器 20 は、石炭と溶剤とを混合してスラリー（石炭－溶剤スラリー）を調製するとともに、スラリーの脱水および昇温を行う（スラリー調製工程）。

[0018] このスラリー調製機器 20 に供給される溶剤は、石炭を溶解させるものである。この溶剤は、抽出槽 33 で抽出される石炭の可溶成分の割合（抽出率）が高いものであることが好ましい。抽出率の観点から、この溶剤は、加熱状態でも安定であることが好ましく、石炭に対して大きな溶解力を持つ（石炭との親和性に優れている）ことが好ましい。この溶剤は、溶剤回収装置 37 での溶剤回収率が高いものであることが好ましい。溶剤回収率の観点から、この溶剤は、蒸留等の方法で容易に回収可能であることが好ましい。溶剤

の沸点は、抽出槽 33 及び分離装置 35 での圧力低減や抽出槽 33 での抽出率などの観点から、例えば 180～300℃が好ましく、230～280℃がより好ましい。この溶剤は、例えば石炭誘導体である。この溶剤は、主に石炭の乾留生成物から精製したものである。この溶剤は、例えば芳香族化合物を含む溶剤（芳香族溶剤）である。この溶剤の主な成分は 2 環芳香族である。この 2 環芳香族は例えば、ナフタレン、メチルナフタレン、ジメチルナフタレン、トリメチルナフタレン等である。この溶剤のその他の成分は、それぞれ脂肪族側鎖を有するナフタレン類、アントラセン類、フルオレン類、または、これらにビフェニルや長鎖脂肪族側鎖を付加したアルキルベンゼン等である。具体的には例えば、この溶剤は、メチルナフタレン油やナフタレン油などである。メチルナフタレン油やナフタレン油は、石炭を乾留してコークスを製造する際の副生油の蒸留油である。スラリー調製機器 20 は、調製脱水槽 21 と、調製昇温機器 23 と、を備える。

[0019] 調製脱水槽 21 は、溶剤液（液体状態の溶剤）と石炭とを混合することで、スラリーの調製および石炭の脱水を行う（調製脱水工程）。調製脱水槽 21 に供給される溶剤液は、循環路 41～46 の一部により循環させられる溶剤液である。調製脱水槽 21 に供給される石炭は、石炭供給ライン 11 から供給される。調製脱水槽 21 での溶剤液と石炭との混合は、例えば、調製脱水槽 21 内の溶剤液中に石炭が投入されることにより行われる。調製脱水槽 21 での溶剤液と石炭との混合により、スラリーが調製される。調製脱水槽 21 で調製されるスラリーの S/C（Slurry/Coal；乾燥状態の石炭の質量に対するスラリーの質量の比）は、例えば約 2.0 である。

[0020] この調製脱水槽 21 は、次のように石炭の脱水を行う。調製脱水槽 21 は、溶剤液と石炭とを混合することで、溶剤液と石炭とを直接接触させる。調製脱水槽 21 は、この直接接触により、溶剤液と石炭との間で直接的に熱交換を行わせる。調製脱水槽 21 は、この熱交換により石炭を昇温させ、石炭中の水分（石炭含有水）を蒸発させる。調製脱水槽 21 に供給される溶剤液の温度は、この脱水を行うのに必要な温度以上であり、溶剤の沸点未満であ

る。調製脱水槽 21 に供給される溶剤液の温度は、例えば 230℃以上、好ましくは 235℃以上であり、例えば 240℃以下である。調製脱水槽 21 に供給される溶剤液の温度は、図 1 に示す例では 237℃である（以下、温度の具体例については図 1 参照）。

[0021] 調製昇温機器 23 は、溶剤蒸気とスラリーとを混合することで、スラリーの調製および昇温を行う（調製昇温工程）。調製昇温機器 23 は、抽出槽 33 の入口濃度になるように、スラリーの濃度を調節する。抽出槽 33 の入口濃度は、予め設定される。調製昇温機器 23 と抽出槽 33 との間に、スラリーの濃度を調節するための機器を設ける必要はなく、無灰炭製造装置 1 にはこのような機器はない。調製昇温機器 23 で調製されるスラリーの S/C は、例えば約 4.0 である。調製昇温機器 23 は、スラリー調製機器 20 の次にスラリーが供給される機器（「スラリー調製後機器」とする）の入口温度までスラリーを昇温させる。「スラリー調製後機器」の入口温度は、予め設定される。「スラリー調製後機器」は、具体的には予熱器 31 であり、予熱器 31 が設けられない場合は抽出槽 33 である。調製昇温機器 23 と「スラリー調製後機器」と、の間にスラリーの温度を調節するための機器を設ける必要はなく、無灰炭製造装置 1 にはこのような機器はない。調製昇温機器 23 は、ベンチュリスクラバー 23a と、調製昇温槽 23b と、を備える。

[0022] ベンチュリスクラバー 23a は、溶剤蒸気とスラリーとを混合する（第 1 調製昇温工程）。ベンチュリスクラバー 23a に供給される溶剤蒸気は、循環路 41～46 の一部（詳細は後述）により循環させられる溶剤蒸気である。ベンチュリスクラバー 23a に供給されるスラリーは、調製脱水槽 21 から供給される。ベンチュリスクラバー 23a に供給されるスラリーは、調製脱水槽 21 で調製および脱水が行われた後のスラリーである。ベンチュリスクラバー 23a は、スラリーと溶剤蒸気とを混合することで、スラリーと溶剤蒸気とを直接接触させる。ベンチュリスクラバー 23a は、この直接接触により、溶剤蒸気とスラリーとの間で直接的に熱交換を行わせる。ベンチュリスクラバー 23a は、溶剤蒸気の潜熱を利用して（溶剤蒸気が凝縮する際

の発熱を利用して)、スラリーを加熱する。調製脱水槽 21 で石炭の脱水が完了していない場合は、ベンチュリスクラバー 23 a は、スラリーを加熱することでスラリー中の石炭の脱水を行う。ベンチュリスクラバー 23 a は、スラリーを微粒子状にするとともに、微粒子状スラリーと溶剤蒸気とを混合させる。ベンチュリスクラバー 23 a は、微粒子状スラリー及び溶剤蒸気の流速を増加させ、微粒子状スラリーと溶剤蒸気とにせん断力を生じさせることで、微粒子状スラリーと溶剤蒸気とを混合する。なお、ベンチュリスクラバー 23 a に代えて又は加えて、溶剤蒸気とスラリーとを混合するベンチュリスクラバー以外の装置(第1調製昇温装置)を用いてもよい。上記「ベンチュリスクラバー以外の装置」には、例えばスタティックミキサーがある。スタティックミキサーは、管の内部に配置されたエレメント(板をねじった形状の部材、スクリー状の部材)により、微粒子状スラリーと溶剤蒸気とを攪拌および混合する。

[0023] 調製昇温槽 23 b は、ベンチュリスクラバー 23 a で混合された混合物を、さらに混合する(第2調製昇温工程)。調製昇温槽 23 b は、この混合により、スラリーと溶剤とをさらに熱交換させる。調製昇温槽 23 b 内は、溶剤の気化(溶剤蒸気ロス)を抑制できるように加圧され、例えば 50 kPa G に加圧される。

[0024] 予熱器 31 は、調製昇温機器 23 で(スラリー調製機器 20 で)調製されたスラリーを、抽出槽 33 に供給される前に予め加熱する(予熱工程)。なお、予熱器 31 はなくてもよい。

[0025] 抽出槽 33 は、スラリー調製機器 20 で得られたスラリーを加熱して、溶剤に可溶な石炭成分(溶剤可溶成分)を抽出する(抽出工程)。抽出槽 33 は、石炭中の有機成分を抽出する。この抽出の詳細は次の通りである。抽出槽 33 に供給されたスラリーは、抽出槽 33 に設けられた攪拌機で攪拌されながら、所定温度(後述)に加熱保持される。これにより、スラリーから溶剤可溶成分が抽出される。ただし、抽出物には、溶剤可溶成分だけでなく、溶剤に不溶な成分(溶剤不溶成分)(例えば灰分など)も含まれる。

[0026] この抽出槽 33 でのスラリーの加熱温度は、溶剤可溶成分が溶剤に溶解できるような温度である。具体的には、スラリーの加熱温度は、例えば 300℃以上、好ましくは 360℃以上である。スラリーの加熱温度は、例えば 420℃以下、好ましくは 400℃以下である。スラリーの加熱温度が 300℃未満の場合、石炭の分子間の結合を弱めるには不十分であるため、溶剤可溶成分の溶剤への溶解量が低くなる。スラリーの加熱温度が 420℃を超える場合、石炭の熱分解反応が活発になり、生成した熱分解ラジカルの再結合が起こるため、溶剤可溶成分の抽出率が低下する。

[0027] この抽出槽 33 で行われる抽出は、不活性ガス（例えば安価な窒素が好ましい）の存在下で行われることが好ましい。この抽出を行うには、溶剤を液相に閉じ込める（溶剤を揮発させないようにする）必要がある。溶剤を液相に閉じ込めるには、抽出槽 33 内の圧力（溶剤およびスラリーに加えられる圧力、操作圧力）を、溶剤の蒸気圧より高くする必要がある。抽出槽 33 内の圧力は、抽出の際の温度や用いる溶剤の蒸気圧にもよるが、1.0～2.0 MPa が好ましい。

[0028] 分離装置 35 は、抽出槽 33 で得られたスラリーを、溶剤に可溶な石炭成分を含む溶液（溶液部、上澄み液、オーバーフロー）と、溶剤に不溶な石炭成分が濃縮した固形分濃縮液（アンダーフロー）とに分離する（分離工程）。この分離の方法は、例えば、重力沈降法、ろ過法、又は遠心分離法などである。重力沈降法は、スラリーを槽内に保持し、重力を利用して溶剤不溶成分を沈降させることで、溶液と固形分濃縮液とに分離する方式である。以下では分離装置 35 での分離が重力沈降法により行われる場合について説明する。分離装置 35 内は、保温（または加熱）、及び加圧される。この保温（または加熱）及び加圧は、石炭から溶出した溶剤可溶成分の再析出を防止するために行われる。分離装置 35 内の温度は、例えば 300～380℃である。分離装置 35 内の圧力は、例えば 1.0～3.0 MPa である。分離装置 35 は、例えば 2 段式（重力沈降槽の数が 2）である。2 段式の分離装置 35 は、第 1 重力沈降槽 35a と、第 2 重力沈降槽 35b とを備える。なお

、分離装置 35 は 1 段式（重力沈降槽の数が 1）でもよい。なお、分離装置 35 が、上澄み液と固形分濃縮液とを完全に分離するのが理想的であるが、上澄み液の一部に固形分（溶剤に不溶な石炭成分）が混入したり、固形分濃縮液の一部に上澄み液が混入したりする場合もある。

[0029] 溶剤回収装置 37 は、分離装置 35 で分離された溶液から溶剤を回収する。溶剤回収装置 37 は、分離装置 35 で分離された溶液から、無灰炭や副生炭（後述）を得るための装置である。溶剤回収装置 37 は、第 1 溶剤回収装置 37 a と、第 2 溶剤回収装置 37 b と、を備える。

[0030] 第 1 溶剤回収装置 37 a は、分離装置 35 で分離された溶液から溶剤を蒸発分離して無灰炭（HPC）を得るための装置（無灰炭取得工程を行うための装置）である。無灰炭は、水分が皆無であり、灰分をほとんど含まない炭である。無灰炭に含まれる灰分は、5 重量%以下であり、好ましくは 3 重量%以下である。無灰炭は、原料の石炭よりも発熱量が高く、着火性や燃え切り性が良いので、例えばボイラ等の高効率な燃料として用いられる。無灰炭は、原料の石炭よりも流動性（軟化熔融性）が高く、例えば製鉄用コークスの原料または原料の一部（配合炭）として用いられる。

[0031] この第 1 溶剤回収装置 37 a で行われる溶剤の蒸発分離の方法には、例えば蒸留法や蒸発法等がある。蒸発法には、例えばスプレードライ法などがある。蒸留法には、例えばフラッシュ蒸留法や薄膜蒸留法などがある。例えば、第 1 溶剤回収装置 37 a は、フラッシュ蒸留法を行うためのフラッシュ槽（フラッシャー）である。また例えば、第 1 溶剤回収装置 37 a は、薄膜蒸留法を行うための薄膜蒸留槽である。また例えば、第 1 溶剤回収装置 37 a は、フラッシュ槽と、薄膜蒸留槽（フラッシュ槽の例えば下流側に配置）と、を備える装置である。

[0032] （フラッシュ法）

フラッシュ法による溶剤の蒸発分離は、次のように行われる。フラッシュ槽内の圧力を、分離装置 35 内に比べ低圧（例えば 70 kPa G）にする。すると、分離装置 35 で分離された溶液は、フラッシュ槽内に噴き出る。そ

して、溶液中の溶剤が、溶液中から蒸発分離される。

[0033] (薄膜蒸留法)

薄膜蒸留法による溶剤の蒸発分離は、次のように行われる。分離装置 35 で分離された溶液が、薄膜蒸留槽内に導入される。そして、薄膜蒸留槽内に収容されたスクレーパ（ワイパーともいう）が、薄膜蒸留槽の内壁に蒸留対象（分離装置 35 で分離された溶液）の薄膜を形成することにより、連続蒸留が行われる。薄膜蒸留槽内の圧力は、例えば 0.1 MPa G である。薄膜蒸留槽で溶剤が適切に蒸発できるようにするために、薄膜蒸留槽の壁面が加熱される。薄膜蒸留槽の壁面の加熱は、例えばホットオイルにより行われ、また例えば電気ヒータにより行われる。薄膜蒸留槽の壁面の加熱がホットオイルにより行われる場合、薄膜蒸留槽の壁面の内側及び外側（また例えば内側及び外側のうち一方）に、ジャケット（被覆物）が設けられる。このジャケット内に、ホットオイルが流される。その結果、薄膜蒸留槽の壁面が加熱される。薄膜蒸留槽の壁面の加熱は、例えば次の場合に必要である。第 1 溶剤回収装置 37 a が、フラッシュ蒸留槽と、フラッシュ蒸留槽の下流側の薄膜蒸留槽とを備える場合がある。この場合、フラッシュ槽での蒸留により溶液の温度が低下する。そこで、薄膜蒸留槽で溶剤が適切に蒸発できるようにするために、薄膜蒸留槽の壁面の加熱が行われる。

[0034] 第 2 溶剤回収装置 37 b は、分離装置 35 で分離された固形分濃縮液から溶剤を蒸発分離して副生炭（RC ; Residue coal）（残渣炭ともいう）を得るための装置（副生炭取得工程を行うための装置）である。副生炭は、溶剤不溶成分（灰分など）が濃縮された炭であり、例えばコークスの原料の配合炭の一部として使用される。第 2 溶剤回収装置 37 b での溶剤の蒸発分離の方法には、第 1 溶剤回収装置 37 a での溶剤の蒸発分離の方法と同様に、蒸留法や蒸発法等がある。なお、第 2 溶剤回収装置 37 b は設けられなくてもよい。

[0035] 循環路 41～46 は、溶剤回収装置 37 等で蒸発分離された溶剤を循環させる（循環工程）。循環路 41～46 は、溶剤を再利用するための流路（配

管)である。循環路4 1～4 6は、第1循環路4 1と、第2循環路4 2と、第3循環路4 3と、第4循環路4 4と、第5循環路4 5と、第6循環路4 6と、を備える。

[0036] 第1循環路4 1は、第1溶剤回収装置3 7 aで蒸発分離された溶剤を、調製脱水槽2 1に循環させる(第1循環工程)。第1循環路4 1は、第1溶剤回収装置3 7 aの頂部から取り出された溶剤を、調製脱水槽2 1に導入する。

[0037] 第2循環路4 2は、第1溶剤回収装置3 7 aで蒸発分離された溶剤を、調製昇温機器2 3に循環させる(第2循環工程)。第2循環路4 2は、第1溶剤回収装置3 7 aで蒸発分離された溶剤を、ベンチュリスクラバー2 3 aに循環させる。第2循環路4 2は、第1溶剤回収装置3 7 aで蒸発分離された溶剤を、直接的に(熱回収や昇温を行うことなく)ベンチュリスクラバー2 3 aに循環させる。第2循環路4 2での配管圧損(例えば20 kPaG)と、ベンチュリスクラバー2 3 a内の操作圧力(例えば50 kPaG)と、の和は、第1溶剤回収装置3 7 a内の操作圧力(例えば70 kPaG)と等しい。そのため、第1溶剤回収装置3 7 a内の操作圧力は、ベンチュリスクラバー2 3 a内の操作圧力と第2循環路4 2での配管圧損との和に基づいて設定される。

[0038] 第3循環路4 3は、第1溶剤回収装置3 7 aで蒸発分離された溶剤を、分離装置3 5に循環させる(第3循環工程)。第3循環路4 3は、第1溶剤回収装置3 7 aで蒸発分離された溶剤を、第2重力沈降槽3 5 bに循環させる。第3循環路4 3から第2重力沈降槽3 5 bへの溶剤(高温溶剤凝縮液)の供給により、第2重力沈降槽3 5 bに必要な溶剤供給量が賄われる。

[0039] 第4循環路4 4は、第2溶剤回収装置3 7 bで蒸発分離された溶剤を、調製脱水槽2 1に循環させる(第4循環工程)。第4循環路4 4は、第2溶剤回収装置3 7 bの頂部から取り出された溶剤を、調製脱水槽2 1に導入する。なお、第2溶剤回収装置3 7 bから第4循環路4 4に導入される蒸気には、溶剤だけでなく窒素も含まれる。

- [0040] 第5循環路45は、スラリー調製機器20で発生した蒸気を、調製脱水槽21に循環させる（第5循環工程）。スラリー調製機器20で発生した蒸気は、溶剤と水とを含み、溶剤よりも水を多く含む。第5循環路45は、調製脱水槽21で発生した蒸気を、調製脱水槽21に循環させる。第5循環路45は、調製昇温槽23bで発生した蒸気を、調製脱水槽21に循環させる。なお、図1においてスラリー調製機器20の上方に記載の「A」部分と、同図において冷却器81の左方に記載の「A」部分とはつながっている。
- [0041] 第6循環路46は、抽出槽33で発生した溶剤蒸気を、調製脱水槽21に循環させる（第6循環工程）。
- [0042] 循環路上機器51～91は、循環路41～46上（第2循環路42上を除く）に配置される機器である。循環路上機器51～91には次の機器がある。第1循環路41上に配置される機器には、回収溶剤槽51がある。第3循環路43上に配置される機器には、上流側から順に、排熱回収ボイラ61、熱交換器63、及び予熱器65がある。第4循環路44上に配置される機器には、上流側から順に、バグフィルタ71、排熱回収ボイラ73、冷却器75、熱交換器77、及び回収溶剤槽51がある。第5循環路45上に配置される機器には、上流側から順に、冷却器81、油水分離槽83、熱交換器77、及び回収溶剤槽51がある。第6循環路46上に配置される機器には、上流側から順に、オイル昇温器91、熱交換器63、熱交換器77、油水分離槽83、熱交換器77、及び回収溶剤槽51がある。
- [0043] 回収溶剤槽51は、調製脱水槽21に供給するための溶剤液を調製する（溶剤液調製工程）。回収溶剤槽51に供給される溶剤は、第1循環路41を通る溶剤（溶剤蒸気）であり、さらに詳しくは第1溶剤回収装置37aで蒸発分離された溶剤蒸気である。第1溶剤回収装置37aで蒸発分離された溶剤蒸気は、直接的に（熱回収や昇温が行われることなく）回収溶剤槽51に供給される。また、回収溶剤槽51に供給される溶剤は、第4循環路44、第5循環路45、及び第6循環路46を流れる溶剤であり、さらに詳しくは、熱交換器77（後述）での熱交換後の溶剤液である。

[0044] 排熱回収ボイラ 61 は、第 3 循環路 43 を流れる溶剤の熱を回収する（第 3 循環路排熱回収工程）。排熱回収ボイラ 61 に供給される溶剤は、第 3 循環路 43 を通る溶剤（溶剤蒸気）であり、さらに詳しくは第 1 溶剤回収装置 37a で蒸発分離された溶剤蒸気である。第 1 溶剤回収装置 37a で蒸発分離された溶剤蒸気は、直接的に排熱回収ボイラ 61 に供給される。排熱回収ボイラ 61 は、排熱回収ボイラ 61 に供給された溶剤の熱エネルギーを利用して、飽和蒸気（スチーム）を製造する。排熱回収ボイラ 61 は、排熱回収ボイラ 61 に供給された溶剤蒸気の温度を低下させ、この溶剤蒸気を凝縮させる。排熱回収ボイラ 61 は、例えば 2.2 MPa G の飽和蒸気を、例えば 19.30 t/h 製造する。なお、排熱回収ボイラ 61 を、ボイラ以外の排熱回収装置に代えてもよい。ボイラ以外の排熱回収装置に代えてもよい点は、後述する排熱回収ボイラ 73 等についても同様である。ボイラ以外の排熱回収装置には、例えばホットオイルを加熱するための装置（後述するオイル昇温器 91 参照）などがある。

[0045] 熱交換器 63 は、第 3 循環路 43 を流れる溶剤を昇温させる（第 3 循環路昇温工程）。熱交換器 63 に供給される低温側流体（昇温させられる側の流体）は、第 3 循環路 43 を流れる溶剤であり、さらに詳しくは排熱回収ボイラ 61 での熱交換後の溶剤液である。熱交換器 63 に供給される高温側流体（昇温させる側の流体）は、第 6 循環路 46 を流れる溶剤であり、さらに詳しくはオイル昇温器 91（後述）での熱回収後の溶剤（溶剤蒸気）である。

[0046] 予熱器 65 は、第 3 循環路 43 を流れる溶剤を、分離装置 35 に供給される前に、予め加熱する（第 3 循環路予熱工程）。予熱器 65 に供給される溶剤は、熱交換器 63 での熱交換後の溶剤（溶剤液）である。予熱器 65 は、分離装置 35（第 2 重力沈降槽 35b）での必要温度まで、溶剤を昇温させる。

[0047] バグフィルタ 71 は、第 4 循環路 44 を流れる溶剤等をろ過する（ろ過工程）。バグフィルタ 71 に供給される溶剤は、第 2 溶剤回収装置 37b で蒸発分離された溶剤（溶剤蒸気）である。

[0048] 排熱回収ボイラ 73 は、第 4 循環路 44 を流れる溶剤の熱を回収する（第 4 循環路排熱回収工程）。排熱回収ボイラ 73 に供給される溶剤は、バグフィルタ 71 でろ過が行われた溶剤（溶剤蒸気）である。排熱回収ボイラ 73 は、溶剤の熱エネルギーを利用して、飽和蒸気を製造する。排熱回収ボイラ 73 は、例えば 0.70 MPa G の飽和蒸気を、例えば 6.03 t/h 製造する。

[0049] 冷却器 75 は、第 4 循環路 44 を流れる溶剤を冷却する（第 4 循環路冷却工程）。冷却器 75 は、例えば冷却水を用いて溶剤を冷却する。冷却器 75 に供給される溶剤は、排熱回収ボイラ 73 で熱回収された溶剤（溶剤蒸気）である。冷却器 75 は、冷却器 75 に供給された溶剤蒸気を冷却して凝縮させる。

[0050] 熱交換器 77 は、第 4 循環路 44 を流れる溶剤を昇温させる（第 4 循環路昇温工程）。熱交換器 77 は、第 5 循環路 45 を流れる溶剤を昇温させる（第 5 循環路昇温工程）。熱交換器 77 は、第 6 循環路 46 を流れる溶剤を昇温させる（第 6 循環路昇温工程）。熱交換器 77 に供給される低温側流体は、第 4 循環路 44 を流れる溶剤であり、さらに詳しくは冷却器 75 での冷却後の溶剤（溶剤液）である。熱交換器 77 に供給される低温側流体は、第 5 循環路 45 及び第 6 循環路 46 を流れる溶剤であり、さらに詳しくは、油水分離槽 83（後述）での油水分離後の溶剤（溶剤液）である。熱交換器 77 に供給される高温側流体は、第 6 循環路 46 を流れる溶剤であり、さらに詳しくは、熱交換器 63 での熱交換後、油水分離槽 83 での油水分離前の溶剤（溶剤蒸気）である。

[0051] 冷却器 81 は、第 5 循環路 45 を流れる蒸気（上述したように溶剤と水とを含む蒸気）を冷却する（第 5 循環路冷却工程）。冷却器 81 は、例えば冷却水を用いて蒸気を冷却する。冷却器 81 は、蒸気を冷却して凝縮させる。

[0052] 油水分離槽 83 は、第 5 循環路 45 等を流れる流体から、溶剤（油）と水とを分離する（油水分離工程）。油水分離槽 83 に供給される流体は、第 5 循環路 45 を流れる流体であり、さらに詳しくは冷却器 81 での冷却後の液

体である。油水分離槽 83 に供給される流体は、第 6 循環路 46 を流れる流体であり、さらに詳しくは熱交換器 77 での熱交換後の溶剤（溶剤液）である。油水分離槽 83 で分離された水は、廃水（WW ; waste water）として油水分離槽 83 から排出される。

[0053] オイル昇温器 91 は、第 6 循環路 46 を流れる溶剤（溶剤蒸気）の熱エネルギーを利用して、ホットオイルを昇温させる（オイル昇温工程）。オイル昇温器 91 に供給される溶剤は、抽出槽 33 で発生した溶剤蒸気である。オイル昇温器 91 が昇温させたホットオイルは、他の工程の熱源として利用される。このホットオイルは、例えば、溶剤回収装置 37 の熱源として利用される。このホットオイルは、例えば、上述したように溶剤回収装置 37 の薄膜蒸留槽の壁面の加熱に用いられる。なお、オイル昇温器 91 を、ホットオイルを昇温させる装置以外の排熱回収装置（例えばボイラ等）に代えてもよい。

[0054] （比較例の無灰炭製造装置 101）

後述する「ユーティリティ量の比較」の比較等を行うために、図 2 に示す比較例の無灰炭製造装置 101 について説明する。無灰炭製造装置 101 と無灰炭製造装置 1（図 1 参照）との相違点（ユーティリティ量の比較に影響のある相違点）は次の [相違 a] ～ [相違 e] の通りである。なお、無灰炭製造装置 101 と無灰炭製造装置 1（図 1 参照）とで共通する構成には同一の符号を付した。

[0055] [相違 a]

図 1 に示す無灰炭製造装置 1 は、調製脱水槽 21 と、調製昇温機器 23 と、を備える。これらに代えて、図 2 に示す無灰炭製造装置 101 は、上流側から順に、スラリー調製槽 121 と、脱水槽 122 と、昇温槽 123 と、を備える。スラリー調製槽 121 は、石炭と溶剤とを混合してスラリーを調製する。脱水槽 122 は、スラリー調製槽 121 で調製されたスラリー中の石炭を脱水する。昇温槽 123 は、脱水槽 122 での脱水後のスラリーを昇温させる。

[0056] [相違 b]

図 1 に示す無灰炭製造装置 1 は、石炭供給ライン 11 上に蒸気排出装置 13 を備えるが、図 2 に示す無灰炭製造装置 101 は、蒸気排出装置 13（図 1 参照）を備えない。そのため、石炭供給ライン 11 の「閉塞の問題」（上述）を蒸気排出装置 13 で抑制できない。そこで、スラリー調製槽 121 での石炭中水分の蒸発を避けるために、スラリー調製槽 121 に供給される溶剤が冷やされる（例えば 107℃）。具体的には、以下の [相違 c] ～ [相違 e] の構成や工程により溶剤が冷却される。

[0057] [相違 c]

無灰炭製造装置 101 は、第 1 循環路 141 を備える。第 1 循環路 141 は、図 1 に示す無灰炭製造装置 1 の第 1 循環路 41 及び第 2 循環路 42 に対応する流路である。図 2 に示す第 1 循環路 141 は、第 1 溶剤回収装置 37a で蒸発分離された溶剤蒸気を、スラリー調製槽 121 に供給するための流路である。第 1 循環路 141 上には、上流側から順に、脱水槽 122、及び昇温槽 123 が配置される。第 1 循環路 141 は、第 1 溶剤回収装置 37a で蒸発分離された溶剤（溶剤蒸気）を、脱水槽 122 および昇温槽 123 に流す。これにより、第 1 循環路 141 を流れる溶剤と、脱水槽 122 内および昇温槽 123 内のスラリーと、が間接的に熱交換を行う。すなわち、脱水槽 122 および昇温槽 123 でのスラリーの脱水および昇温の加熱源として、第 1 溶剤回収装置 37a で蒸発分離された溶剤蒸気の熱エネルギーが用いられる。

[0058] [相違 d]

無灰炭製造装置 101 は、排熱回収ボイラ 153 と、冷却器 155 と、を備える。排熱回収ボイラ 153 及び冷却器 155 は、第 1 循環路 141 に配置される。排熱回収ボイラ 153 は、昇温槽 123 での熱交換後の溶剤（溶剤液）の熱エネルギーを利用して飽和蒸気を製造する。排熱回収ボイラ 153 は、0.50MPaG の飽和蒸気を、8.18t/h 製造する。冷却器 155 は、排熱回収ボイラ 153 での熱回収後の溶剤（溶剤液）を、冷却水を

用いて冷却する。

[0059] [相違 e]

無灰炭製造装置 101 は、排熱回収ボイラ 193 と、冷却器 195 と、を備える。排熱回収ボイラ 193 及び冷却器 195 は、第 6 循環路 46 上に配置される。無灰炭製造装置 101 では、第 6 循環路 46 は、抽出槽 33 で発生した蒸気を、スラリー調製槽 121 に循環させる。排熱回収ボイラ 193 は、オイル昇温器 91 でホットオイルを昇温させた後の溶剤（溶剤蒸気）の熱エネルギーを利用して飽和蒸気を製造する。排熱回収ボイラ 193 は、0.5 MPa G の飽和蒸気を、1.72 t/h 製造する。冷却器 195 は、排熱回収ボイラ 193 での熱回収後の溶剤（溶剤液）を、冷却水を用いて冷却する。なお、無灰炭製造装置 101 の排熱回収ボイラ 73 は、0.50 MPa G の飽和蒸気を、6.88 t/h 製造する。

[0060] (ユーティリティ量の比較)

比較例の無灰炭の製造方法（無灰炭製造装置 101 を用いた場合）に対する、本実施形態の無灰炭の製造方法（図 1 に示す無灰炭製造装置 1 を用いた場合）のユーティリティ量を次に示す。

- ・ 飽和蒸気発生量：約 50% 増加
- ・ 冷却水使用量：約 30 wt% 削減

[0061] (飽和蒸気発生量)

図 1 に示す無灰炭製造装置 1 での飽和蒸気発生量は、排熱回収ボイラ 61 及び排熱回収ボイラ 73 が製造する飽和蒸気の合計量である。図 2 に示す無灰炭製造装置 101 での飽和蒸気発生量は、排熱回収ボイラ 153、排熱回収ボイラ 193、及び排熱回収ボイラ 73 が製造する飽和蒸気の合計量である。上記比較結果から、図 1 に示す無灰炭製造装置 1 を用いた場合は、比較例に比べ、排熱回収ボイラで回収可能な蒸気量を増加させることができることが分かる。

[0062] (冷却水使用量)

無灰炭製造装置 1 での冷却水使用量は、冷却器 75 及び冷却器 81 での冷

却水使用量の合計量である。図2に示す無灰炭製造装置101での冷却水使用量は、冷却器155、冷却器195、及び冷却器75での冷却水使用量の合計量である。上記比較結果から、図1に示す無灰炭製造装置1を用いた場合は、比較例に比べ、冷却器で使用する冷却水の使用量を削減できることがわかる。その結果、比較例に比べて無灰炭製造装置1のランニングコストを低減できる。

[0063] (効果)

次に、本実施形態の無灰炭の製造方法による効果を説明する。以下では、各工程を行うために用いられる機器（各工程に対応する機器）を、工程の名称の後に括弧を付して示す。

[0064] (効果1)

無灰炭の製造方法（無灰炭製造装置1）は、スラリー調製工程（スラリー調製機器20）と、抽出工程（抽出槽33）と、分離工程（分離装置35）と、無灰炭取得工程（第1溶剤回収装置37a）と、循環工程（第1循環路41，第2循環路42）と、を有する。スラリー調製工程（スラリー調製機器20）は、石炭と溶剤とを混合してスラリーを調製するとともにスラリーの脱水および昇温を行う工程である。抽出工程（抽出槽33）は、スラリー調製工程（スラリー調製機器20）で得られたスラリーを加熱して溶剤に可溶性石炭成分を抽出する工程である。分離工程（分離装置35）は、抽出工程（抽出槽33）で得られたスラリーを、溶剤に可溶性石炭成分を含む溶液と、溶剤に不溶性石炭成分が濃縮した固形分濃縮液とに分離する工程である。無灰炭取得工程（第1溶剤回収装置37a）は、分離工程（分離装置35）で分離された溶液から溶剤を蒸発分離して無灰炭を得る工程である。循環工程（第1循環路41，第2循環路42）は、無灰炭取得工程（第1溶剤回収装置37a）で蒸発分離された溶剤を循環させる工程である。スラリー調製工程（スラリー調製機器20）は、調製脱水工程（調製脱水槽21）と、調製昇温工程（調製昇温機器23）と、を有する。

[構成1-1]

調製脱水工程（調製脱水槽 2 1）は、循環工程（第 1 循環路 4 1）で循環させられる溶剤液と、石炭と、を混合することで、スラリーの調製および石炭の脱水を行う工程である。

[構成 1 - 2]

調製昇温工程（調製昇温機器 2 3）は、循環工程（第 2 循環路 4 2）で循環させられる溶剤蒸気とスラリーとを混合することで、スラリーの調製および昇温を行う工程である。

[0065] 上記 [構成 1 - 1] の調製脱水工程（調製脱水槽 2 1）では、溶剤と石炭との混合が行われる。この混合により溶剤と石炭とが直接接触するので、溶剤と石炭とで直接的に熱交換が行われる。また、上記 [構成 1 - 2] の調製昇温工程（調製昇温機器 2 3）では、溶剤とスラリーとの混合が行われる。この混合により、溶剤とスラリーとが直接接触するので、溶剤とスラリーとで直接的に熱交換が行われる。これらの直接的な熱交換は、間接的な熱交換（例えば熱交換器を用いた熱交換）に比べ、効率が良い。具体的には例えば、熱交換器を用いた熱交換では、高温側流体（昇温させる側の流体）の熱交換器入口温度と、低温側流体（昇温させられる側の流体）の熱交換器出口温度と、には温度差を設ける必要がある。一方、上記 [構成 1 - 1] 及び [構成 1 - 2] で行われる直接的な熱交換では、上記の温度差をゼロとみなすことができる。よって、石炭と溶剤との熱交換、及び、スラリーと溶剤との熱交換を効率良く行える（この作用を [作用 1 - 1] とする）。

[0066] さらに、上記 [構成 1 - 1] の調製脱水工程（調製脱水槽 2 1）では、溶剤液（液体）と石炭（固体）とが混合される。溶剤液（液体）と石炭（固体）との熱交換は、溶剤蒸気（気体）と石炭（固体）との熱交換に比べ、効率が良い。また、上記 [構成 1 - 2] の調製昇温工程（調製昇温機器 2 3）では、溶剤蒸気（気体）とスラリー（固体と液体との混合物）とが混合される。溶剤蒸気（気体）とスラリー（固体と液体との混合物）との熱交換は、溶剤蒸気（気体）と石炭（固体）との熱交換に比べ、効率が良い。よって、上記 [構成 1 - 1] 及び [構成 1 - 2] により、石炭と溶剤との熱交換、及び

、スラリーと溶剤との熱交換を効率良く行える（この作用を〔作用１－２〕とする）。上記〔作用１－１〕と〔作用１－２〕とにより、無灰炭の製造過程で発生する熱エネルギーを有効に利用できる。

[0067] （効果２）

〔構成２〕

調製昇温工程（調製昇温機器２３）は、抽出工程（抽出槽３３）の入口濃度であって予め設定された入口濃度になるように、スラリーの濃度を調節する。

[0068] 上記〔構成２〕により、調製昇温工程後かつ抽出工程前に（調製昇温機器２３と抽出槽３３との間で）スラリーの濃度を調節する必要が無い。よって、抽出工程後かつ抽出工程前にスラリーの濃度を調節するための機器を設ける必要がある場合に比べ、機器数を削減できる。その結果、無灰炭の製造方法を行う設備（無灰炭製造装置１）の設備コストを削減できる。

[0069] （効果３）

〔構成３〕

調製昇温工程（調製昇温機器２３）は、スラリー調製工程（スラリー調製機器２０）の次に行われる工程（例えば予熱器３１）の入口温度であって予め設定された入口温度まで、スラリーを昇温させる。

[0070] 上記〔構成３〕により、調製昇温工程後、かつ、スラリー調製工程の次に行われる工程の前に（調製昇温機器２３と、例えば予熱器３１との間で）、スラリーの温度を調節する必要が無い。よって、調製昇温工程後、かつ、スラリー調製工程の次に行われる工程の前に、スラリーの温度を調節するための機器を設ける必要がある場合に比べ、機器数を削減できる。その結果、無灰炭の製造方法を行う設備（無灰炭製造装置１）の設備コストを削減できる。

[0071] （効果４）

〔構成４〕

調製昇温工程（調製昇温機器２３）における溶剤蒸気とスラリーとの混合

は、ベンチュリスクラバー 23 a により行われる。

[0072] 上記 [構成 4] のベンチュリスクラバー 23 a では、溶剤蒸気（気体）とスラリー（固体と液体との混合物）との混合を確実に行える。よって、溶剤蒸気とスラリーとの熱交換をより効率良く行える。

[0073] （効果 5）

無灰炭の製造方法（無灰炭製造装置 1）は、石炭供給工程（石炭供給ライン 11）と、蒸気排出工程（蒸気排出装置 13）と、を有する。石炭供給工程（石炭供給ライン 11）は、スラリー調製工程に用いられる（スラリー調製機器 20 に供給される）石炭を石炭供給ライン 11 により供給する工程である。

[構成 5]

蒸気排出工程（蒸気排出装置 13）は、石炭供給ライン 11 内にパージガスを流すことで、調製脱水工程（調製脱水槽 21）で生じた蒸気を石炭供給ライン 11 内から排出する工程である。

[0074] 上記 [構成 5] により、石炭供給ライン 11 内の蒸気が凝縮液となることを抑制できる。よって、この凝縮液に石炭が付着することによる、石炭供給ライン 11 の閉塞を抑制できる。また、上記 [構成 5] により石炭供給ライン 11 内の蒸気が凝縮液となることを抑制できるので、調製脱水工程（調製脱水槽 21）での蒸気の発生を防ぐ必要が無い。よって、調製脱水工程（調製脱水槽 21）に供給される溶剤を、調製脱水工程（調製脱水槽 21）で蒸気が発生しない程度まで冷却する必要が無い。よって、この冷却を行うための冷却器（例えば図 2 の冷却器 155）を設ける必要がある場合に比べ、機器数（又は機器の規模）を削減できる。その結果、無灰炭の製造方法を行う設備（無灰炭製造装置 1）の設備コストを削減できる。

[0075] （変形例）

上記実施形態は様々に変形できる。例えば、図 1 に溶剤やスラリーの温度を例示した。しかし、溶剤やスラリーの温度を図 1 に例示した温度とは異なる温度としてもよい。

[0076] また例えば、図 1 において実線の矢印と一点鎖線の矢印とで、溶剤の状態（溶剤液、溶剤蒸気）を区別して示した。しかし、溶剤の状態を、図 1 に示した状態とは異なる状態としてもよい。但し、調製脱水槽 21 に供給される溶剤は溶剤液であり、ベンチュリスクラバー 23a 供給される溶剤は溶剤蒸気である。

[0077] また例えば、各工程の順序（各機器の接続の順序）や、各工程（各機器）の有無は、適宜変更してもよい。〔例 1〕第 3 循環路 43、第 4 循環路 44、第 5 循環路 45、第 6 循環路 46、及びこれらの循環路上に配置される機器の、全部または一部はなくてもよい。〔例 2〕第 6 循環路 46 を流れる溶剤は、熱交換器 77 で熱交換された後、油水分離槽 83 に供給された。しかし、第 6 循環路 46 を流れる溶剤は、熱交換器 77 で熱交換された後、冷却器 81 に供給されてもよい。

[0078] また例えば、図 2 に示す比較例の無灰炭製造装置 101 の一部または全部の構成を、図 1 に示す無灰炭製造装置 1 の一部または全部の構成と、組み合わせてもよく、置換してもよい。具体的には例えば、図 2 に示す第 6 循環路 46 上の排熱回収ボイラ 193 を、図 1 に示す無灰炭製造装置 1 の第 6 循環路 46 上に配置してもよい。

[0079] 本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。本出願は、2013 年 12 月 25 日出願の日本特許出願（特願 2013-267439）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0080] 本発明によれば、石炭と溶剤との熱交換およびスラリーと溶剤との熱交換を効率良く行うことにより、無灰炭の製造過程で発生する熱エネルギーを有効に利用でき、安価に無灰炭を製造することができる。

符号の説明

[0081] 1 無灰炭製造装置

- 1 1 石炭供給ライン
- 1 3 蒸気排出装置
- 2 0 スラリー調製機器
- 2 1 調製脱水槽
- 2 3 調製昇温機器
- 2 3 a ベンチュリスクラバー
- 3 3 抽出槽
- 3 5 分離装置
- 3 7 溶剤回収装置
- 4 1 ～ 4 6 循環路

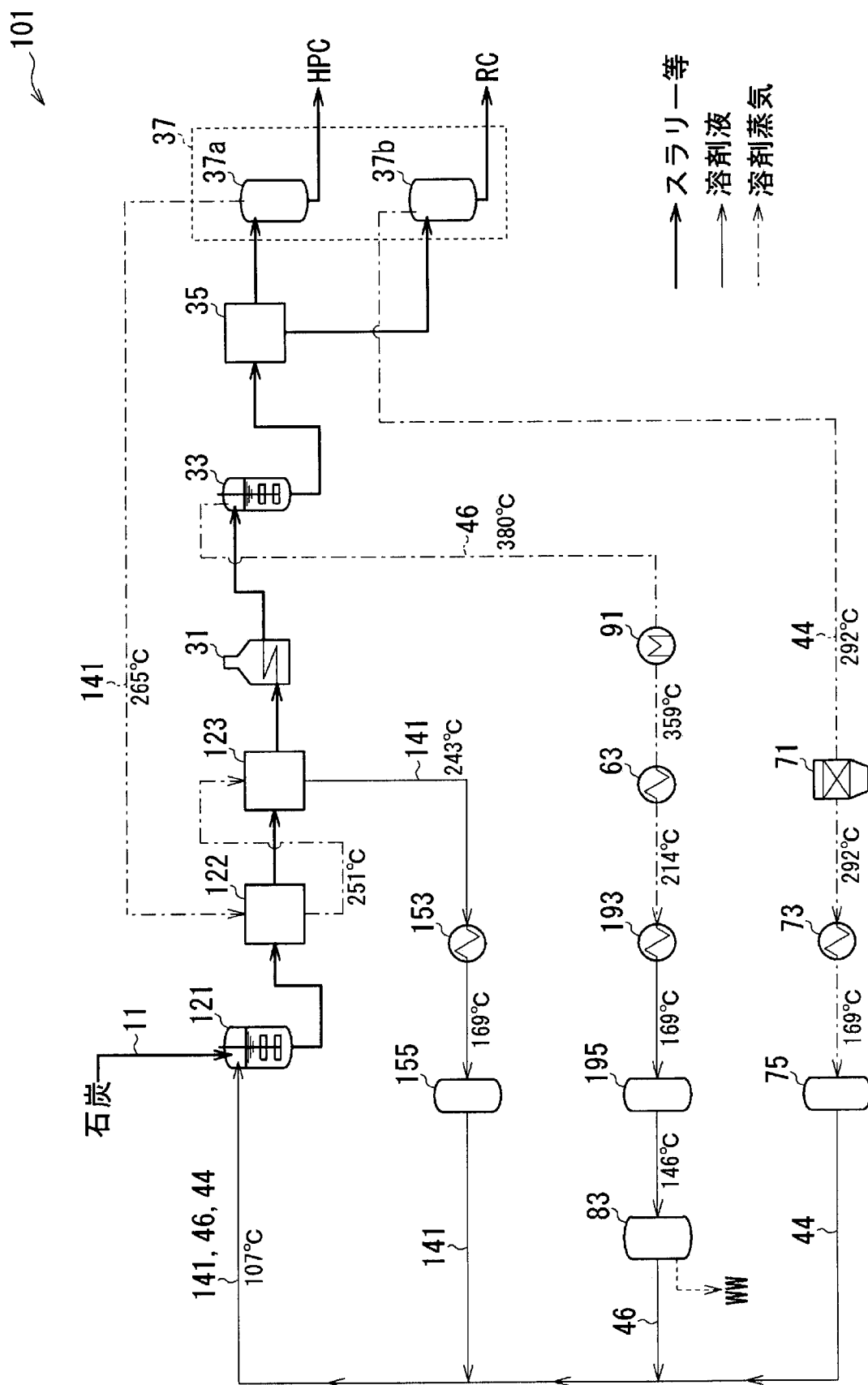
請求の範囲

- [請求項1] 石炭と溶剤とを混合してスラリーを調製するとともに、前記スラリーに含まれる石炭の脱水および前記スラリーの昇温を行うスラリー調製工程と、
- 前記スラリー調製工程で得られた前記スラリーを加熱して前記溶剤に可溶性石炭成分を抽出する抽出工程と、
- 前記抽出工程で得られた前記スラリーを、前記溶剤に可溶性前記石炭成分を含む溶液と、前記溶剤に不溶性前記石炭成分が濃縮した固形分濃縮液とに分離する分離工程と、
- 前記分離工程で分離された溶液から前記溶剤を蒸発分離して無灰炭を得る無灰炭取得工程と、
- 前記無灰炭取得工程で蒸発分離された前記溶剤を循環させる循環工程と、
- を有し、
- 前記スラリー調製工程は、
- 前記循環工程で循環させられる溶剤液と、前記石炭と、を混合することで、前記スラリーの調製および前記石炭の脱水を行う調製脱水工程と、
- 前記循環工程で循環させられる溶剤蒸気と前記スラリーとを混合することで、前記スラリーの調製および昇温を行う調製昇温工程と、
- を有する、無灰炭の製造方法。
- [請求項2] 前記調製昇温工程は、前記抽出工程の入口濃度であって予め設定された前記入口濃度になるように、前記スラリーの濃度を調節する、
- 請求項1に記載の無灰炭の製造方法。
- [請求項3] 前記調製昇温工程は、前記スラリー調製工程の次に行われる工程の入口温度であって予め設定された前記入口温度まで、前記スラリーを昇温させる、
- 請求項1または2に記載の無灰炭の製造方法。

[請求項4] 前記調製昇温工程における前記溶剤蒸気と前記スラリーとの混合は、ベンチュリスクラバーにより行われる、
請求項1に記載の無灰炭の製造方法。

[請求項5] 前記スラリー調製工程に用いられる前記石炭を石炭供給ラインにより供給する石炭供給工程と、
前記石炭供給ライン内にパージガスを流すことで、前記調製脱水工程で生じた蒸気を前記石炭供給ライン内から排出する蒸気排出工程と、
を有する請求項1に記載の無灰炭の製造方法。

[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/082579

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C10L5/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C10L5/00-7/04, C10L9/00-11/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-249360 A (Kobe Steel, Ltd.), 12 December 2013 (12.12.2013), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2012-172076 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 10 September 2012 (10.09.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2010-83907 A (Kobe Steel, Ltd.), 15 April 2010 (15.04.2010), entire text; all drawings & WO 2010/035651 A1 & KR 10-2011-0047264 A & CN 102165049 A	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
05 February 2015 (05.02.15)

Date of mailing of the international search report
17 February 2015 (17.02.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/082579

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-120185 A (Kobe Steel, Ltd.), 12 May 2005 (12.05.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C10L5/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C10L5/00-7/04, C10L9/00-11/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-249360 A（株式会社神戸製鋼所） 2013.12.12, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2012-172076 A（三菱重工業株式会社） 2012.09.10, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 5 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

相澤 啓祐

4 V

4 0 3 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 8 3

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-83907 A (株式会社神戸製鋼所) 2010.04.15, 全文、全図 & WO 2010/035651 A1 & KR 10-2011-0047264 A & CN 102165049 A	1-5
A	JP 2005-120185 A (株式会社神戸製鋼所) 2005.05.12, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5