

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-55892

(P2019-55892A)

(43) 公開日 平成31年4月11日(2019.4.11)

(51) Int.Cl.

C O 1 B 3/38 (2006.01)

C O 1 B 3/50 (2006.01)

F I

C O 1 B 3/38

C O 1 B 3/50

テーマコード (参考)

4 G 1 4 0

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2017-180507 (P2017-180507)
 (22) 出願日 平成29年9月20日 (2017. 9. 20)

(71) 出願人 000220262
 東京瓦斯株式会社
 東京都港区海岸1丁目5番20号
 (74) 代理人 110001519
 特許業務法人太陽国際特許事務所
 (72) 発明者 江口 晃平
 東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内
 (72) 発明者 大橋 雅史
 東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内
 (72) 発明者 馬場 好孝
 東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内

最終頁に続く

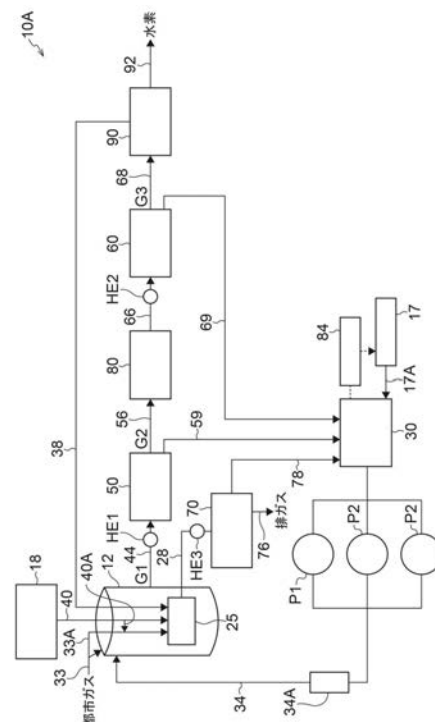
(54) 【発明の名称】 水素製造装置

(57) 【要約】

【課題】改質ガスを含む改質器より送出されたガスから除去された水を効果的に利用する。

【解決手段】水素製造装置10Aは、炭化水素原料を水蒸気改質して水素を主成分とした改質ガスを生成する多重筒型改質器12と、多重筒型改質器12から送出される改質ガスから水を分離する昇圧前水分離部50と、昇圧前水分離部50で分離された水を改質水として多重筒型改質器12へ戻す改質用水供給管34と、外部から多重筒型改質器12へ水を供給する外部水供給部17と、改質ガスを不純物と水素とに分離して水素を精製する水素精製器90と、を備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

炭化水素原料を水蒸気改質して水素を主成分とした改質ガスを生成する改質器と、
前記改質器から送出されるガスから水を分離する水分離部と、
前記水分離部で分離された水を改質水として前記改質器へ戻す水戻し路と、
外部から前記改質器へ水を供給する外部水供給部と、
前記改質ガスを不純物と水素とに分離して水素を精製する水素精製器と、
を備える水素製造装置。

【請求項 2】

前記水分離部は、前記改質ガスから水を分離する改質ガス水分離部を備えている、請求項 1 に記載の水素製造装置。 10

【請求項 3】

前記改質器と前記水素精製器の間に、前記改質器で生成された改質ガスを圧縮する圧縮機、を備えた請求項 1 または請求項 2 に記載の水素製造装置。

【請求項 4】

前記水分離部は、前記圧縮機よりも上流側に配置された昇圧前水分離部を備えている、請求項 3 に記載の水素製造装置。

【請求項 5】

前記水分離部は、前記圧縮機よりも下流側に配置された昇圧後水分離部を備えている、請求項 3 または請求項 4 に記載の水素製造装置。 20

【請求項 6】

前記改質器は、燃焼ガスを燃焼させる燃焼部を有し、前記水分離部は、該燃焼部から排出される燃焼排ガスから水を分離する燃焼排ガス水分離部を備えている、請求項 1 ～請求項 5 のいずれか 1 項に記載の水素製造装置。

【請求項 7】

前記水戻し路は、互いに並列に配置された複数のポンプを有し、前記複数のポンプのうちの少なくとも 1 つを作動させて前記水分離部で分離された水を前記改質器へ供給する、請求項 1 ～請求項 6 のいずれか 1 項に記載の水素製造装置。

【請求項 8】

前記水戻し路には、前記水分離部で分離された水の量を検出する水量検出部が設けられ、前記水量検出部で検出された水量に基づいて、前記外部水供給部から前記改質器へ新たに水を供給する、請求項 1 ～請求項 7 のいずれか 1 項に記載の水素製造装置。 30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水素製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、水素を得るための水素製造装置としては、原料炭化水素を水蒸気改質装置で改質ガスに改質した後、PSA (Pressure Swing Adsorption) 装置へ供給するものが知られている (例えば、特許文献 1 参照)。特許文献 1 の水素製造装置では、改質ガスから水蒸気を減少させるために、改質ガスを冷却して除湿するチラーが用いられている。このように、改質ガスに含まれている水蒸気を除去することにより、その後の工程である昇圧において改質ガスの流量が減少し、水素製造装置を稼働させるための動力も小さく抑えることができる。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2017-88490 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このように、改質ガスから水を除去した場合、除去された水の処理が問題となる。本発明の課題は、改質ガスを含む改質器より送出されたガスから除去された水を効果的に利用することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項1に係る水素製造装置は、炭化水素原料を水蒸気改質して水素を主成分とした改質ガスを生成する改質器と、前記改質器から送出されるガスから水を分離する水分離部と、前記水分離部で分離された水を改質水として前記改質器へ戻す水戻し路と、外部から前記改質器へ水を供給する外部水供給部と、前記改質ガスを不純物と水素とに分離して水素を精製する水素精製器と、を備えている。

10

【0006】

請求項1に係る水素製造装置では、水分離部によって改質器から送出されるガスから水が分離され、分離された水が水戻し路によって改質器へ改質水として戻される。したがって、改質器からの水を有効に利用して、改質水として新たに外部から供給する水の量を少なくすることができる。

【0007】

請求項2に係る水素製造装置は、前記水分離部は、前記改質ガスから水を分離する改質ガス水分離部を備えている。

20

【0008】

請求項2に係る水素製造装置によれば、改質ガスから水を分離するので、水素精製器へ供給される改質ガスに含まれる不純物が少なくなり、水素精製器で精製する改質ガスの水素濃度が高くなるため、水素精製器による精製効率を高くすることができ、かつ水素精製器のサイズを小型化することができる。

【0009】

請求項3に係る水素製造装置は、前記改質器と前記水素精製器の間に、前記改質器で生成された改質ガスを圧縮する圧縮機、を備えている。

【0010】

請求項3に係る水素製造装置によれば、水素精製器での精製に必要な圧力を、改質ガスに付与することができ、水素精製器で効率よく精製を行うことができる。

30

【0011】

請求項4に係る水素製造装置は、前記改質ガス水分離部は、前記圧縮機よりも上流側に配置された昇圧前水分離部を備えている。

【0012】

請求項4に係る水素製造装置によれば、圧縮機へ供給される改質ガスに含まれる水が少なくなるので、圧縮機で圧縮する改質ガスの体積が少なくなり、改質ガスを圧縮させるための動力を削減することができる。

【0013】

請求項5に係る水素製造装置は、前記改質ガス水分離部は、前記圧縮機よりも下流側に配置された昇圧後水分離部を備えている。

40

【0014】

請求項5に係る水素製造装置によれば、圧縮された改質ガスに含まれる水が少なくなるので、水素精製器へ供給される改質ガスに含まれる不純物が少なくなり、水素精製器で精製する改質ガスの水素濃度が高くなるため、水素精製器による精製効率を高くすることができ、かつ水素精製器のサイズを小型化することができる。

【0015】

請求項6に係る水素製造装置は、前記改質器は、燃焼ガスを燃焼させる燃焼部を有し、前記水分離部は、該燃焼部から排出される燃焼排ガスから水を分離する燃焼排ガス水分離

50

部を備えている。

【0016】

請求項6に係る水素製造装置によれば、燃焼排ガスから分離した水を、有効に利用することができる。

【0017】

請求項7に係る水素製造装置は、前記水戻し路は、互いに並列に配置された複数のポンプを有し、前記複数のポンプのうちの少なくとも1つを作動させて前記水分離部で分離された水を前記改質器へ供給する。

【0018】

請求項7に係る水素製造装置によれば、複数のポンプの内の一部が故障しても、他のポンプを稼働させることによって、水の供給を継続することができる。

10

【0019】

請求項8に係る水素製造装置は、前記水戻し路には、前記水分離部で分離された水の量を検出する水量検出部が設けられ、前記水量検出部で検出された水量に基づいて、前記外部水供給部から前記改質器へ新たに水を供給する。

【0020】

請求項8に係る水素製造装置によれば、水量検出部で検出された水量に基づいて、改質器へ新たに水を供給するので、再利用水で不足する分量の水を外部から供給することができる。

【発明の効果】

20

【0021】

本発明の水素製造装置では、改質器から送出されたガスから除去された水を効果的に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】第1実施形態に係る水素製造装置を示した概略構成図である。

【図2】第1実施形態に係る水素製造装置の多重筒型改質器を示した断面図である。

【図3】第1実施形態に係る水素製造装置の水分離部及びその周辺を示した構成図である。

。

【図4】第2実施形態に係る水素製造装置を示した概略構成図である。

30

【図5】第2実施形態に係る水素製造装置の水供給部及びその周辺の構成である。

【図6】第2実施形態に係る水素製造装置での水供給処理のフローチャートである。

【図7】第3実施形態に係る水素製造装置を示した概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

<第1実施形態>

本発明の第1実施形態に係る水素製造装置の一例を図1、図2に従って説明する。

【0024】

本実施形態に係る水素製造装置10Aは、図1に示されるように、多重筒型改質器12、空気供給部18、改質用水供給部30、圧縮機80、水素精製器90を備えている。また、昇圧前水分離部50、昇圧後水分離部60、及び、燃焼排ガス水分離部70を備えている。この水素製造装置10Aは、炭化水素原料から水素を製造するものであり、第1実施形態では、炭化水素原料の一例としてメタンを主成分とする都市ガスが用いられる場合について説明する。

40

【0025】

(多重筒型改質器)

多重筒型改質器12は、図2に示されるように、多重に配置された複数の筒状壁21、22、23、24を有している。複数の筒状壁21、22、23、24は、例えば円筒状や楕円筒状に形成される。複数の筒状壁21、22、23、24のうち内側から一番目の筒状壁21の内部には、燃焼室25が形成されており、この燃焼室25の上部には、バー

50

ナ 2 6 が下向きに配置されている。このバーナ 2 6 には、補給管 3 8 から水素精製器 9 0 のオフガスが燃料として供給される。多重筒型改質器 1 2 は、改質器の一例である。さらに、この燃焼室 2 5 の上端部には、空気供給部 1 8 (図 1 参照) から燃焼用空気を供給するための空気供給管 4 0 が接続されている。バーナ 2 6 には、さらに都市ガスが原料供給管 3 3 から分岐された原料分岐管 3 3 A が接続されている。原料分岐管 3 3 A には、空気供給管 4 0 から分岐された空気分岐管 4 0 A が接続されている。バーナ 2 6 には、都市ガスに空気が混合された気体が、オフガスとは別に供給される。燃焼用のオフガスと都市ガスは、いずれか一方、または両方が、必要に応じて供給される。

【0026】

一番目の筒状壁 2 1 と二番目の筒状壁 2 2 との間には、燃焼排ガス流路 2 7 が形成されている。燃焼排ガス流路 2 7 の下端部は、燃焼室 2 5 と連通されており、燃焼排ガス流路 2 7 の上端部には、ガスを排出するためのガス排出管 2 8 が接続されている。燃焼室 2 5 から排出された燃焼排ガスは、燃焼排ガス流路 2 7 を下側から上側に流れ、ガス排出管 2 8 を通じて外部に排出される。

【0027】

また、二番目の筒状壁 2 2 と三番目の筒状壁 2 3 との間には、第一流路 3 1 が形成されている。この第一流路 3 1 の上部は、予熱流路 3 2 として形成されており、この予熱流路 3 2 の上端部には、都市ガスを供給するための原料供給管 3 3 と、改質用水供給部 3 0 (図 1 参照) から改質用水を供給するための改質用水供給管 3 4 とが接続されている。さらに、二番目の筒状壁 2 2 と三番目の筒状壁 2 3 との間には、螺旋部材 3 5 が設けられており、この螺旋部材 3 5 により、予熱流路 3 2 は、螺旋状に形成されている。原料供給管 3 3 は、流路管の一例である。

【0028】

予熱流路 3 2 には、都市ガスが原料供給管 3 3 から供給され、さらに、後述する改質用水供給部 3 0 の改質用水が改質用水供給管 3 4 から供給される。都市ガス及び改質用水は、予熱流路 3 2 を上側から下側に流れ、二番目の筒状壁 2 2 を介して燃焼排ガスと熱交換され水が気化される。この予熱流路 3 2 では、都市ガス及び気相の改質用水 (水蒸気) が混合されることにより、混合ガスが生成される。

【0029】

また、第一流路 3 1 における予熱流路 3 2 の下側には、改質触媒層 3 6 が設けられており、予熱流路 3 2 にて生成された混合ガスは、改質触媒層 3 6 へ供給される。改質触媒層 3 6 では、燃焼排ガス流路 2 7 を流れる燃焼排ガスからの熱を受けて混合ガスが水蒸気改質反応によって、水素を主成分とする改質ガスが生成される。

【0030】

さらに、三番目の筒状壁 2 3 と四番目の筒状壁 2 4 との間には、第二流路 4 2 が形成されている。第二流路 4 2 の下端部は、第一流路 3 1 の下端部と連通されている。第二流路 4 2 の下部は、改質ガス流路 4 3 として形成されており、第二流路 4 2 の上端部には、改質ガス排出管 4 4 が接続されている。

【0031】

また、第二流路 4 2 における改質ガス流路 4 3 よりも上側には、CO 変成触媒層 4 5 が設けられており、改質触媒層 3 6 にて生成された改質ガスは、改質ガス流路 4 3 を通過した後、CO 変成触媒層 4 5 へ供給される。CO 変成触媒層 4 5 では、改質ガスに含まれる一酸化炭素と水蒸気が反応して、水素と二酸化炭素に変換され、一酸化炭素が低減される。

【0032】

さらに、CO 変成触媒層 4 5 の上側には、酸化剤ガス供給管 4 6 が接続されており、第二流路 4 2 における CO 変成触媒層 4 5 よりも上側には、CO 選択酸化触媒層 4 7 が設けられている。酸化剤ガス供給管 4 6 を通じて取り入れられた酸化剤ガス、及び、CO 変成触媒層 4 5 を通過した改質ガスは、CO 選択酸化触媒層 4 7 へ供給される。CO 選択酸化触媒層 4 7 では、例えば白金やルテニウム等の貴金属触媒上で一酸化炭素が酸素と反応し

10

20

30

40

50

て二酸化炭素に変換され、一酸化炭素が除去される。CO 変成触媒層 45 及び CO 選択酸化触媒層 47 で一酸化炭素が低減された改質ガス G1 は、改質ガス排出管 44 を通じて排出される。

【0033】

多重筒型改質器 12 にて生成された改質ガスは、図 1 に示したように、昇圧前水分離部 50、圧縮機 80、昇圧後水分離部 60、及び水素精製器 90 をこの順番で流れる。つまり、ガスの流れ方向において、上流側から下流側に、多重筒型改質器 12、昇圧前水分離部 50、圧縮機 80、昇圧後水分離部 60、及び水素精製器 90 がこの順番で配置されている。

【0034】

(昇圧前分離部)

昇圧前水分離部 50 は、図 3 に示されるように、上部が気体室 52 とされ、下部が液体室 54 とされている。気体室 52 には、改質ガス排出管 44 の下流端が接続されている。また、気体室 52 には、連絡流路管 56 の上流端が接続されている。液体室 54 の底部には、水回収管 59 が接続されている。改質ガス G1 は、昇圧前水分離部 50 の上流に配置された熱交換器 HE1 での冷却水との熱交換による冷却によって水が凝縮されて分離される。分離された水は、液体室 54 を経て水回収管 59 へ送出される。

【0035】

(圧縮機)

圧縮機 80 には、昇圧前水分離部 50 からの改質ガス G1 が流れる連絡流路管 56 と、昇圧後水分離部 60 へ供給される改質ガス G2 が流れる連絡流路管 66 とが接続されている。圧縮機 80 は、昇圧前水分離部 50 から供給された大気圧の改質ガスをポンプで圧縮し、昇圧後水分離部 60 へ供給する。

【0036】

(昇圧後分離部)

昇圧後水分離部 60 は、上部が気体室 62 とされ、下部が液体室 64 とされている。気体室 62 には、連絡流路管 66 の下流端が接続されている。また、気体室 62 には、連絡流路管 68 の上流端が接続されている。液体室 64 の底部には、水回収管 69 が接続されている。改質ガス G2 は、昇圧後水分離部 60 の上流に配置された熱交換器 HE2 での冷却水との熱交換による冷却によって水が凝縮されて分離される。分離された水は、液体室 64 を経て水回収管 69 へ送出される。

【0037】

(水素精製器)

水素精製器 90 には、昇圧後水分離部 60 からの改質ガス G3 が流れる連絡流路管 68 の下流端と、多重筒型改質器 12 へ供給される水素精製器 90 のオフガスが流れる補給管 38 の上流端とが接続されている。水素精製器 90 には、一例として、PSA 装置が使用されている。この水素精製器 90 が改質ガスを不純物と水素とに分離することで、水素が精製される。精製された水素は、水素供給配管 92 へ送出され、不図示のタンクへ貯留されたり、水素供給ラインへ送られたりする。

【0038】

水素精製器 90 のオフガスは、補給管 38 を流れて燃料として多重筒型改質器 12 のバーナ 26 (図 2 参照) へ供給される。

【0039】

(燃焼排ガス分離部)

燃焼排ガス水分離部 70 は、上部が気体室 72 とされ、下部が液体室 74 とされている。気体室 72 には、ガス排出管 28 の下流端が接続されている。また、気体室 72 には、外部排出管 76 が接続されている。液体室 74 の底部には、水回収管 78 が接続されている。燃焼室 25 からは、燃焼排ガスが排出され、燃焼排ガスは、燃焼排ガス分離部 70 の上流に配置された熱交換器 HE3 での冷却水との熱交換による冷却によって水が凝縮されて分離される。分離された水は、液体室 74 を経て水回収管 78 へ送出される。水が分離

10

20

30

40

50

された後の燃焼排ガスは、外部排出管 76 から外部へ排出される。

【0040】

(改質用水供給部)

改質用水供給部 30 には、水回収管 59、水回収管 69、水回収管 78 の各々の下流端が接続されている。また、改質用水供給部 30 には、改質用水供給管 34 の上流端が接続されている。改質用水供給管 34 には、溶存イオン成分を除去するための水処理器（イオン交換樹脂）34A が設けられている。また、改質用水供給部 30 には、外部水供給管 17A を介して外部水供給部 17 が接続されている。外部水供給部 17 から改質用水供給部 30 へは、外部水供給管 17A を介して外部の水供給源、例えば純水または市水が供給される。市水を使用する場合、外部から供給する水が減るので、水処理器 34A の負荷が減り、水処理器 34A の長寿命化または小サイズ化を図ることができる。

10

【0041】

改質用水供給部 30 には、水量検出部 84 が接続されている。水量検出部 84 としては、一例として液位センサを用いることができる。また、水量検出部 84 は、外部水供給部 17 と接続されている。水量検出部 84 は、改質用水供給部 30 へ流入された水量（単位時間当たり）を検出し、当該検出した水量及び多重筒型改質器 12 での改質に必要な改質水の量に基づいて、外部から供給が必要な水量を算出し、当該算出された水量が外部水供給部 17 から送出されるように外部水供給部 17 を制御する。

【0042】

改質用水供給管 34 には、3 個のポンプ P1、P2、P3 が、並列に配置されている。改質用水供給部 30 には、昇圧前水分離部 50、昇圧後水分離部 60、燃焼排ガス水分離部 70 で分離された水が流入され、当該水は、ポンプ P1、P2、P3 によって多重筒型改質器 12 へ供給される。

20

【0043】

(作用)

次に、水素製造装置 10A の作用について説明する。

【0044】

都市ガスは、原料供給管 33 を流れて多重筒型改質器 12 へ供給される。多重筒型改質器 12 へ供給された都市ガスは、多重筒型改質器 12 の予熱流路 32 で改質用の水と混合されつつ加熱され、改質触媒層 36 へ供給される。改質触媒層 36 では、燃焼排ガス流路 27 を流れる燃焼排ガスからの熱を受けて混合ガスが水蒸気改質反応によって、水素を主成分とする改質ガスが生成される。当該改質ガスは、改質ガス流路 43 を通って CO 変成触媒層 45 へ供給される。CO 変成触媒層 45 では、改質ガスに含まれる一酸化炭素と水蒸気が反応して、水素と二酸化炭素に変換され、一酸化炭素が低減される。

30

【0045】

さらに、CO 変成触媒層 45 を通過した改質ガスは、酸化剤ガス供給管 46 から供給される酸化ガス（空気）と共に CO 選択酸化触媒層 47 へ供給され、貴金属触媒上で一酸化炭素が酸素と反応して二酸化炭素に変換され、一酸化炭素が除去される。CO 選択酸化触媒層 47 で一酸化炭素が低減された改質ガス G1 は、改質ガス排出管 44 へ送出される。

【0046】

改質ガス G1 は、改質ガス排出管 44 を経て、昇圧前水分離部 50 の気体室 52 へ供給される。気体室 52 へ供給された改質ガス G1 に含まれる水は、凝縮されて液体室 54 へ貯留され、水回収管 59 を経て改質用水供給部 30 へ送出される。水が分離された改質ガス G2 は、連絡流路管 56 を流れて圧縮機 80 へ供給され、圧縮機 80 によって圧縮される。

40

【0047】

圧縮された改質ガス G2 は、連絡流路管 66 を流れて昇圧後水分離部 60 の気体室 62 へ供給される。気体室 62 へ供給された改質ガス G2 に含まれる水は、凝縮されて液体室 64 へ貯留され、水回収管 69 を経て改質用水供給部 30 へ送出される。水が分離された改質ガス G3 は、連絡流路管 68 を流れて水素精製器 90 へ供給される。

50

【0048】

水素精製器90では、改質ガスG3が不純物と水素とに分離され、水素は水素供給配管92へ送出される。送出された水素は、不図示のタンクへ貯留されたり、水素供給ラインへ送られたりする。一方、改質ガスG3からの水素以外の不純物を含むオフガスは、補給管38を流れて燃料として多重筒型改質器12のバーナ26へ供給される。

【0049】

多重筒型改質器12の燃焼室25では、オフガスが燃焼され、燃焼排ガスがガス排出管28を介して燃焼排ガス水分離部70の気体室72へ供給される。気体室72へ供給された燃焼排ガスに含まれる水は、凝縮されて液体室74へ貯留され、水回収管78を経て改質用水供給部30へ送出される。水が分離された燃焼排ガスは、外部排出管76を流れて外部へ排出される。

10

【0050】

水量検出部84は、改質用水供給部30への流入水量を検出する。外部水供給部17は、水量検出部84で検出された水量及び必要な改質水の量に基づいて、新たに外部から供給が必要な水量分の純水を、改質用水供給部30へ供給する。

【0051】

改質用水供給部30からは、ポンプP1、P2、P3の駆動により改質水が多重筒型改質器12へ供給される。

【0052】

本実施形態の水素製造装置10Aでは、昇圧前水分離部50、昇圧後水分離部60によって改質ガスから水が分離され、燃焼排ガス水分離部70によって燃焼排ガスから水が分離されて、分離された水が、改質用水供給管34によって多重筒型改質器12へ改質水として戻される。したがって、改質ガスや燃焼排ガスに含まれる水を再利用することができ、改質水として新たに外部（外部水供給部17）から供給する水の量を少なくすることができる。

20

【0053】

また、圧縮機80へ供給される改質ガスG2は、昇圧前水分離部50によって水が分離されるので、水が分離されていない改質ガスG1が圧縮機80へ供給される場合と比して、改質ガスの体積が減少することで、改質ガスを圧縮させるための動力を削減することができる。

30

【0054】

また、水素精製器90へ供給される改質ガスG3は、昇圧前水分離部50によって水が分離されている上に、昇圧後水分離部60によっても水が分離されるので、水が分離されていない改質ガスG2が水素精製器90へ供給される場合と比して、水素精製器90による精製効率を高くすることができる。即ち、精製する改質ガスの体積が減少することで、水素精製器90での処理量を少なくすることができる。これにより、水素精製器90のサイズの小型化を図ることができる。

【0055】

また、本実施形態では、ポンプP1、P2、P3が並列に配置されているので、ポンプP1、P2、P2の内の2個までが故障しても、他のポンプを駆動させることにより、水素製造装置10Aを停止させることなく運転を継続させることができる。また、例えば定格のポンプ駆動からの出力を落として、水素製造量に合わせた水の供給量の調整を行う場合に、複数のポンプで調整を行うことにより、出力調整が行いやすくなる。

40

【0056】

本実施形態では、ポンプを複数設けたが、必ずしも複数のポンプを設ける必要はなく、1つのみ設けてもよい。

【0057】

なお、本実施形態では、昇圧前水分離部50、昇圧後水分離部60、燃焼排ガス水分離部70の3箇所で水の分離を行い、分離された水をすべて改質水として再利用したが、必ずしも3箇所で分離された水のすべてを再利用する必要はない。3箇所の内のいずれか1

50

箇所、または2箇所のみの水を再利用してもよい。

【0058】

また、本実施形態では、圧縮機80を備えた水素製造装置について説明したが、本発明は、圧縮機80を備えていない水素製造装置に適用してもよいし、圧縮機が多重筒型改質器12よりも上流側に配置された水素製造装置に適用してもよい。この場合には、改質ガスについての水分離部は1つになる。

【0059】

また、本実施形態では、改質器として、多重筒型改質器12を用い、CO選択酸化触媒層47を設けたが、CO選択酸化触媒層47は必須ではなく、CO選択酸化触媒層47を設けない構成とすることもできる。この場合には、酸化剤ガス供給管46も不要となる。

10

【0060】

＜第2実施形態＞

次に、本発明の第2実施形態について説明する。第1実施形態と同様の部分については、同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0061】

本実施形態の水素製造装置10Bは、改質用水供給部30が分割されている点が第1実施形態と異なっている。

【0062】

図4に示されるように、本実施形態の改質用水供給部30は、第1水供給部30A、第2水供給部30B、及び第3水供給部30Cに仕切られている。第1水供給部30Aには、水回収管59の下流端が接続され、第2水供給部30Bには、水回収管69の下流端が接続され、第3水供給部30Cには、水回収管78の下流端が接続される。改質用水供給管34のポンプP1～P3よりも上流端は、第1水供給管34Aと第3水供給管34Cとに分岐されている。第1水供給管34Aは、第1水供給部30Aに接続され、第3水供給管34Cは、第3水供給部30Cに接続されている。

20

【0063】

第1水供給部30A、第2水供給部30B、第3水供給部30Cの出口には、図5に示されるように、各々第1バルブ35A、第2バルブ35B、第3バルブ35Cが設けられている。第1バルブ35A、第2バルブ35B、第3バルブ35Cは、開閉バルブで構成されており、制御部86と接続され、制御部86によって開閉が制御される。

30

【0064】

制御部86は、CPU、ROM、RAMを含んで構成されており、多重筒型改質器12、水量検出部84、外部水供給部17と接続されている。制御部86により、水素製造装置10Bの運転が制御されている。

【0065】

水量検出部84は、第1水供給部30A、第2水供給部30B、第3水供給部30Cの各々と接続され、第1水供給部30A、第2水供給部30B、第3水供給部30Cへ流入された水量を検出する。水量検出部84は、検出された各々の水量を制御部86へ出力する。

【0066】

制御部86では、多重筒型改質器12での改質に必要な改質水の量に基づいて、第1水供給部30A及び第2水供給部30Bの水が、第3水供給部30Cの水よりも優先的に多重筒型改質器12へ送出されるように、第1バルブ35A、第2バルブ35B、第3バルブ35Cを制御する。また、多重筒型改質器12での改質に必要な改質水の量に対して、第3水供給部30Cの水量が所定時間の間（例えば1分間）に所定の割合を超えないように、第3バルブ35C及び外部水供給部17から送出される水量を制御する。

40

【0067】

（作用）

次に、水素製造装置10Bの作用について説明する。

【0068】

50

多重筒型改質器 12、昇圧前水分離部 50、圧縮機 80、昇圧後水分離部 60、燃焼排ガス水分離部 70、水素精製器 90 の駆動については、第 1 実施形態と同様に行われる。

【0069】

水量検出部 84 では、第 1 水供給部 30A、第 2 水供給部 30B、第 3 水供給部 30C へ流入された水量を検出し、制御部 86 へ検出値を出力する。制御部 86 では、図 6 に示す水供給処理が実行される。

【0070】

まず、ステップ S10 で水素の製造量等に基づいて、必要な改質水量データを算出する。次に、ステップ S12 で、水量検出部 84 から、第 1 水供給部 30A、第 2 水供給部 30B、第 3 水供給部 30C へ流入した水量（単位時間当たり）を取得する。ステップ S14 で、算出した改質水量データ、第 1 水供給部 30A、第 2 水供給部 30B、第 3 水供給部 30C へ流入する水量に基づいて、外部水供給部 17、第 1 水供給部 30A、第 2 水供給部 30B、第 3 水供給部 30C の各々から送出する水量を算出する。ここでの算出は、第 1 水供給部 30A 及び第 2 水供給部 30B の水が、第 3 水供給部 30C の水よりも優先的に多重筒型改質器 12 へ送出されるように、かつ、必要な改質水の量に対して、第 3 水供給部 30C の水量が所定の割合を超えないように行われる。そして、算出された水量に基づいて、ステップ S16 で、第 1 バルブ 35A、第 2 バルブ 35B、第 3 バルブ 35C、及び外部水供給部 17 へ、制御信号が送出される。

【0071】

第 1 バルブ 35A、第 2 バルブ 35B、第 3 バルブ 35C は、制御信号に基づいて、開閉が制御され、外部水供給部 17 は、制御信号に基づいて、純水の送出量が制御される。ステップ S18 で、所定時間（例えば 1 分）が経過したかどうかを判断し、所定時間が経過するまで待機する。所定時間が経過すると、ステップ S20 で、運転終了の指示があったかどうかを判断し。運転終了の指示があった場合には、処理を終了する。運転終了の指示がない場合には、ステップ S10 へ戻って、上記の処理を繰り返す。

【0072】

本実施形態の水素製造装置 10B でも、第 1 実施形態と同様に、改質ガスや燃焼排ガスに含まれる水を再利用することができ、改質水として新たに外部（外部水供給部 17）から供給する水の量を少なくすることができる。また、改質ガスの体積が減少することで、改質ガスを圧縮させるための動力を削減することができると共に、水素精製器 90 のサイ

【0073】

さらに、本実施形態では、圧縮機 80 の下流側の昇圧後水分離部 60 で分離された圧縮された水を再利用するので、ポンプを介することなく多重筒型改質器 12 へ送出することができる。これにより、ポンプで送出する改質水の量を少なくすることができる。

【0074】

また、第 1 水供給部 30A 及び第 2 水供給部 30B の水が、第 3 水供給部 30C の水よりも優先的に多重筒型改質器 12 へ送出されるように（回収水の利用優先付け）、かつ、必要な改質水の量に対して、第 3 水供給部 30C の水量が所定の割合を超えないように（排ガス回収水割合抑制）、改質水の制御が行われるので、改質水中の不純物を少なくすることができる。

【0075】

なお、本実施形態では、回収水の利用優先付けと、排ガス回収水割合抑制の両方を実施した例について説明したが、いずれか一方のみを実施してもよい。

【0076】

＜第 3 実施形態＞

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。第 1、2 実施形態と同様の部分については、同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0077】

本実施形態の水素製造装置 10C は、図 7 に示されるように、昇圧前水分離部 50、昇

10

20

30

40

50

圧後水分離部 60 に代えて、昇圧前水分離膜部 150、昇圧後水分離膜部 160 が設けられている。

【0078】

昇圧前水分離膜部 150 は、図 8 に示されるように、改質ガス G1 から水蒸気を通過（透過）させる分離膜 151 と、分離膜 151 によって仕切られている供給室 152 と透過室 154 とを有している。供給室 152 には、多重筒型改質器 12 からの改質ガスが流れる改質ガス排出管 44 と、圧縮機 80 へ供給される改質ガスが流れる連絡流路管 56 とが接続されている。改質ガス排出管 44 を流れて供給室 152 へ供給された改質ガス G1 に含まれる水蒸気は、分離膜 151 を通過して供給室 152 から透過室 154 へ流れる。水蒸気が分離された改質ガス G2 は、連絡流路管 56 を流れて圧縮機 80 へ供給される。

10

【0079】

透過室 154 には、スweepガスとしての都市ガスが流れるガス供給管 158 と、多重筒型改質器 12 へ供給される都市ガスが流れる原料供給管 33 とが接続されている。スweepガスとして透過室 154 へ供給された都市ガスは、分離膜 151 を通過した水蒸気を含み、原料供給管 33 を流れて多重筒型改質器 12 へ供給される。原料供給管 33 は、本発明の水戻し路となる。

【0080】

水蒸気分離膜としては、有機高分子膜、無機材料膜、有機高分子－無機材料複合膜、液体膜などが挙げられる。

【0081】

20

昇圧後水分離膜部 160 は、改質ガス G2 から水蒸気を分離する分離膜 161 と、分離膜 161 によって仕切られている供給室 172 と透過室 174 とを有している。供給室 172 には、圧縮機 80 からの改質ガスが流れる連絡流路管 66 と、水素精製器 90 へ供給される改質ガスが流れる連絡流路管 68 とが接続されている。

【0082】

そして、連絡流路管 66 を流れて供給室 172 へ供給された改質ガスに含まれる水蒸気は、分離膜 161 を通過して供給室 172 から透過室 174 へ流れる。水蒸気が分離された改質ガスは、連絡流路管 68 を流れて水素精製器 90 へ供給される。

【0083】

透過室 174 には、スweepガスとしての都市ガスが供給されるガス供給管 158 と、多重筒型改質器 12 へ供給される都市ガスが流れる原料供給管 33 とが接続されている。スweepガスとして透過室 174 へ供給された都市ガスは、分離膜 161 を通過した水蒸気を含み、原料供給管 33 を流れて多重筒型改質器 12 へ供給される。

30

【0084】

水蒸気分離膜としては、有機高分子膜、無機材料膜、有機高分子－無機材料複合膜、液体膜などが挙げられる。

【0085】

改質用水供給部 30 には、水回収管 78 の下流端、及び、外部水供給管 17A の下流端が接続されている。改質用水供給部 30 には、燃焼排ガス水分離部 70 で分離された水が流入され、当該水は、ポンプ P1 によって多重筒型改質器 12 へ供給される。

40

【0086】

（作用）

次に、水素製造装置 10C の作用について説明する。

【0087】

都市ガスは、図 7 に示されるように、ガス供給管 158 を流れて昇圧前水分離膜部 150 の透過室 154 を通り、原料供給管 33 を流れて多重筒型改質器 12 へ供給される。同様に、都市ガスは、ガス供給管 158 を流れて昇圧後水分離膜部 160 の透過室 174 を通り、原料供給管 33 を流れて多重筒型改質器 12 へ供給される。

【0088】

多重筒型改質器 12 へ供給された都市ガスは、多重筒型改質器 12 で改質ガス G1 に改

50

質される。この改質ガスG 1は、改質ガス排出管4 4を流れて昇圧前水分離膜部1 5 0の供給室1 5 2へ供給される。供給室1 5 2へ供給された改質ガスG 1に含まれる水蒸気は、分離膜1 5 1を通過して供給室1 5 2から透過室1 5 4へ流れる。そして、スweepガスとして透過室1 5 4へ供給された都市ガスは、分離膜1 5 1を通過した水蒸気を含み、原料供給管3 3を流れて多重筒型改質器1 2へ供給される。

【0089】

一方、分離膜1 5 1によって水蒸気が分離された改質ガスG 2は、連絡流路管5 6を流れて圧縮機8 0へ供給され、圧縮機8 0によって圧縮される。そして、圧縮された改質ガスG 2は、連絡流路管6 6を流れて昇圧後水分離膜部1 6 0の供給室1 7 2へ供給される。供給室1 7 2へ供給された改質ガスG 2に含まれる水蒸気は、分離膜1 6 1を通過して供給室1 7 2から透過室1 7 4へ流れる。そして、スweepガスとして透過室1 7 4へ供給された都市ガスは、分離膜1 6 1を通過した水蒸気を含み、原料供給管3 3を流れて多重筒型改質器1 2へ供給される。

10

【0090】

さらに、分離膜1 6 1によって水蒸気が分離された改質ガスG 3は、連絡流路管6 8を流れて水素精製器9 0へ供給される。水素精製器9 0へ供給された改質ガスが不純物と水素とに分離されることで、水素が精製され、水素供給配管9 2へ送出される。

【0091】

一方、水素精製器9 0のオフガスは、補給管3 8を流れて燃料として多重筒型改質器1 2のバーナ2 6へ供給される。

20

【0092】

本実施形態では、昇圧後水分離膜部1 6 0へ供給される改質ガスG 2は、圧縮機8 0によって圧縮されている。このため、分離膜1 6 1を境に供給室1 7 2と透過室1 7 4との間に大きな差圧（水蒸気の分圧差）が生じることで、分離膜1 6 1を用いて圧縮機8 0の上流側だけで水蒸気を分離する場合と比して、効果的に改質ガスG 2から水蒸気を分離することができる。

【0093】

また、圧縮機8 0へ供給される改質ガスG 1は、昇圧前水分離膜部1 5 0によって水蒸気が分離される。圧縮機8 0には水蒸気が分離された改質ガスG 2が供給されるため、水蒸気が分離されていない（水蒸気を含んでいる）改質ガスが圧縮機8 0へ供給される場合と比して、改質ガスの体積が減少することで、改質ガスを圧縮させるための動力を削減することができる。

30

【0094】

また、スweepガスとして透過室1 5 4、1 7 4へ供給された都市ガスが、分離膜1 5 1、1 6 1を通過した水蒸気を含み、原料供給管3 3を流れて多重筒型改質器1 2へ供給される。このため、分離膜1 5 1、1 6 1によって分離した水蒸気を、水蒸気改質反応用の水分として利用することができる。さらに、改質ガスから分離膜1 5 1、1 6 1を通してスweepガスに微量の水素が入り込むため、都市ガスに含まれている硫黄分を水添脱硫によって低減することができる。

【符号の説明】

40

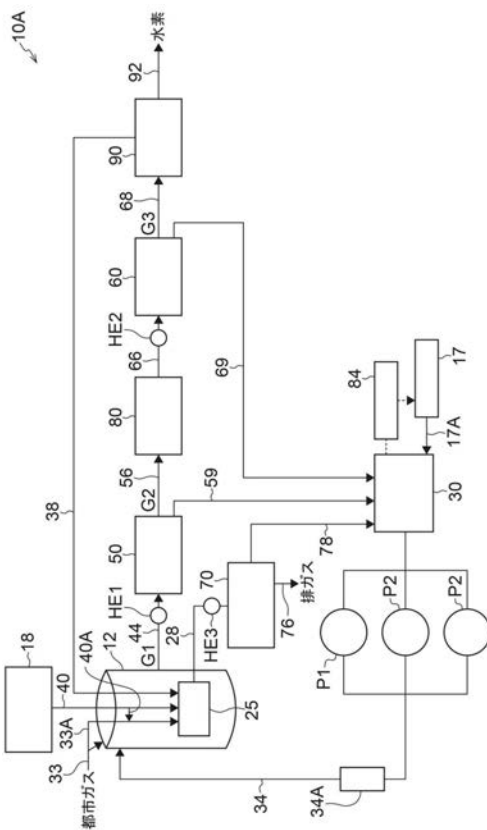
【0095】

- 1 0 A、1 0 B、1 0 C 水素製造装置
- 1 2 多重筒型改質器（改質器）
- 1 7 外部水供給部
- 2 5 燃焼室（燃焼部）
- 3 0 改質用水供給部（水戻し路）
- 3 0 A、3 0 B、3 0 C 水供給部（水戻し路）
- 3 3 原料供給管（水戻し路）
- 3 4 改質用水供給管（水戻し路）
- 3 4 A、3 4 C 水供給管（水戻し路）

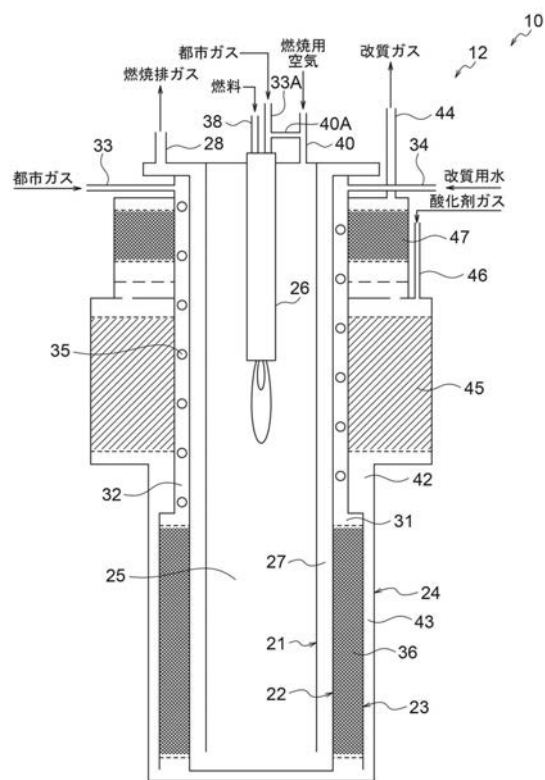
50

- 50 昇圧前水分離部（改質ガス水分離部、水分離部）
 59、69、78 水回収管（水戻し路）
 60 昇圧後水分離部（改質ガス水分離部、水分離部）
 70 燃焼排ガス水分離部（水分離部）
 80 圧縮機
 84 水量検出部
 90 水素精製器
 150 昇圧前水分離膜部（改質ガス水分離部、水分離部）
 160 昇圧後水分離膜部（改質ガス水分離部、水分離部）
 P1、P2、P3 ポンプ

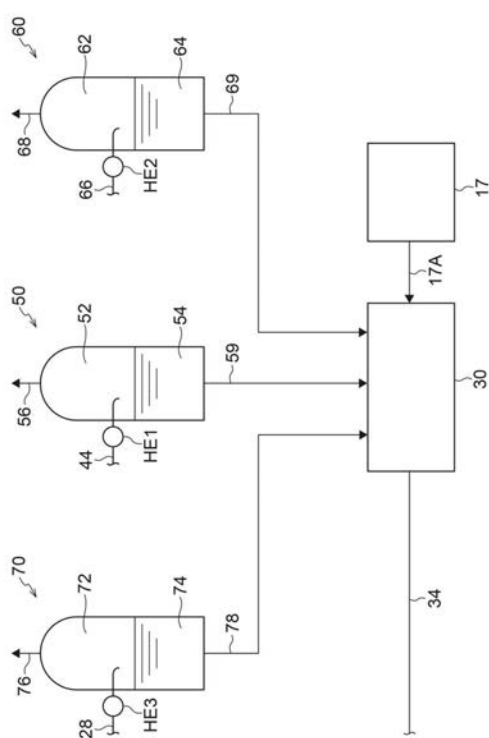
【図 1】



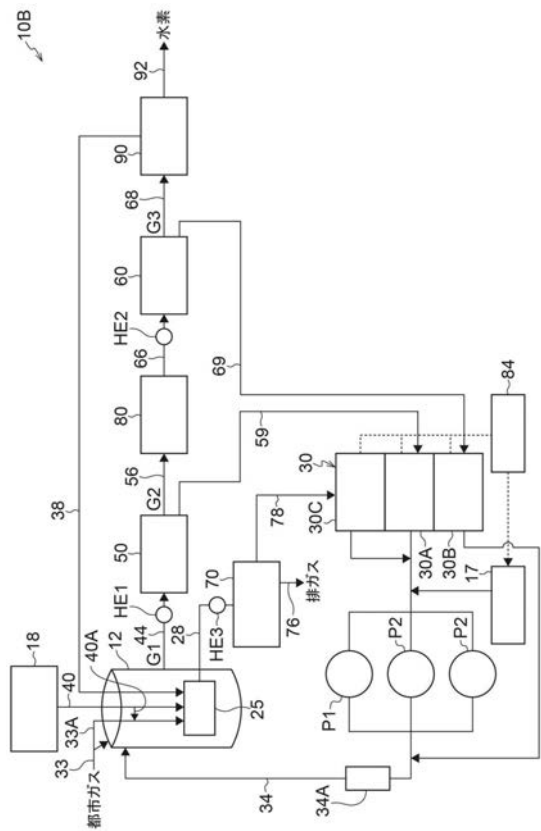
【図 2】



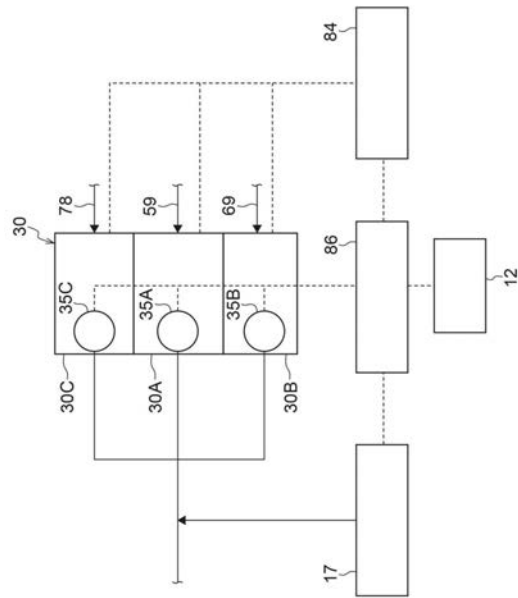
【図 3】



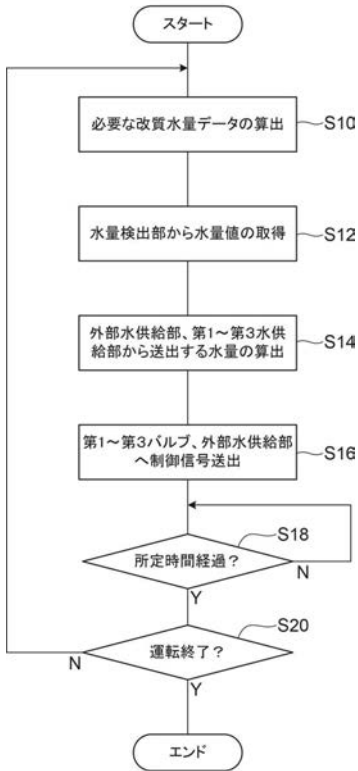
【図 4】



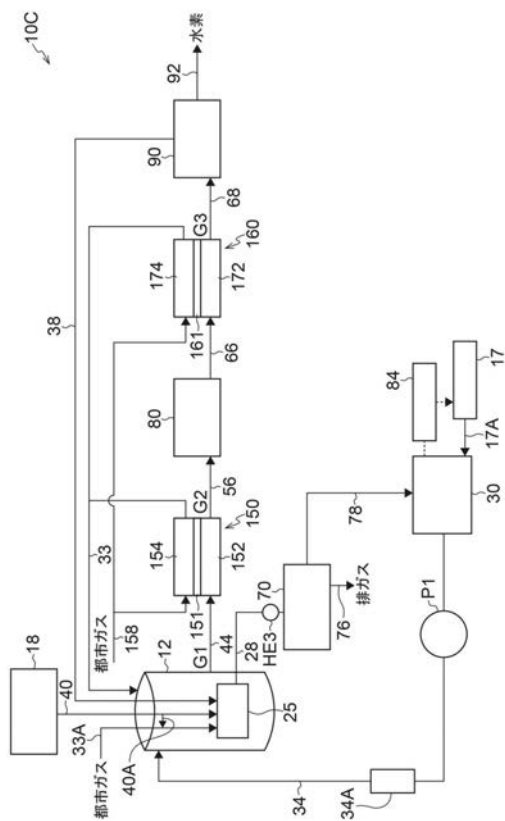
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G140 EA03 EA06 EB03 EB12 EB37 EB43 FA02 FB02 FB09 FC01
FC03 FC08