

明 細 書

発明の名称：

蒸留塔管理システム、蒸留塔状態分析方法及び蒸留塔管理方法

技術分野

[0001] 本発明は、蒸留塔管理システム、蒸留塔状態分析方法及び蒸留塔管理方法に関する。

背景技術

[0002] 石油精製プロセス、石油化学プロセス又は石炭化学プロセス等の蒸留設備の蒸留塔では、塩化アンモニウムに代表される中和塩の析出により、プロセスの流れが妨げられることで設備使用効率の低下が問題となっている。また、析出した塩が吸湿することにより、設備内で激しい局所腐食が発生する問題がある。蒸留塔における塩などによる閉塞は所定の部位における圧力差（以下「差圧」という。）の増大等により確認される。

このような中、塩の析出（塩析）による差圧を解消する方法として、通常、昇華運転法や、塔内への洗浄水適用法が用いられている。

昇華運転法とは、蒸留塔の温度を上昇させることで、析出した塩を昇華させ、蒸留塔頂系へ排出する運転法のことである。昇華運転により、析出した塩を塔頂部より系外へと除去することができる。

洗浄水適用法は、蒸留塔のトップリフラックスライン及びトップポンプア라운드等へ洗浄水を供給することにより、塩の析出部位に洗浄水を供給し、塩を溶解除去する処理法である。洗浄水の供給により、短時間で差圧の解消が可能である。

例えば、非特許文献１には、蒸留塔の温度を短期的に上昇させることで析出した塩を昇華させ、蒸留塔頂系へ排出する昇華運転法が記載されている。

また、例えば、特許文献１には、炭化水素油の蒸留処理において、蒸留塔に水を導入することで、塔内の水溶性塩類を除去する炭化水素油の蒸留方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許 5 6 5 6 1 5 2 号明細書

非特許文献

[0004] 非特許文献1：GRACE DIVISION CATALAGRAM, ISSUE, 2010年, No. 107, p. 34-39

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 従来、昇華運転法及び洗浄水適用法等の塩析による差圧を解消する方法は、蒸留塔の差圧の増大が確認され、その程度が問題ある状況に達していると判断された場合に実施される。つまり、蒸留塔における異常が顕在化した後でなければ対応されることがないため、対応が後手となり、処理量低下による損失や設備腐食の進行等の状況悪化を許してしまうという問題があった。差圧の上昇が確実であると確認されるまでには、場合によっては数日～数か月を要することもあり、この間に進行した腐食により進行した腐食や腐食生成物汚れは昇華運転で対応することができない。また、腐食生成物自体が高い腐食性を有するため、水洗浄時にさらなる設備の腐食を招いてしまう恐れがある。

また、塩除去剤や分散剤等を活用することにより、析出塩による差圧や腐食リスクは低減可能であるが、析出した塩によって腐食が既に進行してしまった場合には対応できない。

[0006] 本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、蒸留塔における異常が顕在化する前に予知する（換言すれば、蒸留塔における異常の予兆を検知する）ことができ、予防処置を講じることができる蒸留塔管理システム、蒸留塔状態分析方法及び蒸留塔管理方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本発明者らは鋭意研究した結果、蒸留塔の運

転情報を入力し、運転情報の変化を分析することで異常の予兆を検知できることを見出した。

本発明は、かかる知見に基づいて完成したものである。

[0008] すなわち、本願開示は、以下に関する。

(1) 蒸留塔の高さ方向における異なる複数箇所の圧力を測定する圧力測定部、前記蒸留塔の塔頂部温度を測定する温度測定部、及び、前記蒸留塔に供給される供給塩素量と前記蒸留塔から排出される排出塩素量を測定する塩素測定部からなる群から選ばれる少なくとも1つである測定部と、前記測定部によって測定された測定データを含む運転データを作成する運転データ部と、前記運転データから前記蒸留塔の状態を分析し、前記蒸留塔の状態に関する分析データを作成する分析部と、前記分析データに基づいて、前記蒸留塔に添加する差圧解消剤に関する制御データを作成する制御部とを備え、前記測定部が前記圧力測定部である場合、前記運転データ部は、前記圧力測定部によって測定した複数箇所の圧力の差圧に関する差圧データを含む運転データを作成し、前記測定部が前記温度測定部である場合、前記運転データ部は、前記温度測定部で測定した前記塔頂部温度と算出して得る塩析温度との温度差に関する温度差データを含む運転データを作成し、前記測定部が前記塩素測定部である場合、前記運転データ部は、前記塩素測定部によって測定した前記供給塩素量と前記排出塩素量との塩素量差に関する塩素量差データを含む運転データを作成する、蒸留塔管理システム。

(2) 前記分析部は、前記差圧データから得られる差圧推移から将来の差圧の予測推移を分析する、(1)に記載の蒸留塔管理システム。

(3) 前記差圧解消剤は、塩除去剤及び塩分散剤の少なくとも1つである、

(1)又は(2)に記載の蒸留塔管理システム。

(4) 蒸留塔の高さ方向における異なる複数箇所の圧力を圧力測定部で測定する圧力測定工程、前記蒸留塔の塔頂部温度を温度測定部で測定する温度測定工程、及び、前記蒸留塔に供給される供給塩素量と前記蒸留塔から排出される排出塩素量を塩素測定部で測定する塩素測定工程からなる群から選ばれ

る少なくとも1つである測定工程と、前記測定工程によって測定された測定データを含む運転データを運転データ部で作成する運転データ作成工程と、前記運転データから前記蒸留塔の状態を分析し、前記蒸留塔の状態に関する分析データを分析部で作成する分析データ作成工程とを含み、前記測定工程が前記圧力測定工程である場合、前記運転データ作成工程は、前記圧力測定部によって測定された複数箇所の圧力の差圧に関する差圧データを含む運転データを作成する差圧データ作成工程を含み、前記測定工程が前記温度測定工程である場合、前記運転データ作成工程は、前記塔頂部温度と算出して得る塩析温度との温度差に関する温度差データを含む運転データを作成する温度差データ作成工程を含み、前記測定工程が前記塩素測定工程である場合、前記運転データ作成工程は、前記供給塩素量と前記排出塩素量との塩素量差に関する塩素量差データを含む運転データを作成する塩素量差データ作成工程を含む、蒸留塔状態分析方法。

(5) 前記分析データ作成工程は、前記差圧データから得られる差圧推移から将来の差圧の予測推移を前記分析部で分析する、(4)に記載の蒸留塔状態分析方法。

(6) 蒸留塔の高さ方向における異なる複数箇所の圧力を圧力測定部で測定する圧力測定工程を含む測定工程、前記蒸留塔の塔頂部温度を温度測定部で測定する温度測定工程、及び、前記蒸留塔に供給される供給塩素量と前記蒸留塔から排出される排出塩素量を塩素測定部で測定する塩素測定工程からなる群から選ばれる少なくとも1つである測定工程と、前記測定工程によって測定された測定データを含む運転データを運転データ部で作成する運転データ作成工程と、前記圧力測定部によって測定された複数箇所の圧力の差圧に関する差圧データを含む運転データを運転データ部で作成する差圧データ作成工程を含む運転データ作成工程と、前記運転データから前記蒸留塔の状態を分析し、前記蒸留塔の状態に関する分析データを分析部で作成する分析データ作成工程と、前記分析データに基づいて、前記蒸留塔に添加する差圧解消剤に関する制御データを制御部で作成する制御データ作成工程とを含み、

前記測定工程が前記圧力測定工程である場合、前記運転データ作成工程は、前記圧力測定部によって測定された複数箇所の圧力の差圧に関する差圧データを含む運転データを作成する差圧データ作成工程を含み、前記測定工程が前記温度測定工程である場合、前記運転データ作成工程は、前記塔頂部温度と算出して得る塩析温度との温度差に関する温度差データを含む運転データを作成する温度差データ作成工程を含み、前記測定工程が前記塩素測定工程である場合、前記運転データ作成工程は、前記供給塩素量と前記排出塩素量との塩素量差に関する塩素量差データを含む運転データを作成する塩素量差データ作成工程を含む、蒸留塔管理方法。

(7) 前記分析データ作成工程は、前記差圧データから得られる差圧推移から将来の差圧の予測推移を前記分析部で分析する、(6)に記載の蒸留塔管理方法。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、蒸留塔における異常が顕在化する前に予知することができ、予防処置を講じることができる蒸留塔管理システム、蒸留塔状態分析方法及び蒸留塔管理方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一実施形態に係る蒸留塔管理システム及び蒸留塔設備のブロック図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る蒸留塔管理システムにおいて、差圧データを含む運転データを用いて分析して作成した分析データの一例である。

[図3]本発明の一実施形態に係る蒸留塔管理システムにおいて、温度差データを含む運転データを用いて分析して作成した分析データの一例である。

[図4]本発明の一実施形態に係る蒸留塔管理システムにおいて、塩素量差データを含む運転データを用いて分析して作成した分析データの一例である。

[図5]本発明の一実施形態に係る蒸留塔状態分析方法を示すフローチャートである。

[図6]本発明の一実施形態に係る蒸留塔管理方法を示すフローチャートである。

。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施形態（以後、単に「本実施形態」と称する場合がある。）に係る蒸留塔管理システム、蒸留塔状態分析方法及び蒸留塔管理方法について具体的に説明する。

[0012] 「蒸留塔管理システム」

本実施形態に係る蒸留塔管理システム１は、図１に示すように、測定部１０と、運転データ部２０と、分析部３０と、制御部４０とを備える。

蒸留塔管理システム１の構成要素は、通信ネットワーク５０で接続され、通信ネットワーク５０を介してデータのやり取りが行われる。通信ネットワーク５０は、例えば、有線又は無線のＬＡＮ（Local Area Network）、ＷＡＮ（Wide Area Network）、インターネット、イントラネット及び専用線等である。蒸留塔管理システム１の構成要素が通信ネットワーク５０で接続されていることでＩｏＴ（Internet of Things）により、遠隔制御、遠隔監視及びデータ送受信等を行うことができ、構成要素を相互に制御することを可能とする。

[0013] ＜蒸留設備＞

蒸留塔管理システム１は、図１に示すように、蒸留塔設備（常圧蒸留装置）１００を管理するシステムであり、特に蒸留塔１０３の運転状態を管理するシステムである。そこで、まず蒸留塔管理システム１が管理する蒸留塔設備１００について説明する。

なお、蒸留塔設備１００については、１塔式の一例によるものを示すが、本発明はこれに限定されるものではなく、１塔式の別の例による常圧蒸留法であっても、２塔式等による常圧蒸留法であってもよい。また、蒸留塔設備１００は、図１に示すように、サイドストリッパのあるものでもよく、サイドストリッパのないものであってもよい。また、蒸留塔設備１００は、特に用途に制限はなく、石油精製プロセス、石油化学プロセス、又は石炭化学プロセス用設備で用いることができる。また、上記一例では、トレイタイ

プの蒸留塔設備１００を示したが、これに限定されるものではなく、充填物を使用した蒸留塔設備であってもよい。

[0014] 蒸留塔１０３の内部には、複数のサイドフラックスが設けられており、例えば、図１に示すように、上から第１サイドフラックス１３１、第２サイドフラックス１３２及び第３サイドフラックス１３３と順に設けられている。

第１サイドフラックス１３１の下位側には、ライン１１１ｃ及びライン１１６ａが設けられている。ライン１１１ｃは、熱交換器１１１Ｃに接続されており、第１サイドフラックス１３１で分留された留分の一部を塔内の上位へ還流する。ライン１１６ａは、サイドストリッパ１１２ｂに接続されており、第１サイドフラックス１３１で分留された留分の一部を、ライン１１６ａを介してサイドストリッパ１１２ｂへ送る。

第２サイドフラックス１３２の下位側には、ライン１１１ｂ及びライン１１５ａが設けられている。ライン１１１ｂは、熱交換器１１１Ｂに接続されており、第２サイドフラックス１３２で分留された留分の一部を塔内の上位へ還流する。ライン１１５ａは、サイドストリッパ１１２ａに接続されており、第２サイドフラックス１３２で分留された留分の一部を、ライン１１５ａを介してサイドストリッパ１１２ａへ送る。

第３サイドフラックス１３３の下位側には、ライン１１１ａ及びライン１１４が設けられている。ライン１１１ａは、熱交換器１１１Ａに接続されており、第３サイドフラックス１３３で分留された留分の一部を塔内の上位へ還流する。ライン１１４は、蒸留塔１０３の外部に接続されており、第３サイドフラックス１３３で分留された留分の一部を蒸留塔１０３の外部へ送る。

[0015] 蒸留塔設備１００において、原料油はライン１０２より蒸留塔１０３に供給され、重質油留分、重質軽油留分、軽油留分、重質ナフサ留分、ナフサ留分及びガス留分等に分留される。原料油が加熱されていない場合には加熱炉（図示せず）及び熱交換器で通常３５０℃程度の温度まで加熱された後、蒸

留塔１０３に連続的に供給される。

重質油留分は、沸点が概ね３５０℃以上であり、塔底部で分留されライン１１３から取り出される。ライン１１３から取り出された重質油留分の一部は、熱交換器１１１で加熱された後、蒸留塔１０３内の第３サイドリフラックス１３３の下位側へ還流される。

重質軽油留分は、沸点が概ね２４０～３５０℃であり、ライン１１４から取り出される。

軽油留分は、沸点が概ね１７０～２５０℃であり、サイドストリッパー１１２ａを介しライン１１５から取り出される。

重質ナフサまたは灯油留分は、沸点が概ね８０～１８０℃であり、サイドストリッパー１１２ｂを介しライン１１６から取り出される。

ナフサ留分及びガス留分は、沸点が概ね３５～８０℃であり、蒸留塔１０３の塔頂部から排出される。蒸留塔１０３の塔頂部から排出されたナフサ留分及びガス留分は、ライン１０４を通り、空冷式冷却器１０５、熱交換器１０６により凝縮され、ナフサ受槽（オーバーヘッドレシーバの一例）１０７に集められる。このナフサ受槽１０７では気液が分離され、ガス留分として燃料ガス又は液化石油ガス等がライン１０８から取り出され、液体留分としてのナフサ留分がライン１０９から取り出される。また、ナフサ受槽１０７の最下部に溜まる水（オーバーヘッドレシーバ水）は、ナフサ受槽１０７の排水部１１０から排水される。

なお、図１において、熱交換器１１１、１１１Ａ、１１１Ｂ、１１１Ｃは、温度管理の観点から、蒸留塔から分留された留分の一部を冷却し、塔内へ還流するために用いられる。

[0016] <測定部>

測定部１０は、蒸留塔１０３の高さ方向における異なる複数箇所の圧力を測定する圧力測定部１１、蒸留塔１０３の塔頂部温度を測定する温度測定部１２、及び、蒸留塔１０３に供給される供給塩素量と蒸留塔１０３から排出される排出塩素量を測定する塩素測定部１３からなる群から選ばれる少なく

とも1つである。つまり、測定部10によって測定する測定データは、圧力測定部11、温度測定部12及び塩素測定部13からなる群から選ばれる少なくとも1つから得られる。換言すれば、測定部10は、圧力測定部11、温度測定部12及び塩素測定部13のうちのいずれか1つ、それらのうちのいずれか2つ、又は、それら3つであり、また、上記測定データは、圧力測定部11、温度測定部12及び塩素測定部13のうちのいずれか1つ、それらのうちのいずれか2つ、又は、それら3つから得られる。

以下に、圧力測定部11、温度測定部12及び塩素測定部13について詳細に説明する。

[0017] 《圧力測定部》

圧力測定部11は、蒸留塔103の高さ方向における異なる複数箇所の圧力を測定し、蒸留塔103における各箇所の圧力を取得する。圧力測定部11は、蒸留塔103の任意の箇所で圧力を測定することで、蒸留塔103内の任意の箇所の圧力を取得することができ、例えば、蒸留塔103の塔頂部での圧力、並びに、第1サイドリフラックス131、第2サイドリフラックス132及び第3サイドリフラックス133等の複数備えるサイドリフラックスの少なくともいずれかの上部又は下部圧力を取得することができる。圧力測定部11は、蒸留塔103内の圧力を直接測定する構成であってもよく、塔内圧力と相関する圧力を取得する構成であってもよい。圧力測定部11は、蒸留塔103の圧力を連続的に取得してもよく、断続的に取得してもよい。

圧力測定部11としては、例えば、歪みゲージ式の圧力センサ等を用いることができる。

また、圧力測定部11として取得する圧力は、推定値でもよい。

[0018] 《温度測定部》

温度測定部12は、好ましくは蒸留塔103の塔頂部近傍に設けられ、塔頂部温度を測定する。温度測定部12は、蒸留塔103内の温度を直接測定する構成であってもよく、塔頂部温度と相関する温度（例えば、熱交換器1

11B, 111Cの前後の温度)を取得する構成であってもよい。温度測定部12は、蒸留塔103の塔頂部温度を連続的に取得してもよく、断続的に取得してもよい。

温度測定部12としては、例えば、熱電対等の温度センサを用いることができる。

また、温度測定部12として取得する塔頂部温度は、推定値でもよい。

[0019] 《塩素測定部》

塩素測定部13は、原料油を蒸留塔103に供給するライン102に設けられ、蒸留塔103に供給される供給塩素量を測定する。また、塩素測定部13は、ナフサ留分及びガス留分を蒸留塔103の塔頂部から排出するライン104、及び／又は、ドレン水を排出する排水部110に設けられ、蒸留塔103から排出される排出塩素量を測定する。塩素測定部13は、供給塩素量及び排出塩素量を連続的に取得してもよく、断続的に取得してもよい。

塩素測定部13としては、供給塩素量及び排出塩素量を測定することができるものであればよく、例えば、原料油及びドレン水のそれぞれから塩素量を測定する方法、及び、供給塩素量及び排出塩素量をX線分析等によって測定する方法などにより測定を行うものが挙げられる。

[0020] <運転データ部>

運転データ部20は、測定部10によって測定した測定データを含む運転データを作成する。

測定部10が圧力測定部11である場合、運転データ部20は、蒸留塔103の部位間における差圧に関する差圧データ200を含む運転データを作成する。

差圧データ200は、圧力測定部11によって測定した蒸留塔103における部位間のそれぞれの圧力の差分を算出することで得られる。例えば、第1サイドリフラックス131における差圧データ200は、蒸留塔103の塔頂部の圧力と第1サイドリフラックス131の下部圧力を取得し、取得したこれら圧力の差分から求めることができる。

差圧データ 200 は、差圧を求めた個所を通過するプロセス流体量で補正した値である補正差圧であることが好ましい。

差圧データ 200 における推移は、連続的なデータに基づくものであってもよく、断続的なデータに基づくものであってもよい。

[0021] 測定部 10 が温度測定部 12 である場合、運転データ部 20 は、温度測定部 12 で測定した塔頂部温度と算出して得る塩析温度との温度差に関する温度差データ 201 を含む運転データを作成する。

温度差データ 201 は、塔頂部温度と塩析温度との差分を算出することで得られる。

なお、塩析温度は、アントワン式より算出して得ることができる。例えば、Calculations estimate process stream depositions (Oil & Gas Journal Jan 3, 1994, P.38 - 41)に準拠して算出してもよい。

[0022] 測定部 10 が塩素測定部 13 である場合、運転データ部 20 は、塩素測定部 13 で測定した供給塩素量と排出塩素量との塩素量差に関する塩素量差データ 202 を含む運転データを作成する。

塩素量差データ 202 は、蒸留塔 103 に供給される供給塩素量と蒸留塔 103 から排出される排出塩素量との差分を算出することで得られる。

[0023] <分析部>

分析部 30 は、運転データから蒸留塔 103 の状態を分析し、蒸留塔 103 の状態に関する分析データ 300 を作成する。分析部 30 は、蒸留塔 103 の状態として、例えば、塩析の有無を分析する。

分析部 30 は、差圧データ 200 から得られる差圧推移から将来の差圧の予測推移を分析することができる。差圧データ 200 から得られる差圧推移は、単位時間あたりの差圧の変化の値によって把握してもよく、差圧データ 200 から得られる差圧推移をグラフ化して把握してもよい。分析部 30 によって、差圧データ 200 を含む運転データを用いて分析して作成した分析データ 300 の一例を図 2 に示す。図 2 は、横軸が運転日数とし、縦軸が差圧としたグラフである。つまり、図 2 は、差圧推移を示すグラフである。分

析部 30 は、現在までに得られた差圧推移に基づいて、移動平均、指数平均、直線近似、非直線近似、多変量解析及びその他自由設定値の群からなる少なくとも 1 つを実施することで、現在までに得られた差圧推移から将来の差圧の予測推移を分析する。具体的には、分析部 30 は、差圧データ 200 から得られる差圧推移を示すグラフの傾きから将来の差圧の予測推移を分析する。そして、分析部 30 は、蒸留塔 103 の運転に支障が出る状態であると設定した上限差圧に、分析して得られた予測推移が達するかについての予測を実施する。

差圧推移から将来の差圧の予測推移を分析した結果、例えば、上限差圧に達することが予測される期間が運転の目的期間を超える場合、良好である「A 評価」とする。「A 評価」の場合には、蒸留塔 103 の運転仕様（差圧解消剤の種類及び差圧解消剤の添加量等）の変更を推奨しない。一方、差圧推移から将来の差圧の予測推移を分析した結果、例えば、上限差圧に達することが予測される期間が運転の目的期間より短くなる虞がある場合は要注意である「B 評価」とし、目的期間より短くなるのが濃厚である場合は要対策である「C 評価」とする。「B 評価」又は「C 評価」の場合には、蒸留塔 103 の運転仕様の変更を推奨する。

なお、将来の差圧の予測推移は、機械学習またはディープラーニングによって学習して得た結果を利用することでより精度を高めることができる。

[0024] 分析部 30 は、温度差データ 201 から得られる塔頂部温度と塩析温度との温度差推移から将来の温度差の予測推移を分析することができる。温度差データ 201 から得られる温度差推移は、単位時間あたりの温度差の変化の値によって把握してもよく、温度差データ 201 から得られる温度差推移をグラフ化して把握してもよい。分析部 30 によって、温度差データ 201 を含む運転データを用いて分析して作成した分析データ 300 の一例を図 3 に示す。図 3 は、横軸が運転日数とし、縦軸が温度としたグラフである。つまり、図 3 は、塔頂部温度と塩析温度との温度差推移を示すグラフである。分析部 30 は、現在までに得られた温度差推移に基づいて、移動平均、指数平

均、直線近似、非直線近似、多変量解析及びその他自由設定値の群からなる少なくとも1つを実施することで、現在までに得られた温度差推移から将来の温度差の予測推移を分析する。具体的には、分析部30は、温度差データ201から得られる温度差推移を示すグラフの傾きから将来の温度差の予測推移を分析する。そして、分析部30は、塔頂部温度が塩析温度を下回る場合に蒸留塔103の運転に支障が出る状態であると設定し、分析して得られた予測推移において、塔頂部温度が塩析温度を下回るかについての予測を実施する。

温度差推移から将来の温度差の予測推移を分析した結果、例えば、塔頂部温度が塩析温度を下回る予測の場合、良好である「A評価」とする。「A評価」の場合には、蒸留塔103の運転仕様（差圧解消剤の種類及び差圧解消剤の添加量等）の変更を推奨しない。一方、温度差推移から将来の温度差の予測推移を分析した結果、例えば、塔頂部温度が塩析温度に達する虞がある予測の場合は要注意である「B評価」とし、塔頂部温度が塩析温度に達することが濃厚である予測の場合は要対策である「C評価」とする。「B評価」又は「C評価」の場合には、蒸留塔103の運転仕様の変更を推奨する。

なお、将来の温度差の予測推移は、機械学習またはディープラーニングによって学習して得た結果を利用することでより精度を高めることができる。

[0025] 分析部30は、塩素量差データ202から得られる供給塩素量と排出塩素量との塩素量差推移から将来の塩素差の予測推移を分析することができる。塩素量差データ202から得られる塩素差推移は、単位時間あたりの塩素差の変化の値によって把握してもよく、塩素差データ202から得られる塩素差推移をグラフ化して把握してもよい。分析部30によって、塩素量差データ202を含む運転データを用いて分析して作成した分析データ300の一例を図4に示す。図4は、横軸が運転日数とし、縦軸が塩素量としたグラフである。つまり、図4は、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差推移を示すグラフである。分析部30は、現在までに得られた塩素量差推移に基づいて、移動平均、指数平均、直線近似、非直線近似、多変量解析及びその他自由

設定値の群からなる少なくとも1つを実施することで、現在までに得られた塩素量差推移から将来の塩素量差の予測推移を分析する。具体的には、分析部30は、塩素量差データ202から得られる塩素量差推移を示すグラフの傾きから将来の塩素量差の予測推移を分析する。そして、分析部30は、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差が一定値以上となる場合に蒸留塔103の運転に支障が出る状態であると設定し、分析して得られた予測推移において、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差が一定値以上となるかについての予測を実施する。

塩素差推移から将来の温度差の予測推移を分析した結果、例えば、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差が一定値を下回る予測の場合、良好である「A評価」とする。「A評価」の場合には、蒸留塔103の運転仕様（差圧解消剤の種類及び差圧解消剤の添加量等）の変更を推奨しない。一方、塩素差推移から将来の温度差の予測推移を分析した結果、例えば、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差が一定値に達する虞がある場合は要注意である「B評価」とし、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差が一定値に達することが濃厚である場合は要対策である「C評価」とする。「B評価」又は「C評価」の場合には、蒸留塔103の運転仕様の変更を推奨する。

なお、将来の塩素量差の予測推移は、機械学習またはディープラーニングによって学習して得た結果を利用することでより精度を高めることができる。

[0026] <制御部>

制御部40は、分析データ300に基づいて、蒸留塔103に添加する差圧解消剤に関する制御データ400を作成する。制御データ400は、蒸留塔103に添加する差圧解消剤の種類及び差圧解消剤の添加量を含むデータである。

分析データ300において蒸留塔103の運転に支障が出る状態にならないと予測されている場合、制御部40は、蒸留塔103に添加する差圧解消剤の種類及び差圧解消剤の添加量を維持する制御データ400を作成する。

一方、分析データ300において蒸留塔103の運転に支障が出る状態になるとの予測がある場合、制御部40は、蒸留塔103に添加する差圧解消剤の種類を変更する、及び／又は、差圧解消剤の添加量を増加する制御データ400を作成する。

制御部40は、制御データ400を差圧解消剤タンク120に送信し、制御データ400に基づいて、蒸留塔103に差圧解消剤を添加する。

なお、本実施形態に係る蒸留塔管理システム1は、制御データに基づいて蒸留塔103に差圧解消剤を添加する差圧解消剤添加部（図示せず）を備える構成であってもよい。

[0027] 差圧解消剤は、塩除去剤及び塩分散剤の少なくとも1つであることが好ましい。差圧解消剤の対象となる塩の種類に特に限定はなく、例えば、塩化アンモニウム、水硫化アンモニウム、硫酸アンモニウム等が当該塩として挙げられる。

塩除去剤は、析出した塩を中和塩にする薬剤である。塩除去剤は、第4級アンモニウム化合物であることが好ましい。第4級アンモニウム化合物は、特に限定されないが、ヒドロキシメチルトリメチルアンモニウムヒドロオキシド、ヒドロキシメチルトリエチルアンモニウムヒドロオキシド、ヒドロキシエチルトリメチルアンモニウムヒドロオキシド、（2-ヒドロキシエチル）トリエチルアンモニウムヒドロオキシド、（3-ヒドロキシプロピル）トリメチルアンモニウムヒドロオキシド等の1種又は2種以上であってよい。中でも、（2-ヒドロキシエチル）トリエチルアンモニウムヒドロオキシド（以下、「コリンヒドロオキシド」という。）が好ましく、コリンヒドロオキシド単独で用いても、コリンヒドロオキシドと他の有機アミン等のアルカリ性物質とを併用してもよい。

塩分散剤は、塩を流体に懸濁したものとして維持し、沈殿又は付着を防止する薬剤である。塩分散剤としては、例えば、国際公開第2006/032620号、米国特許第7585403号明細書及び米国特許第5387733号明細書に記載の塩分散剤を用いることができる。

[0028] 差圧解消剤を蒸留塔 103 に添加（注入）する位置は、特に限定されないが、析出した塩を蒸留塔 103 の系外に短時間に排出する観点から、常圧蒸留装置のトップリフラックスのライン（塔の最も高い位置に塔頂系より還流するプロセス流体）、トップポンプアラウンドの戻りライン（重質ナフサ、ガソリン留分に相当する留分；循環・冷却されるプロセス流体）、又はトップポンプアラウンドの拔出ライン（重質ナフサ、ガソリン留分に相当する留分；循環・冷却されるプロセス流体）に、添加（注入）することが好ましく、トップフラックスのラインがさらに好ましい。また、差圧解消剤の添加（注入）する位置は、いずれかのラインを組み合わせ、複数ラインにしてもよい。

例えば、図 1 において、差圧解消剤は、以下、差圧解消剤注入ライン 121 a、121 b 又は 121 c のいずれかのラインまたは複数のラインに対し添加（注入）することが好ましい。

差圧解消剤注入ライン 121 a：トップリフラックスの流体

差圧解消剤注入ライン 121 b：トップポンプアラウンドの戻りの流体

差圧解消剤注入ライン 121 c：トップポンプアラウンドの拔出の流体

注入ラインでは、プロセス流体への分散性の観点から、クイルノズルを使用することが好ましい。

[0029] [蒸留塔状態分析方法]

本実施形態に係る蒸留塔状態分析方法は、図 5 に示すように、測定工程 S1 と、運転データ作成工程 S2 と、分析データ作成工程 S3 とを含むことを特徴とする。以下に、本実施形態に係る蒸留塔管理方法を図 1 及び図 5 を参照して説明する。

[0030] <測定工程>

測定工程 S1 は、蒸留塔 103 の高さ方向における異なる複数箇所の圧力を圧力測定部 11 で測定する圧力測定工程 S10、蒸留塔 103 の塔頂部温度を温度測定部 12 で測定する温度測定工程 S11、及び、蒸留塔 103 に供給される供給塩素量と蒸留塔 103 から排出される排出塩素量を塩素測定

部 1 3 で測定する塩素測定工程 S 1 2 からなる群から選ばれる少なくとも 1 つを含む。

[0031] 《圧力測定工程》

測定工程 S 1 が圧力測定工程 S 1 0 を含む場合、具体的には、圧力測定部 1 1 によって、蒸留塔 1 0 3 の塔頂部での圧力、並びに、第 1 サイドリフラックス 1 3 1、第 2 サイドリフラックス 1 3 2 及び第 3 サイドリフラックス 1 3 3 等の複数備えるサイドリフラックスの少なくともいずれかの下部圧力を測定する。圧力測定部 1 1 による圧力の測定方法は、蒸留塔 1 0 3 内の圧力を直接測定する方法であってもよく、塔内圧力と相関する圧力を測定する方法であってもよい。圧力測定部 1 1 による圧力の測定は、蒸留塔 1 0 3 の圧力を連続的に測定してもよく、断続的に測定してもよい。

圧力測定部 1 1 は、ネットワーク 5 0 を介して記憶部（図示せず）に測定した圧力を記憶させる。記憶部としては、例えば、ROM、RAM 及びハードディスク等の記憶媒体を用いることができる。圧力測定部 1 1 が通信ネットワーク 5 0 で接続されていることで I o T (Internet of Things) により、遠隔制御、遠隔監視及びデータ送受信等を行うことができ、測定した圧力を利用して、蒸留塔管理システム 1 の構成要素が相互に情報交換することを可能とする。

[0032] 《温度測定工程》

測定工程 S 1 が温度測定工程 S 1 1 を含む場合、具体的には、蒸留塔 1 0 3 の塔頂部に設けられた温度測定部 1 2 によって、蒸留塔 1 0 3 の塔頂部温度を測定する。温度測定部 1 2 による温度の測定方法は、蒸留塔 1 0 3 内の温度を直接測定する方法であってもよく、塔頂部温度と相関する温度（例えば、熱交換器 1 1 1 B, 1 1 1 C の前後の温度）を測定する方法であってもよい。また、温度測定部 1 2 によって取得する塔頂部温度は、推定値でもよい。温度測定部 1 2 による温度の測定は、蒸留塔 1 0 3 の塔頂部温度を連続的に測定してもよく、断続的に測定してもよい。

温度測定部 1 2 は、ネットワーク 5 0 を介して記憶部（図示せず）に測定

した温度を記憶させる。

[0033] 《塩素測定工程》

測定工程 S 1 が塩素測定工程 S 1 2 を含む場合、具体的には、原料油を蒸留塔 1 0 3 に供給するライン 1 0 2 に設けられた塩素測定部 1 3 によって、蒸留塔 1 0 3 に供給される供給塩素量を測定する。また、ナフサ留分及びガス留分を蒸留塔 1 0 3 の塔頂部から排出するライン 1 0 4、及び／又は、ドレン水を排出する排水部 1 1 0 に設けられた塩素測定部 1 3 によって、蒸留塔 1 0 3 から排出される排出塩素量を測定する。塩素測定部 1 3 による供給塩素量及び排出塩素量の測定は、連続的に測定してもよく、断続的に測定してもよい。

塩素測定部 1 3 は、ネットワーク 5 0 を介して記憶部（図示せず）に測定した供給塩素量及び排出塩素量を記憶させる。

[0034] <運転データ作成工程>

運転データ作成工程 S 2 において、測定工程 S 1 によって測定された測定データを含む運転データを運転データ部 2 0 で作成する。

[0035] 《差圧データ作成工程》

測定工程 S 1 が圧力測定工程 S 1 0 を含む場合、運転データ作成工程 S 2 は、蒸留塔 1 0 3 の部位間における差圧に関する差圧データ 2 0 0 を含む運転データを運転データ部 2 0 で作成する差圧データ作成工程 S 2 0 を含む。

具体的には、まず、運転データ部 2 0 は、記憶部に記憶されている測定工程 S 1 で測定した圧力に関するデータを取得する。

次いで、運転データ部 2 0 は、測定工程 S 1 で測定した蒸留塔 1 0 3 における部位間のそれぞれの圧力の差分を算出することで差圧データ 2 0 0 を作成する。このとき、運転データ部 2 0 は、差圧データ 2 0 0 を、差圧試算箇所を通過するプロセス流体量で補正した補正差圧を差圧データ 2 0 0 とすることが好ましい。運転データ部 2 0 は、差圧データ 2 0 0 における推移を作成するに当たり、連続的なデータに基づくものであってもよく、断続的なデータに基づくものであってもよい。

運転データ部20は、ネットワーク50を介して記憶部（図示せず）に作成した差圧データ200を記憶させる。

[0036] 《温度差データ作成工程》

測定工程S1が温度測定工程S11を含む場合、運転データ作成工程S2は、塔頂部温度と算出して得る塩析温度との温度差に関する温度差データ201を含む運転データを作成する温度差データ作成工程S21を含む。

具体的には、運転データ部20は、記憶部に記憶されている温度測定工程S11で測定した塔頂部温度に関するデータを取得する。

次いで、運転データ部20は、塩析温度を塔頂部圧力、酸（例えば、塩化物）のモル流量、塩基（アンモニア及びアミン類）のモル流量、プロセスのモル流体量及びプロセスの圧力値に基づいて算出する。なお、酸のモル流量及び塩基のモル流量は、固定値を使用してもよく、塔頂ドレン水の分析値、又はセンサ読み取り値から試算してもよい。また、プロセスのモル流体量及びプロセスの圧力値は、実機既設のセンサ読み取り値を使用することができる。

次いで、運転データ部20は、塔頂部温度と塩析温度との差分を算出することで温度差データ201を作成する。

運転データ部20は、ネットワーク50を介して記憶部（図示せず）に作成した温度差データ201を記憶させる。

[0037] 《塩素量差データ作成工程》

測定工程S1が塩素測定工程S12を含む場合、運転データ作成工程S2は、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差に関する塩素量差データ202を含む運転データを作成する塩素量差データ作成工程S22を含む。

具体的には、運転データ部20は、記憶部に記憶されている塩素測定工程S12で測定した供給塩素量及び排出塩素量に関するデータを取得する。

次いで、運転データ部20は、蒸留塔103に供給される供給塩素量と蒸留塔103から排出される排出塩素量との差分を算出することで塩素量差データ202を作成する。

運転データ部20は、ネットワーク50を介して記憶部（図示せず）に作成した塩素量差データ202を記憶させる。

[0038] <分析データ作成工程>

分析データ作成工程S3において、運転データから蒸留塔103の状態を分析し、蒸留塔103の状態に関する分析データ300を分析部30で作成する。分析データ作成工程S3において、蒸留塔103の状態として、例えば、塩析の有無を分析部30で分析した分析データ300を作成する。

分析データ作成工程S3において、差圧データ200を含む運転データを用いて分析する場合について説明する。

まず、分析部30は、記憶部に記憶されている運転データ作成工程S2で作成された差圧データ200を含む運転データを取得する。

次いで、分析部30は、差圧データ200を含む運転データに基づいて、差圧データ200から得られる差圧推移から将来の差圧の予測推移を分析する。分析部30は、例えば、差圧データ200を含む運転データに基づいて、図2に示すような、差圧推移を示すグラフを作成し、差圧推移を示すグラフから将来の差圧の予測推移を分析する。具体的には、分析部30は、差圧データ200から得られる差圧推移を示すグラフの傾きから将来の差圧の予測推移を分析する。そして、分析部30は、蒸留塔103の運転に支障が出る状態であると設定した上限差圧に、分析して得られた予測推移が達するか否かを判断し、判断結果を含んだ分析データ300を作成する。

分析部30は、ネットワーク50を介して記憶部（図示せず）に作成した分析データ300を記憶させる。

[0039] 分析データ作成工程S3において、温度差データ201を含む運転データを用いて分析する場合について説明する。

まず、分析部30は、記憶部に記憶されている運転データ作成工程S2で作成された温度差データ201を含む運転データを取得する。

次いで、分析部30は、温度差データ201を含む運転データに基づいて、温度差データ201から得られる温度差推移から将来の温度差の予測推移

を分析する。分析部30は、例えば、温度差データ201を含む運転データに基づいて、図3に示すような、温度差推移を示すグラフを作成し、温度差推移を示すグラフから将来の温度差の予測推移を分析する。具体的には、分析部30は、温度差データ201から得られる温度差推移を示すグラフの傾きから将来の温度差の予測推移を分析する。そして、分析部30は、塔頂部温度が塩析温度を下回る場合に蒸留塔103の運転に支障が出る状態であると設定し、分析して得られた予測推移において、塔頂部温度が塩析温度を下回るか否かを判断し、判断結果を含んだ分析データ300を作成する。

分析部30は、ネットワーク50を介して記憶部（図示せず）に作成した分析データ300を記憶させる。

[0040] 分析データ作成工程S3において、塩素量差データ202を含む運転データを用いて分析する場合について説明する。

まず、分析部30は、記憶部に記憶されている運転データ作成工程S2で作成された塩素量差データ202を含む運転データを取得する。

次いで、分析部30は、塩素量差データ202を含む運転データに基づいて、塩素量差データ202から得られる塩素量差推移から将来の温度差の予測推移を分析する。分析部30は、例えば、塩素量差データ202を含む運転データに基づいて、図4に示すような、塩素量差推移を示すグラフを作成し、塩素量差推移を示すグラフから将来の温度差の予測推移を分析する。具体的には、分析部30は、塩素量差データ202から得られる塩素量差推移を示すグラフの傾きから将来の塩素量差の予測推移を分析する。そして、分析部30は、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差が一定値以上となる場合に蒸留塔103の運転に支障が出る状態であると設定し、分析して得られた予測推移において、供給塩素量と排出塩素量との塩素量差が一定値以上となるか否かを判断し、判断結果を含んだ分析データ300を作成する。

分析部30は、ネットワーク50を介して記憶部（図示せず）に作成した分析データ300を記憶させる。

[0041] [蒸留塔管理方法]

本実施形態に係る蒸留塔管理方法は、図6に示すように、測定工程S1と、運転データ作成工程S2と、分析データ作成工程S3と、制御データ作成工程S4とを含むことを特徴とする。以下に、本実施形態に係る蒸留塔管理方法を図1及び図6を参照して説明する。

なお、測定工程S1、運転データ作成工程S2及び分析データ作成工程S3は、上述した蒸留塔状態分析方法と同様であるため、記載を省略する。

[0042] <制御データ作成工程>

制御データ作成工程S4において、分析データ300に基づいて、蒸留塔103に添加する差圧解消剤に関する制御データ400を制御部40で作成する。

具体的には、まず、制御部40は、記憶部に記憶されている分析データ作成工程S3で作成された分析データ300を取得する。

次いで、制御部40は、分析データ300において蒸留塔103の運転に支障が出る状態にならないと予測されているか否かを判断する。そして、制御部40は、分析データ300において蒸留塔103の運転に支障が出る状態にならないと予測されている場合、蒸留塔103に添加する差圧解消剤の種類及び差圧解消剤の添加量を維持する制御データ400を作成する。また、制御部40は、分析データ300において蒸留塔103の運転に支障が出る状態になるとの予測がある場合、蒸留塔103に添加する差圧解消剤の種類を変更する、及び／又は、差圧解消剤の添加量を増加する制御データ400を作成する。

次いで、制御部40は、制御データ400を差圧解消剤タンク120に送信し、制御データ400に基づいて、蒸留塔103に差圧解消剤を添加する。差圧解消剤は、塩除去剤及び塩分散剤の少なくとも1つであることが好ましい。

産業上の利用可能性

[0043] 本発明の蒸留塔管理システム、蒸留塔状態分析方法及び蒸留塔管理方法によれば、蒸留塔における異常が顕在化する前に予知することができ、予防処

置を講じることができるため、設備使用効率の向上、また、設備の長寿命化が実現できる。

符号の説明

[0044] 1 : 蒸留塔管理システム

10 : 測定部

11 : 圧力測定部

12 : 温度測定部

13 : 塩素測定部

20 : 運転データ部

30 : 分析部

40 : 制御部

50 : 通信ネットワーク

100 : 蒸留塔設備

102, 104, 108, 109 : ライン

103 : 蒸留塔

105 : 空冷式冷却器

106 : 熱交換器

107 : ナフサ受槽

110 : 排水部

111, 111A, 111B, 111C : 熱交換器

112a, 112b : サイドストリッパー

113, 114, 115a, 116a : ライン

120 : 差圧解消剤タンク

121a, 121b, 121c : 差圧解消剤注入ライン