



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년02월03일
(11) 등록번호 10-0939515
(24) 등록일자 2010년01월22일

(51) Int. Cl.

F25J 3/02 (2006.01) *F25J 1/02* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-7026471

(22) 출원일자 2006년04월18일

심사청구일자 2007년12월13일

(85) 번역문제출일자 2007년11월14일

(65) 공개번호 10-2008-0010417

(43) 공개일자 2008년01월30일

(86) 국제출원번호 PCT/GB2006/001390

(87) 국제공개번호 WO 2006/111721

국제공개일자 2006년10월26일

(30) 우선권주장

52525224.3 2005년04월22일
유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문헌

US3721099 A*

US20030136146 A1

US6070429 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

에어 프로덕츠 앤드 케미칼스, 인코오포레이티드
미합중국 펜실베이니아주 18195-1501 알렌타운시 해
밀턴 블라바아드 7201

(72) 발명자

스필스베리 크리스토퍼 지오프

영국 서레이 쥐유허 2비엑스 해슬미어 룩스 네스
트 비이치 로드

(74) 대리인

김태홍, 신정건

전체 청구항 수 : 총 11 항

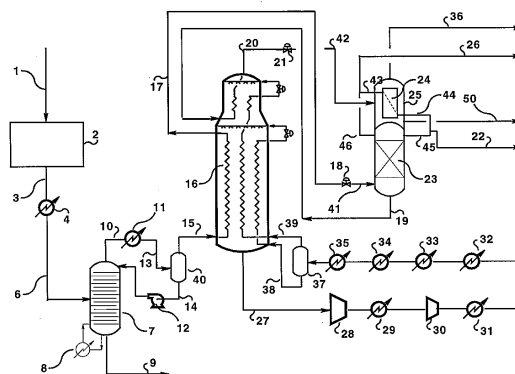
심사관 : 서상용

(54) 액화 천연 가스로부터의 2단계 질소 제거

(57) 요약

본 발명에 따르면 질소는 2단 분리에 의해 액화 천연 가스 공급물(41)로부터 제거되는데, 이 2단 분리에서 액화 천연 가스(41)는 우선 제1 질소-농후 상위 증기 흐름(46)과 질소-함유 하위 액체 흐름(19)을 제공하도록 분별 증류(23)된 이후에, 상기 하위 액체 흐름(19) 중 적어도 일부분이 상기 제1 상위 증기 흐름(46)보다 순도가 낮은 제2 질소-농후 상위 증기 흐름(36)과 정화된 액화 천연 가스 흐름(50)을 제공하도록 분별 증류(25)된다. 제1 분별 증류는 증류탑(23)에서 수행되는데, 이 증류탑에는 제2 분별 증류가 수행되는 플래시 드럼(25) 내부에 배치되어 있는 응축기(24)에서 응축된 상위 질소(43)가 환류된다. 서로 다른 농도를 갖는 두 질소-함유 흐름(26, 36)을 제공함으로써, 천연 가스 액화 플랜트에서 사용하기 위한 연료 가스의 질소 함유량을 제어할 수 있게 된다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

질소-제거 액화 천연 가스 흐름(50)을 마련하는 방법으로서,

가스 터빈에 의해 제공되는 일을 사용함으로써, 질소-함유 천연 가스(15)를 액화하여, 질소-함유 액화 천연 가스 흐름(41)을 제공하는 단계;

증류탑(23)에서 상기 액화 천연 가스 흐름에 대하여 제1 분별 증류를 행하여, 제1 질소-농후 상위 증기 흐름(46)과 질소-함유 하위 액체 흐름(19)을 제공하는 단계;

상기 액화 천연 가스 흐름으로부터 유래하지 않은 냉각 유체(39)에 의해 제공되는 냉각을 사용하여, 상기 질소-함유 하위 액체 흐름(19)의 적어도 일부분(20)을 과냉각하고 감압(21)하는 단계;

상기 과냉각되고 감압된 부분(42)에 대해 플래시 드럼(25)에서 제2 분별 증류를 행하여, 상기 제1 상위 증기 흐름(46)보다 순도가 낮은 제2 질소-농후 상위 증기 흐름(36)과 정화된 액화 천연 가스 흐름을 제공하는 단계;

상기 플래시 드럼(25)에서 상기 제1 질소-농후 상위 증기 흐름(46)의 적어도 일부를 응축시켜, 상기 플래시 드럼(25) 내에서 가열 듀티를 제공하며, 응축된 질소-농후 상위 증기를 생성하는 단계; 및

상기 증류탑에 환류로서 상기 응축된 질소-농후 상위 증기의 적어도 일부를 복귀시키고, 상기 천연 가스 흐름의 액화와 관련된 용도로 일을 제공하는 상기 가스 터빈에 연료 가스로서, 상기 질소-농후 상위 증기 흐름들(46, 36) 중 제1 질소-농후 상위 증기 흐름(46)이 아닌 상기 제2 질소-농후 상위 증기 흐름(36)을 사용하거나 추가하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 질소-함유 하위 액체 흐름(19)이 모두 플래시 드럼(25)에 공급되는 것인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 과냉각된 질소-함유 하위 액체 흐름(20)의 일부분(54)만이 플래시 드럼(25)에 공급되고, 나머지 부분(53)은 상기 제1 상위 증기 흐름(46)보다 순도가 낮은 제3 질소-농후 상위 증기 흐름(55)과 제2 정화된 액화 천연 가스 흐름(51)으로 분리하기 위한 제2 플래시 드럼(52)에 공급되는 것인 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 제1 질소-농후 상위 증기 흐름(46)은 95 mol%를 초과하는 질소 농도를 갖는 것인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 질소-함유 천연 가스(15)는 액화 및 과냉각 섹션을 구비하는 나권형 열 교환기(16)에서 액화되고, 질소-함유 액화 천연 가스 흐름은 액화 섹션의 하류에서 인출되며, 증류탑(23)으로부터의 하위 액체 흐름은 상기 과냉각 섹션에서 과냉각되는 것인 방법.

청구항 6

질소-제거 액화 천연 가스 흐름(50)을 마련하는 방법으로서,

액화 및 과냉각 섹션을 구비하는 나권형 열 교환기(16)에 질소-함유 천연 가스 흐름(15)을 공급하는 단계로서, 상기 열 교환기에서 냉각 듀티는 재순환 냉각제 시스템(27-39)에 의해 제공되며, 이 시스템에는 연료 가스로 움직이는 가스 터빈에 의해 일이 공급되는 것인 단계;

상기 액화 섹션의 하류에서 액화 가스 흐름(17)을 인출하는 단계;

상기 액화 가스 흐름에 대하여 증류탑(23)에서 제1 분별 증류를 행하여, 제1 질소-농후 상위 증기 흐름(46)과 질소-함유 하위 액체 흐름(19)을 제공하는 단계;

상기 하위 액체 흐름(19)의 적어도 일부분을 열 교환기(16)의 상기 과냉각 섹션에서 과냉각시키고 이 부분을 감압(21)시키는 단계;

상기 감압된 부분에 대하여 플래시 드럼(25)에서 제2 분별 증류를 행하여, 상기 제1 상위 증기 흐름(46)보다 순도가 낮은 제2 질소-농후 상위 증기 흐름(36)과 정화된 액화 천연 가스 흐름(50)을 제공하는 단계;

제1 질소-농후 상위 증기 흐름의 일부분을 상기 플래시 드럼에서 응축시켜, 플래시 드럼 내부에 가열 듀티를 제공하고, 응축된 질소-농후 상위 흐름(44)을 생성하는 단계;

상기 응축된 질소-농후 상위 흐름의 적어도 일부분(45)을 증류탑(23)에 대한 환류로서 복귀시키는 단계; 및

상기 제2 질소-농후 상위 증기 흐름(36)을 적어도 연료 가스의 성분으로서 사용하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 질소-함유 하위 액체 흐름(19)이 모두 플래시 드럼(25)에 공급되는 것인 방법.

청구항 8

제6항에 있어서, 과냉각된 질소-함유 하위 액체 흐름(20)의 일부분(54)만이 플래시 드럼(25)에 공급되고, 나머지 부분(53)은 상기 제1 상위 증기 흐름(46)보다 순도가 낮은 제3 질소-농후 상위 증기 흐름(55)과 제2 정화된 액화 천연 가스 흐름(51)으로 분리하기 위한 제2 플래시 드럼(52)에 공급되는 것인 방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 제1 질소-농후 상위 증기 흐름(46)은 95 mol%를 초과하는 질소 농도를 갖는 것인 방법.

청구항 10

제1항에 있어서의 방법에 의해 질소-제거 액화 천연 가스 흐름을 마련하는 장치로서,

질소-함유 천연 가스 공급물(15)을 액화하기 위한 냉각 시스템(16);

상기 냉각 시스템(16)과 관련하여 사용하는 일을 제공하는 가스 터빈;

증류탑(23);

플래시 드럼(25);

상기 플래시 드럼(25) 내에 마련되는 응축기(24);

냉각 유체(39)로부터 냉각 듀티를 받는 열 교환기(16);

질소-함유 액화 천연 가스를 냉각 시스템(16)으로부터 증류탑(23)에 공급하기 위한 도관 수단(17, 41);

제1 질소-농후 상위 증기 흐름을 증류탑(23)에서 제거하기 위한 도관 수단(46);

제1 질소-농후 상위 증기 흐름 중 일부분을 응축기(24)로 이송하기 위한 도관 수단(43);

응축된 제1 질소-농후 상위 증기 흐름을 응축기(24)로부터 증류탑(23)으로 환류로서 복귀시키기 위한 도관 수단(44, 45);

질소-함유 하위 액체 흐름을 증류탑(23)에서 열 교환기(24)로 이송하기 위한 도관 수단(19);

과냉각된 질소-함유 하위 액체 흐름을 감압된 상태로 열 교환기에서 플래시 드럼(25)으로 이송하기 위한 도관 수단(20);

제2 질소-농후 상위 증기 흐름을 플래시 드럼(25)에서 제거하기 위한 도관 수단(36);

정화된 액화 천연 가스 흐름을 플래시 드럼에서 제거하기 위한 도관 수단(50); 및

제2 질소-농후 상위 증기 흐름을 가스 터빈에 연료 가스 공급물로서 공급하기 위한 도관 수단(36)

을 포함하는 장치.

청구항 11

제10항에 있어서, 냉각 시스템은 액화 및 과냉각 섹션을 구비하는 나관형 열 교환기(16)를 포함하고, 질소-함유 액화 천연 가스를 증류탑(23)에 공급하기 위한 도관 수단(17, 41)은 질소-함유 액화 천연 가스 흐름을 액화 섹션의 하류에서 상기 열 교환기로부터 인출하며, 열 교환기(16)를 구성하는 상기 과냉각 섹션에서는 증류탑(23)으로부터의 질소-함유 하위 액체 흐름이 과냉각되는 것인 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 액화 천연 가스(LNG)의 흐름으로부터 질소를 제거하는 것에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 연료 가스 내의 질소 함유량 중 일부분만을 사용하고 나머지 질소 함유량은 대기 중으로 배출하는 용례에 관한 것이지만, 이에 국한되는 것은 아니다. 본 발명에서는 질소를 두 단계에서 서로 다른 농도로 제거하는 방법과, 이러한 방법을 이용하여 질소-제거 LNG 생성물을 제공하는 천연 가스 액화용 장치가 제공된다.

배경기술

[0002] 가스 터빈은 대개 LNG 설비에 축 일과 전력을 제공하는 데 사용된다. 이러한 가스 터빈용 연료는 대개 LNG 공정으로부터의 부생 가스로서 생성된다. 통상의 LNG 공정에서, 가스 공급물 내에 존재하는 질소는 이러한 연료 가스 흐름으로 대개 버려진다. 그러나, 상기 가스 터빈용의 보다 친환경적인 저(低)질소산화물(NOx) 버너는 이전에 사용되던 버너에 비해 연료 가스 내의 질소에 대한 허용 범위가 낮다. 따라서, 질소 함유량이 큰 가스 공급물을 이용하는 일부 플랜트 위치에서는, 가스 터빈 연료 시스템에서 받아들일 수 있는 것보다 많은 질소가 LNG 공정으로부터 제거될 것이다.

[0003] 비교적 고농도의 흐름인 LNG로부터 분별 증류에 의해 질소를 제거하는 것은 종래 기술에 많이 제안되어 있는데, 이러한 분별 증류에서는 냉각 혹은 가열 펌프 흐름이 분별 증류탑으로부터 상위 가스를 응축시키거나 혹은 분별 증류탑에 대해 환류를 제공하는 데 사용된다.

[0004] US-A-2500118호(1950년 3월 7일 허여)에는, 불순물 함유 LNG 공급물을 분리기에서 분리하여 하위 LNG와 상위 질소를 제공하는 천연 가스 액화 방법이 개시되어 있다. 상위 질소 중 일부분을 응축시켜 분리기에 대해 환류를 제공하고, 나머지 부분은 배출한다. 분리기의 하위 LNG에서 질소를 더 제거하지는 않는다.

[0005] US-A-3205669호(1966년 9월 14일 허여)에는, 천연 가스로부터 헬륨 및 질소를 회수하는 것이 개시되어 있다. 도 3에 도시된 실시예에서, "제1" 분리기로부터의 불순물 함유 하위 LNG는 "제2" 분리기에서 상위 증기와 하위 액체로 분리된다. 상위 증기 중 일부분은 연료 가스를 제공하고, 나머지 부분은 질소 칼럼에서 분리되어 하위 액체와 실질적으로 순수한 상위 질소를 제공한다. 제2 분리기 및 질소 칼럼으로부터의 하위 액체는 혼합 및 기화되어 추가 처리용 "잔류 가스"를 제공한다. 제1 분리기로부터의 상위 분리 물질은 냉각되고 헬륨 분리기에 공급되어, 상위 헬륨 생성물과 재순환 흐름을 제공한다. 도 4 및 도 5와 관련하여 기술된 변형예에서는, 질소 칼럼을 생략하고, 제2 분리기로부터의 상위 분리 물질이 헬륨 분리기에 공급되며, 질소는 헬륨 분리기로부터 하위 액체로서 얻어진다. 도 6, 도 11 및 도 11a와 관련하여 기술된 다른 변형예에서는, 질소 칼럼이 유지되어 있지만, 헬륨 분리기로부터 제2 분리기에 대해 공급이 이루어진다. 도 7, 도 8 및 도 10과 관련하여 기술된 다른

변형례에서는, 질소 칼럼이 생략되어 있고, 헬륨 분리기로부터 제2 분리기에 대해 공급이 이루어지므로, 질소는 연료 가스로부터 분리되지 않는다. 예시된 모든 실시예에서, 헬륨 분리기의 질소 함유량은 제2 분리기의 질소 함유량보다 낮고, 나아가 질소 칼럼이 존재한다면 질소 칼럼의 질소 함유량보다도 낮다.

[0006] US-A-3559417호(1971년 2월 2일 허여)에는, 분별 증류탑에서 LNG 공급물로부터 질소를 분리하여 정화된 LNG 생성물을 하위 액체로서 그리고 질소를 상위 분리 물질로서 제공하는 것이 도 1 및 도 2와 관련하여 개시되어 있다. 하위 액체 중 일부분은 분별 증류탑의 상부에 응축 듀티(duty)를 제공하지만, 그 조성은 변화하지 않는다.

[0007] US-A-3721099호(1973년 3월 20일 허여)에는 예비 냉각된 천연 가스 공급물이 "제1" 증기 부분과 "제1" LNG 부분으로 분리되는 천연 가스의 분별 응축이 도 1과 관련하여 개시되어 있다. 제1 증기 부분을 더 냉각시키고 분리시켜, 질소를 약 25% 함유하는 "제2" 증기 부분과 질소를 약 5% 함유하는 "제2" LNG 부분을 제공한다. 제2 증기 부분은 리보일러/응축기에서 응축되어, 이중 정류탑의 고압("HP") 칼럼에 대해 재비등 듀티를 제공한다. 응축된 혼합물 중 일부분은 HP 칼럼에 공급되고, 나머지 부분은 "제1" LNG 부분과 함께 재순환되어 냉각 듀티를 제공한다. HP 칼럼은 질소를 약 95% 함유하는 상위 증기와 질소를 약 5% 함유하는 하위 액체를 제공한다. 상위 증기 중 일부분은 저압("LP") 칼럼에 대해 재비등 듀티를 제공하고, 그 결과 응축된 상위 증기는 저압 칼럼에 대해 환류를 제공한다. HP 칼럼의 하위 액체와 제2 LNG 부분은 LP 칼럼에서 분리되어, 질소를 약 95% 함유하는 상위 증기와 질소를 약 0.5% 함유하는 하위 LNG 액체를 제공하는데, 이 하위 LNG 액체는 과냉각되어 저장소로 보내진다. HP 칼럼 및 LP 칼럼으로부터의 상위 분리 물질은 혼합되어, 냉각 듀티를 제공하는 데 사용된다. 변형례에서는, LP 칼럼으로의 환류가 없고, LP 칼럼으로부터의 상위 증기는 질소를 약 20% 함유하며, 연료 가스를 제공(도 2 참조)하고, 선택적으로 (i) HP 칼럼의 리보일러/응축기에서 응축된 증기가 모두 HP 칼럼에 공급(도 3 참조)되거나, 또는 (ii) 예비 냉각된 천연 가스 공급물이 모두 HP 칼럼의 리보일러/응축기를 통과하여 HP 칼럼에 공급(도 4 참조)된다.

[0008] US-A-3874184호(1975년 4월 1일 허여)에는, 천연 가스의 부분 액화에 의해 얻어지는 2상 흐름이 분별 증류기에 신속히 유입되어 상위 질소 농후 증기와 하위 불순물 함유 LNG를 제공하는 천연 가스의 액화가 개시되어 있다. 상위 질소 농후 증기는 연료 가스로서 사용되며, 하위 불순물 함유 LNG는 분리기에 신속히 유입 및 공급되어 상위 증기와 하위 액체를 제공한다. 상기 분별 증류기는 기화된 하위 액체에 의해 재비등되고, 상기 분리기에는 과냉각된 하위 액체가 환류된다. 이후에, 하위 액체는 2개의 연속하는 분리기에 신속히 유입되고 이들 분리기에서 분리되어 LNG 생성물을 제공한다. 이들 분리기로부터의 상위 분리 물질은 열 교환 듀티를 제공한다.

[0009] EP-A-0090469호[1983년 10월 5일 공개; US-A-4415345호(1983년 11월 15일 허여)에 대응]에는, 분별 증류용 액체 환류를 생성하기 위해 개방-루프 질소 열 펌프를 사용하여 저압에서 냉각 및 분별 증류를 실시함으로써, 질소를 기상 천연 가스 공급물로부터 제거하는 공정이 개시되어 있다. 단일 칼럼의 실시예에서는, 부분적으로 응축된 천연 가스 공급물로부터의 증기 부분만이 분별 증류된다. 분별 증류탑에 대한 재비등은 개방-루프 질소 냉각제를 응축하는 것에 의해 제공되고, 분별 증류탑에 대한 환류는 이렇게 응축된 질소 냉각제에 의해 제공된다. 예시된 이중 칼럼의 실시예에서는, 고압 칼럼이 부분적으로 응축된 천연 가스 공급물에 대하여 재비등되며, 개방-루프 질소 열 펌프는 양 칼럼으로부터 질소를 받아들여, 저압 칼럼에 대한 재비등 듀티를 제공하고, 양 칼럼에 대해 환류를 제공한다. 정화된 LNG는 천연 가스 공급물에 대하여 가온되고, 증기로서 받아들여진다. 이 공정에서는 LNG 최종 생성물이 생성되지 않는다.

[0010] EP-A-0131128호[1985년 1월 16일 공개; US-A-4504295호(1985년 3월 12일 허여)에 대응]에는, 재비등 및 환류 열 교환 듀티를 제공하기 위해 폐쇄 사이클의 열 펌프 루프를 이용하는 부분 응축된 천연 가스 부분의 분별 증류에 의해, 천연 가스 흐름을 질소 흐름과 메탄 흐름으로 분리하는 것이 개시되어 있다. 이 공정에서는 LNG 최종 생성물이 생성되지 않는다.

[0011] US-A-4701200호(1987년 10월 20일 허여)에는, HP 칼럼의 상위 분리 물질을 기상의 헬륨-농후 부분과 액상의 질소-농후 부분으로 분리하는 이중-칼럼형 질소 제거 유닛을 이용하여, 천연 가스로부터 헬륨을 분리하는 것이 개시되어 있다. 기상의 헬륨-농후 부분은 더 분리되어 생성물로서 헬륨 가스를 제공하며, 액상의 질소-농후 부분은 HP 칼럼 및 LP 칼럼에 대해 환류를 제공한다. HP 칼럼의 하위 액체는 LP 칼럼에서 하위 LNG와 상위 질소 증기로 분리된다. HP 칼럼에 대한 천연 가스 공급물은 기상이다.

[0012] WO-A-93/08436호[1993년 4월 29일 공개; US-A-5421165호(1995년 6월 6일 허여)에 대응]에는, 분별 증류 이전에 LNG를 동적 및 정적으로 냉각 및 팽창시키는 공정에 의해 LNG 흐름으로부터 질소를 제거하는 것이 개시되어 있다. 냉각은 칼럼의 중간 위치로부터 인출되어 이 중간 위치 아래의 레벨로 되돌아가는 재비등 흐름과의 열 교환에 의해 적어도 부분적으로 실시된다. 분별 증류탑의 상위 증기는 압축되어 연료 가스로서 사용될 수 있다.

선택적으로, 압축된 상위 증기의 일부분은 칼럼을 떠나는 상위 증기에 대하여 부분적으로 응축되고, 감압되어, 칼럼에 환류로서 공급된다. 응축된 상위 증기의 일부분은 보조 칼럼에서 분별 증류되어 상위의 고순도 질소 증기와 하위의 액체를 제공할 수 있으며, 분별 증류탑에 공급되기 이전에 감압되어 나머지 부분과 결합된다. 보조 칼럼의 하위 액체는 보조 칼럼의 상부에 응축 듀티를 제공하는 데 사용될 수 있다.

[0013] EP-A-0725256호(1996년 8월 7일 공개)에는, 기상 천연 가스 공급물을 냉각 및 분별 증류하여 질소를 제거하는 공정이 개시되어 있다. 분별 증류탑에 대한 재비등 증기는, 개방-루프 질소 가스 냉각제를 칼럼의 리보일러에서 냉각시키는 것에 의해 제공된다. 칼럼의 상부에 대한 환류는, 이렇게 냉각된 질소 가스 냉각제를 일 팽창시켜 소량(4-5%)의 액체를 마련하는 것에 의해 제공된다. 칼럼으로부터의 적어도 하나의 중간 증기 흐름은 상위의 질소 증기 흐름에 대하여 부분적으로 응축되어 중간 환류로서 칼럼에 되돌아가며, 이는 칼럼에 대한 환류의 대부분을 차지한다. 천연 가스는 가온 단계 이전에 고압으로 펌핑되어, 증기 생성물로서 회수된다. 이 공정에서 LNG 최종 생성물은 생성되지 않는다.

[0014] GB-A-2298034호[1996년 8월 21일 공개; US-A-5617741호(1997년 4월 8일 허여)에 대응]에는, 1차 칼럼 및 1차 칼럼으로 공급을 받아 1차 칼럼과 실질적으로 동일한 압력으로 작동되는 2차 칼럼을 구비하는 이중 칼럼형 극저온 증류 시스템을 사용하여, 천연 가스 공급물 흐름으로부터 질소를 제거하는 공정이 개시되어 있다. 1차 칼럼으로부터의 하위 액체 중 적어도 일부분이 상기 칼럼으로부터의 질소-농후 증기와 열 교환에서 팽창되며 적어도 부분적으로 기화되어 적어도 부분적으로 응축된 질소-농후 흐름을 제공하는데, 이 흐름은 1차 칼럼으로 되돌아가서 고온의 환류를 제공한다. 2차 칼럼으로부터의 하위 액체는 상기 칼럼 중 하나로부터의 상위 증기와 열 교환에서 적어도 부분적으로 기화되어 적어도 부분적으로 응축된 흐름을 제공하는데, 이 흐름은 1차 또는 2차 칼럼으로 되돌아가서 저온의 환류를 제공한다. 칼럼에 대한 재비등은 천연 가스 공급물과의 열 교환에 의해 제공된다. 이 공정에서 LNG 최종 생성물은 생성되지 않는다.

[0015] WO-A-0023164호[2000년 4월 27일 공개; US-A-6199403호(2001년 3월 13일 허여)에 대응]에는, 천연 가스 흐름이 액화되고, 팽창된 후, 상 분리기에서 분리되는 공정이 개시되어 있는데, 상기 상 분리기는 질소-제거 칼럼일 수 있다. 칼럼에 대한 환류는 상위 증기의 일부분을 냉각 시스템을 사용하여 응축시킴으로써 제공될 수 있다. 냉각 시스템은 폐쇄-루프 냉각 시스템; 개방-루프 냉각 시스템; 및/또는 생성물 흐름과의 간접 열 교환부를 포함할 수 있다. 열 교환기의 임무 중 일부인 상위 증기의 응축은, 칼럼으로부터 인출되어 칼럼으로 되돌아가는 하위 액체 흐름에 의해 제공될 수 있다. 분리된 LNG 생성물 액체는 고압으로 펌핑되고 가온된다.

[0016] US-A-6070429호[2000년 6월 6일 허여; WO-A-0058674호(2000년 10월 5일 공개)에 대응]에는, 가압 LNG-포함 흐름으로부터 얻어진 가압 가스 흐름이 연속적인 저압을 갖는 3개의 탈기 칼럼으로 이루어진 캐스케이드에서 분리되어, 제3 탈기 칼럼으로부터 질소-농후 가스 흐름과 메탄-농후 액체 흐름이 생성되는 공정이 개시되어 있는데, 상기 메탄-농후 액체 흐름은 개방 메탄 사이클의 액화 공정으로 재순환하기에 및/또는 연료 가스로서 사용하기에 적합한 것이다. 각 탈기 칼럼에서, 가스 흐름의 제1 부분의 부분 응축에 의해 얻어진 액체 포함 흐름은 각 가스 흐름의 제2 부분과 향류 접촉하여, 상위 증기와 하위 액체를 제공한다. 제1 탈기 칼럼 및 제2 탈기 칼럼의 상위 증기는 제2 탈기 칼럼 및 제3 탈기 칼럼 각각에 대하여 공급물 흐름을 제공한다. 제2 탈기 칼럼 및 제3 탈기 칼럼으로의 공급물 흐름에 대한 응축 듀티는 제3 탈기 칼럼으로부터의 상위 증기와 하위 액체에 의해 제공된다. 예시된 실시예에서, 제2 탈기 칼럼으로부터의 하위 액체는 제3 탈기 칼럼에 공급되고, 제1 탈기 칼럼으로부터의 하위 액체는 부분 응축된 공급물 부분을 제1 탈기 칼럼에 제공하기 위한 열 교환 듀티를 제공하는 데 사용될 수 있다.

[0017] US-A-6449984호[2002년 9월 17일 허여; WO-A-03004951호(2003년 1월 16일 공개)에 대응]에는, 천연 가스 흐름을 액화한 후, 분별 증류하여 상위 질소-농후 증기와 하위 LNG 액체를 제공하는 공정이 개시되어 있다. 분별 증류탑에 대한 환류는 상위 증기의 일부분을 응축하는 것에 의해 제공된다. 예시된 예에서, 응축 듀티는 냉각제 흐름에 의해 제공되며, 최종의 LNG 파낸각용 열 교환기와 통합된다. 또한, 이들 실시예에서, 액체는 분별 증류탑의 중간 위치로부터 인출되고, 칼럼으로의 액화 가스 공급물 흐름에 대하여 가온되며, 낮은 위치에서 칼럼으로 되돌아 간다.

[0018] WO-A-02088612호(2002년 11월 7일 공개)에는, 부분 응축된 흐름이 이중 칼럼형 질소-제거 시스템에 공급되는 액화 단계 동안에 탄화수소-농후 흐름으로부터, 특히 천연 가스로부터 질소를 제거하는 공정이 개시되어 있다. 고압 칼럼은 상위 질소-농후 증기를 제공하는데, 이 상위 질소-농후 증기는 저압 칼럼으로부터의 상위 증기에 대하여 응축되어 저압 칼럼에 환류로서 공급된다. 고압 칼럼으로부터의 하위 액체는 냉각되어 저압 칼럼에 공급되고, 저압 칼럼에서 액화된 생성물은 하위 액체로서 인출된다. 고압 칼럼은 고압 칼럼에 공급되는 부분 응

축된 공급물이 제공하는 가열 듀티를 통해 재비등된다.

[0019] US 2003/0136146호[2003년 7월 24일 공개; WO 03/062724호(2003년 7월 31일 공개)에 대응]에는, LNG 공급물이 연속적인 플래시 드럼 또는 그 밖의 분리기에서 분리되어 각각의 상위 증기와 점점 더 정화되어 가는 하위 LNG를 제공하는, LNG 및 GTL(천연 가스 액화 기술) 생성물 생산용 통합 공정이 개시되어 있다. 분리기의 상위 분리 물질은 연료, GTL 공급원료, 또는 재순환 흐름으로서 사용된다. 각각의 연속적인 분리는 이전의 분리보다 적어도 15 psig(1 barg) 낮은 압력에서 행해지는 것이 바람직하다.

[0020] US-A-2004231359호[2004년 11월 25일 공개; WO 2004/104143호(2004년 12월 2일 공개)에 대응]에는, 천연 가스 흐름을 액화한 후에 증류탑에서 분별 증류하여, 질소를 상위 증기 생성물로서 제거하고 정화된 LNG를 하위 액체로서 얻는 공정이 개시되어 있다. 칼럼에 대한 환류는 응축된 질소 흐름에 의해 제공된다. 환류 흐름을 제공하기 위한 냉각과, 정화된 LNG 흐름 및/또는 액화 천연 가스 공급물의 냉각은 질소를 포함하는 냉각제 흐름을 압축시키고 일 팽창시키는 것에 의해 얻어지는데, 상기 질소는 증류탑으로부터의 상위 증기의 전부 혹은 일부를 구성할 수 있는 것이다. 예시된 실시예에서, 분별 증류탑의 재비등을 위한 열 교환 듀티는 칼럼에 공급되는 액화 천연 가스 공급물에 의해 제공된다.

[0021] WO-A-2005/061978호(2005년 7월 7일 공개)에는, 상위의 질소-농후 증기("제1 증기 흐름")와 하위의 질소-고갈 액체("제1 액체 흐름")를 제공하는 제1 분별 증류에 의해 LNG 공급물 흐름으로부터 질소를 제거하고, 하위 액체에 대해 제2 분별 증류를 행하여 제1 증기 흐름보다 순도가 낮은 상위의 질소-농후 증기("제2 증기 흐름")와 정화된 LNG("제2 액체 흐름")를 제공하는 것이 개시되어 있다. 상기 분별 증류는 칼럼 또는 플래시 드럼에서 수행될 수 있다. 제2 분별 증류는 제1 분별 증류보다 낮은 압력으로 실시되고, 제1 액체 흐름은 팽창에 의해, 바람직하게는 대기압 혹은 대기압에 근사한 압력으로의 팽창에 의해 냉각될 수 있다. 제1 증기 흐름은 예컨대 터빈의 연료로서 소비되며, 관련 플랜트에서 소비될 수 있는 양을 초과하지 않는 양으로 생산된다. 제2 증기 흐름에만 특정된 용도는 가정용 가스이다. 바람직하게는, 제1 증기 흐름의 질소 함유량은 10 내지 30 mol%이고, 제2 증기 흐름의 질소 함유량은 5.5 mol% 미만이다.

발명의 상세한 설명

[0022] 본 발명의 목적은 추가 설비를 최소화하고 플랜트 성능에 미치는 영향을 최소화하면서, 임의의 LNG 공정으로부터 질소 부분을 제거하는 것이다. 이러한 목적은 LNG 생산용 열 전달 설비의 구성에 변화를 전혀 주지 않으면서 설비의 추가를 제한하는 본 발명에 의해 달성될 수 있다. 특히, 본 발명은 열 펌프 압축기의 추가 필요성을 없애고, LNG 최종 생성물이 질소 분리 칼럼의 응축기를 작동시키는데 사용될 수 있게 한다.

[0023] 본 발명에서는, 증류탑에서 액화 천연 가스에 대하여 제1 분별 증류를 행하여 제1 질소-농후 상위 증기 흐름과 질소-함유 하위 액체 흐름을 제공하는 단계와, 플래시 드럼에서 상기 하위 액체 흐름의 적어도 일부분에 대하여 제2 분별 증류를 행하여 상기 제1 상위 증기 흐름보다 순도가 낮은 제2 질소-농후 상위 증기 흐름과 정화된 액화 천연 가스 흐름을 제공하는 단계에 의해, 액화 천연 가스로부터 질소를 제거한다.

[0024] 제1 질소-농후 상위 증기 흐름은 80 mol%를 초과하는, 바람직하게는 90 mol%를 초과하는, 더 바람직하게는 95 mol%를 초과하는 질소 농도를 가질 수 있다.

[0025] 대개, 제1 질소-농후 상위 증기 흐름의 적어도 일부분이 대기 중으로 배출된다. 제2 질소-농후 상위 증기 흐름은 천연 가스 공급물의 액화와 관련하여 사용되는 일을 제공하는 가스 터빈에 대하여 연료 가스로서 사용되거나 추가된다.

[0026] 증류탑에는 플래시 드럼에 위치하는 응축기에서 응축된 제1 질소-농후 상위 증기가 환류되는데, 응축기에서는 과냉각 및 감압 이후의 질소-함유 하위 액체 흐름의 일부분 혹은 전부에 의해 제공되는 응축과 관련된 열 교환 듀티를 사용한다. 증류탑은 액화 천연 가스 공급물이 제공하는 열 교환 듀티에 의해 재비등될 수 있다.

[0027] 질소-함유 하위 액체 흐름의 일부분만이 응축 듀티를 위해 요구되는 경우, 나머지 부분은 제2 플래시 드럼에 공급되어, 상기 제1 상위 증기 흐름보다 순도가 낮은 제3 질소-농후 상위 증기 흐름과 제2 정화된 액화 천연 가스 흐름으로 분리될 수 있다. 대개, 상기 제3 질소-농후 상위 증기 흐름은 제2 질소-농후 상위 증기 흐름과 결합될 것이고, 상기 제2 정화된 액화 천연 가스 흐름은 제2 분별 증류로부터의 상기 정화된 액화 천연 가스 흐름과 결합될 것이다.

[0028] 액화 천연 가스 공급물 흐름이 헬륨을 함유한 경우, 헬륨-농후 흐름은 제1 질소-농후 상위 증기 흐름으로 구성되거나 혹은 그로부터 얻어지는 흐름에서, 예컨대 헬륨-농후 증기와 질소-농후 액체를 제공하는 분리 및 부분

응축에 의해, 분리될 수 있다. 상기 부분 응축에 관한 열 교환 듀티는 상기 분리된 헬륨-농후 증기 및/또는 질소-농후 액체에 의해 제공될 수 있다.

[0029] 바람직한 실시예에서는, 질소-함유 천연 가스 흐름이 액화 및 과냉각 섹션을 구비하는 나권형 열 교환기에 공급되고, 열 교환기에는 재순환 냉각제 시스템에 의해 냉각 듀티가 제공되며, 연료 가스로 움직이는 가스 터빈에 의해 재순환 냉각제 시스템에 일이 제공되고;

[0030] 삭제

[0031] 삭제

[0032] 상기 액화 섹션의 하류에서 액화 가스 흐름이 인출되며;

[0033] 상기 액화 가스 흐름에 대하여 증류탑에서 제1 분별 증류를 행하여, 제1 질소-농후 상위 증기 흐름과 질소-함유 하위 액체 흐름을 제공하고;

[0034] 상기 하위 액체 흐름의 적어도 일부분을 상기 과냉각 섹션에서 과냉각시키고 이 부분을 감압시키며;

[0035] 상기 감압된 부분에 대하여 플래시 드럼에서 제2 분별 증류를 행하여, 상기 제1 상위 증기 흐름보다 순도가 낮은 제2 질소-농후 상위 증기 흐름과 정화된 액화 천연 가스 흐름을 제공하고;

[0036] 제1 질소-농후 상위 증기 흐름의 일부분을 상기 플래시 드럼에서 응축시켜, 플래시 드럼 내부에 가열 듀티를 제공하고, 응축된 질소-농후 상위 흐름을 생성하며;

[0037] 상기 응축된 질소-농후 상위 흐름의 적어도 일부분을 증류탑에 대한 환류로서 복귀시키고; 그리고

[0038] 상기 제2 질소-농후 상위 증기 흐름을 적어도 연료 가스의 성분으로서 사용한다.

[0039] 또한, 본 발명은 본 발명에 따른 공정에 의해 질소-제거 액화 천연 가스 흐름을 마련하는 장치가 제공되는데, 이 장치는:

[0040] 질소-함유 천연 가스 공급물을 액화하기 위한 냉각 시스템;

상기 냉각 시스템과 관련하여 사용하는 일을 제공하는 가스 터빈;

[0041] 증류탑;

[0042] 플래시 드럼;

상기 플래시 드럼 내에 마련되는 응축기;

냉각 유체로부터 냉각 듀티를 받는 열 교환기;

[0043] 질소-함유 액화 천연 가스를 냉각 시스템으로부터 증류탑에 공급하기 위한 도관 수단;

[0044] 제1 질소-농후 상위 증기 흐름을 증류탑에서 제거하기 위한 도관 수단;

제1 질소-농후 상위 증기 흐름 중 일부분을 응축기로 이송하기 위한 도관 수단;

응축된 제1 질소-농후 상위 증기 흐름을 응축기로부터 증류탑으로 환류로서 복귀시키기 위한 도관 수단;

[0045] 질소-함유 하위 액체 흐름을 증류탑에서 열 교환기로 이송하기 위한 도관 수단;

과냉각된 질소-함유 하위 액체 흐름을 감압된 상태로 열 교환기에서 플래시 드럼으로 이송하기 위한 도관 수단;

[0046] 제2 질소-농후 상위 증기 흐름을 플래시 드럼에서 제거하기 위한 도관 수단;

[0047] 정화된 액화 천연 가스 흐름을 플래시 드럼에서 제거하기 위한 도관 수단; 및

제2 질소-농후 상위 증기 흐름을 가스 터빈에 연료 가스 공급물로서 공급하기 위한 도관 수단을 포함한다.

[0048] 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 천연 가스의 저장 조건에 이르도록 완전 냉각되지는 않는 압력으로 액화 천연 가스를 중간 압력으로 감압시키고, 제1 질소-분리 칼럼에 공급한다. LNG 흐름을 제1 질소-분리 칼럼에 플래싱하면, 하위 액체의 질소 함유량이 줄어든다. 이러한 감소의 양은 최종 연료 가스의 질소 함유량 감소 목표

에 따라 정해진다. 이 칼럼의 하부로부터 인출된 LNG를 최종 플래시 시스템에서 필요로 하는 온도까지 더 냉각하여, 최종 희망 질소 함유량을 갖는 LNG와 필요 발열량을 갖는 연료 가스를 생성한다. 최종적으로 냉각된 LNG는 최종 플래시 드럼으로 보내진다. 최종 플래시 드럼은, 질소-분리 칼럼의 상위 증기 흐름을 응축하여 이 칼럼으로의 환류를 제공하는 데 사용되는 열 교환기를 포함한다. 이 칼럼의 상위 증기는 대기 중으로 직접 배출될 수 있는 질소 흐름이다.

- [0049] 상기 칼럼의 상위 증기 응축기는 상기 공정의 최종 플래시 드럼에 통합될 수 있는데, 이 경우에 모든 LNG 생성물은 상기 최종 플래시 드럼을 통과한다. 선택적으로, LNG 생성물의 일부분만이 상기 최종 플래시 드럼을 통과할 수 있다.
- [0050] 질소-분리 칼럼은, 이 칼럼이 선택적으로 유체 팽창기를 통해 감압되기 이전에 이 칼럼으로의 LNG 공급물에 의해 재비등되는 리보일러를 구비할 수 있다.
- [0051] 상기 칼럼의 상부로부터의 질소 생성물은 팽창될 수 있고, LNG 공정에서 냉각되거나 액화된 흐름에 상기 질소 생성물로부터 회수된 냉각을 사용한다.
- [0052] 본 발명은 LNG 액화용 나관형 열 전달 설비를 사용하는 LNG 플랜트에 특히 유용하다. 본 발명은, 액화 섹션의 하류에서 질소-함유 LNG를 인출하고, 저압 및 질소 고갈 상태의 질소-함유 LNG를 과냉각 섹션으로 복귀시켜, LNG 최종 생성물을 냉각을 위해 접근시키는 것만을 필요로 한다. C3MR 공정의 경우, 이는 단지 최종의 냉각단과 이에 이웃하는 냉각단 사이에서 LNG를 인출 및 복귀시키고 소진된 LNG를 사용하는 것에 의해 달성될 수 있다. AP-XTM의 경우에도 마찬가지로, LNG는 주 극저온 열 교환기와 서브쿨러 사이에서 인출 및 복원될 수 있고, 소진된 LNG를 사용한다.
- [0053] 본 발명에 의하면, 공급물 가스에 함유된 질소의 거의 대부분은 순수 질소 흐름으로서 제거될 수 있다.
- [0054] 이하에서는 본 발명의 현재 바람직한 실시예에 관하여 첨부 도면을 참조로 하여 단지 예로서 설명한다.

실시예

- [0060] 본 발명의 예시적인 실시예는 임의의 LNG 액화 공정에 적용될 수 있는 것으로서, 이 실시예에는 액화 섹션과 그에 뒤이어 과냉각 섹션이 마련되어 있다. 예컨대, 이 실시예는 질소 팽창 사이클 LNG 과냉각(AP-XTM) 공정뿐만 아니라 예시된 C3MR 공정을 이용한 이중 혼합 냉각제(DMR) 및 하이브리드 C3MR의 예비-냉각 및 액화에 적용될 수 있다. LNG는 액화 및 과냉각 섹션 사이에서 인출되어, 질소-분리 칼럼에 공급되며, 이 칼럼에서 질소는 '순수한 상태'로 제거된다. LNG는 과냉각 섹션으로 복귀되며, 이후에 LNG 생성물의 냉기 중 일부가 질소-분리 칼럼의 응축기를 작동시키는데 사용된다.
- [0061] 도 1을 참조하면, 천연 가스 공급물 흐름(1)은 물과 이산화탄소 등과 같은 불순물을 제거하도록 전처리 유닛(2)에서 전처리되는데, 상기 불순물은 상기 전처리에서 제거되지 않는다면 플랜트의 저온 섹션에서 응고될 것이다. 그 결과 불순물이 제거된 가스 공급물(3)은 하나 이상의 열 교환기(4)에서 예비 냉각되고, 그 후에 분리 칼럼(7)에 들어간다. 열 교환기(들)는 예컨대 프로판 냉각제가 연속적인 저압으로 기화되어 흐름(3)을 냉각시키는 일련의 열 교환기(4, 5 - 도 2 및 도 3 참조)이거나, 또는 혼합 냉각제가 기화되는 단일 열 교환기(4 - 도 1 및 도 4 참조)일 수 있다. 분리 칼럼(7)은 기화된 흐름(6)을 가벼운 상위 증기 부분(10)과 무거운 하위 액체 부분(9)으로 분리시키는데, 상기 하위 액체 부분은 LNG 생성물에서 바람직하지 않은 무거운 성분을 함유한다. 상위 증기 부분(10)은 응축기(11) 내의 냉각제에 대하여 부분적으로 응축된다. 이렇게 부분 응축된 흐름(13)은 분리기(40)에서 분리되어 액체 응축물(14)과 상위 증기(15)를 제공하는데, 상기 액체 응축물은 펌프(12)를 경유하여 분리 칼럼(7)에 환류로서 되돌아가고, 상기 상위 증기는 나관형 열 교환기(16)에 공급된다. 상위 증기는 열 교환기(16)의 제1 섹션에서 소정 온도에 이르도록 더 냉각되는데, 이렇게 냉각된 흐름(17)은 팽창 밸브 또는 팽창 터빈(18)에 의해 중간 압력으로 감압되면 실질적으로 액체 상태로 유지될 것이다. 열 교환기(16)에서의 냉각은 혼합 냉각제 흐름에 대하여 이루어지는데, 이 혼합 냉각제 흐름은 열 교환기(16)를 흐름(27)으로서 빠져 나간다.
- [0062] 혼합 냉각제는 하나 이상의 압축기(28, 30)에서 압축된다. 이렇게 압축된 혼합 냉각제는 우선 냉각기(31) 내의 냉각 매체에 대하여 냉각된 후에, 냉각기(32-35) 내의 제1 레벨 예비-냉각용 냉각제에 대하여 더 냉각되고 부분적으로 응축된다. 부분적으로 응축된 냉각제는 분리기(37)에서 분리되고, 증기 부분과 액체 부분이 모두 액화용 열 교환기(16)에 공급된다.

- [0063] 감압 이후에, 흐름(41)은 하위 액체(19) 및 상위 증기(46)를 제공하도록 질소-제거 칼럼(23)에서 분리된다. 하위 액체(19)는 질소-제거 칼럼(23)에 대한 공급 흐름(41)에 비해 질소 함유량이 줄어들어 있으며, 열 교환기(16)의 제2 부분에서 혼합 냉각제에 대하여 소정 온도에 이르도록 더 냉각되는데, 이렇게 냉각된 하위 액체는 LNG 생성물에 바람직한 압력으로 감압되면 실질적으로 액체 상태로 유지될 것이다. 이러한 저온의 LNG 흐름(20)은 팽창 밸브(21)를 지나면서 감압되고, 저압 흐름(42)은 플래시 드럼(25)에 들어가며, 이 플래시 드럼에서 부분적으로 기화되어 액체 LNG 생성물 부분(50)과 증기 연료 부분(36)을 제공한다. 플래시 드럼(25)에 있어서 열 교환 듀티는 열 교환기(또는 응축기)(24)에 의해 제공되며, 이 열 교환기에서는 질소-제거 칼럼(23)으로부터의 상위 증기 흐름(46) 중 일부분(43)이 응축된다. 비교적 고순도의 질소인 상위 증기 흐름(46)의 나머지 부분(26)은 대기 중으로 배출된다. 열 교환기(24)로부터의 응축 질소 흐름(44)은 질소-제거 칼럼(23)에 환류(45)로서 되돌아간다. 선택적으로, 액체 질소 흐름(22)은 응축기(24)를 떠나는 응축 질소 흐름(44)으로부터 인출될 수 있다.
- [0064] 도 2의 실시예는, 리보일러(47)가 질소-제거 칼럼(23)에 부가되어 있는 점과, 질소-제거 칼럼(23)에 대한 공급물을 팽창하기 위해 팽창기(49)가 부가되어 있는 점, 그리고 질소-제거 칼럼(23)으로부터의 상위 증기 부분(26) 및/또는 플래시 드럼(25)으로부터의 상위 증기 부분에서 냉각을 회수하기 위해 열 교환기(57)가 부가되어 있는 점이 도 1의 실시예와 다르다. 그러나, 이러한 구성 각각은 개별적으로 사용될 수도 있고, 또는 질소-제거 칼럼(23)과 함께 임의의 조합을 이루어 사용될 수도 있다.
- [0065] 리보일러(47)는 질소-제거 칼럼(23)의 하부에 배치되어, 이 칼럼에 의해 제거되는 질소의 양을 늘린다. 열 교환기(16)의 제1 섹션에서 나오는 냉각된 고압의 가스 공급물(17)은 리보일러(47)에 필요한 열을 제공하는 데 사용되며, 그 결과 리보일러(47)를 떠나는 흐름(48)은 질소-제거 칼럼(23)에 들어가기 전에 팽창 터빈(49)에서 팽창된다.
- [0066] 냉각은 질소-제거 칼럼(23)으로부터의 상위 증기(26)와 플래시 드럼(25)으로부터의 상위 증기(36) 중 어느 하나 혹은 양자 모두로부터 회수될 수 있다. 이러한 냉각 회수는, 관련 흐름(들)으로 하여금 열 교환기(57)를 통과하게 함으로써 실시될 수 있고, 필요하다면 질소-제거 칼럼으로부터 나온 가온된 상위 증기(58)는 터보팽창기(59)에서 팽창된다. 열 교환기(57)에서 회수된 냉각에 의해 냉각되는 흐름(61)은 가스 공급물 혹은 순환 냉각제의 측류일 수 있다.
- [0067] 도 3의 실시예는 저온 LNG 흐름(20)의 전부가 플래시 드럼(25)을 통과하는 것은 아닌 점이 도 1의 실시예와 다르다. 그 대신에, 저온 LNG 흐름은 제2 플래시 드럼(52)으로 내려가는 제1 흐름(53)과, 플래시 드럼(25)으로 내려가는 제2 흐름(54)으로 나뉜다. 플래시 드럼(25 및 52)을 떠나는 증기는 연료 가스 시스템으로 보내지는 흐름(56)에 수집 및 결합된다. 플래시 드럼(25 및 52)을 떠나는 LNG 액체 흐름(50 및 51)은 흐름(65)에 결합되어 LNG 저장소로 보내진다.
- [0068] 도 4의 실시예는 열 교환기(16)의 제2 부분이 별도의 열 교환기(60)로 대체된 점이 도 1의 실시예와 다르다. 열 교환기(16 및 60)는 각각 서로 다른 냉각 유체를 사용한다. 질소-제거 칼럼(23)으로부터의 하위 액체(19)는 열 교환기(60)에 들어가고, 이 열 교환기에서 적절한 제3 레벨 냉각제(62, 63)에 대하여 냉각되는데, 이 제3 레벨 냉각제는 혼합 냉각제 또는 질소 등과 같은 순수 유체일 수 있다. 열 교환기(60)로부터의 저온 LNG 흐름(20)은 플래시 드럼(25)에 공급물로서 제공된다.
- [0069] 본 발명의 다른 실시예는 질소-제거 칼럼(23)의 상위 증기(46)로부터 미가공 헬륨 농후 흐름을 회수하는 것에 관한 것이다. 예컨대 도 1의 실시예에서, 상위 증기(46) 중 방출되는 부분(26)은 대개 압력이 약 220 psia(1.5 MPa)이고 온도가 -258°F(-161°C)이다. 가스 공급물이 헬륨을 함유한다면, 가스 공급물 내의 헬륨 중의 상당 부분이 상기 방출 흐름(26)에 포함되며, 도 5에 도시된 처리 방법에 의해 흐름(26)으로부터 쉽게 추출될 수 있다. 흐름(26)은 열 교환기(70) 내에서 복귀 질소 흐름(76) 및 헬륨 흐름(73)에 대하여 냉각된다. 열 교환기(70)를 떠난 흐름(71)은 분리기 포트(72)에서 부분적으로 응축되어 액체 부분(75)과 증기 부분(73)으로 분리된다. 실질적으로 헬륨인 흐름(73)은 열 교환기(70)에서 다시 가온되고, 그 결과 미가공 헬륨 흐름(78)이 추가적인 정화를 위해 보내진다. 실질적으로 질소인 흐름(75)은 밸브(74)를 지나면서 감압되고, 그 결과 냉각된 흐름(76)이 열 교환기(70)에서 다시 가온되며, 결과적으로 얻어진 흐름(77)은 대기 중으로 배출되기 이전에 냉각을 더 회수하기 위해 다시 가온될 수 있다.
- [0070] **예 1**
- [0071] 이 예는 도 1의 실시예에 기초한 것이다. LNG 공정에는 4.8 mol%의 질소를 함유하고 나머지 부분은 주로 메탄

으로 이루어지며 온도는 대기 온도이고 압력은 900 psia(6.2 MPa)인 천연 가스 공급물이 88,000 lbmol/h(40,000 kgmol/h)으로 공급된다. 가스 공급물은 분리 칼럼(7)에서 건조되고 예비 냉각되며 전처리되어, $-38^{\circ}\text{F}(-39^{\circ}\text{C})$ 의 온도 및 약 850 psia(5.8 MPa)의 압력으로 열 교환기(16)에 들어간다. 흐름(17)은 온도가 $-178^{\circ}\text{F}(-116.5^{\circ}\text{C})$ 인 상태로 열 교환기(16)를 떠나고, 220 psia(1.5 MPa)로 작동되는 질소-제거 칼럼(23)에 공급되기 이전에 220 psia(1.5 MPa)로 감압된다. 흐름(19)은 질소-제거 칼럼(23)의 하부로부터 인출되어, 열 교환기(16)에서 $-247^{\circ}\text{F}(-155^{\circ}\text{C})$ 로 더 냉각된다. 이때, 열 교환기(16)를 떠나는 흐름(20)은 저압으로 감압되어 플래시 드럼(25)에 들어간다. LNG 생성물 흐름(50)은 온도가 $-261^{\circ}\text{F}(-163^{\circ}\text{C})$ 이고 질소의 함유량이 1.5 mol% 미만인 상태로 플래시 드럼(25)으로부터 인출된다. 연료 흐름(36)은 유량이 7,900 lbmol/h(3,600 kgmol/h)이고 질소의 함유량이 30 mol%인 상태로 플래시 드럼(25)으로부터 인출된다. 질소 배출 흐름(26)은 유량이 600 lbmol/h(272 kgmol/h)이고 질소의 함유량이 98.0 mol%이며 온도가 $-257^{\circ}\text{F}(-160.5^{\circ}\text{C})$ 인 상태로 질소-제거 칼럼(23)의 상부로부터 인출된다.

예 2

이 예는 도 5에 도시된 미가공 헬륨 추출의 개선 방법을 이용하는 도 1의 실시예에 기초한 것이다. LNG 공정에는 4.8 mol%의 질소와 600 ppmv의 헬륨을 함유하고 나머지 부분은 주로 메탄으로 이루어지며 온도는 대기 온도이고 압력은 900 psia(6.2 MPa)인 천연 가스 공급물이 88,000 lbmol/h(40,000 kgmol/h)으로 공급된다. 가스 공급물은 분리 칼럼(7)에서 건조되고 예비 냉각되며 전처리되어, $-38^{\circ}\text{F}(-39^{\circ}\text{C})$ 의 온도 및 약 850 psia(5.9 MPa)의 압력으로 열 교환기(16)에 들어간다. 흐름(17)은 온도가 $-178^{\circ}\text{F}(-116.5^{\circ}\text{C})$ 인 상태로 열 교환기(16)를 떠나고, 220 psia(1.5 MPa)로 작동되는 질소-제거 칼럼(23)에 공급되기 이전에 220 psia(1.5 MPa)로 감압된다. 흐름(19)은 질소-제거 칼럼(23)의 하부로부터 인출되어, 열 교환기(16)에서 $-247^{\circ}\text{F}(-155^{\circ}\text{C})$ 로 더 냉각된다. 이때, 열 교환기(16)를 떠나는 흐름(20)은 저압으로 감압되어 플래시 드럼(25)에 들어간다. LNG 생성물 흐름(50)은 온도가 $-261^{\circ}\text{F}(-163^{\circ}\text{C})$ 이고 질소의 함유량이 1.5 mol% 미만인 상태로 플래시 드럼(25)으로부터 인출된다. 연료 흐름(36)은 유량이 7,900 lbmol/h(3,600 kgmol/h)이고 질소의 함유량이 30 mol%인 상태로 플래시 드럼(25)으로부터 인출된다. 질소 배출 흐름(26)은 유량이 710 lbmol/h(322 kgmol/h)이고 질소의 함유량이 98.0 mol%이며 온도가 $-259^{\circ}\text{F}(-161.5^{\circ}\text{C})$ 이고 압력이 220 psia(1.5 MPa)인 상태로 질소-제거 칼럼(23)의 상부로부터 인출된다. 도 5를 참조하면, 흐름(26)은 열 교환기(70)에서 복귀 흐름(73 및 76)에 대하여 냉각되어 $-298^{\circ}\text{F}(-183.5^{\circ}\text{C})$ 로 되고, 분리기(72)에서 액체 흐름과 증기 흐름으로 분리된다. 액체 흐름은 줄-톰슨 냉각을 제공하는 저압으로 감압되어, 흐름(76)은 $-310^{\circ}\text{F}(-190^{\circ}\text{C})$ 의 온도에 이르게 된다. 액체 흐름(76)과 증기 흐름(73)은 열 교환기(70)에 다시 가온된다. 흐름(77)은 유량이 656 lbmol/h(297.5 kgmol/h)이고 질소의 함유량이 97.5 mol%인 질소 배출 흐름이다. 흐름(78)은 유량이 54 lbmol/h(24.5 kgmol/h)이고 헬륨의 농도가 74 mol%인 헬륨 생성물 흐름이다.

본 발명은 예시된 실시예와 관련하여 앞서 상세히 기술한 내용에 한정되지 않고, 이하의 청구범위에서 정의되는 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위에서 수정 및 변형이 다양하게 실시될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 액화 및 과냉각용의 단일 나권형 열 교환기를 사용하는 프로판 예비 냉각 혼합 냉각제(C3MR) LNG 플랜트에 적용되는 기본 원리를 보여주는 도면.

도 2는 질소-제거 칼럼용 리보일러와, 상기 칼럼으로의 공급물을 위한 팽창기, 그리고 상위 증기로부터 냉각을 회수하기 위한 열 교환기를 포함하는 도 1의 실시예의 변형례를 보여주는 도면.

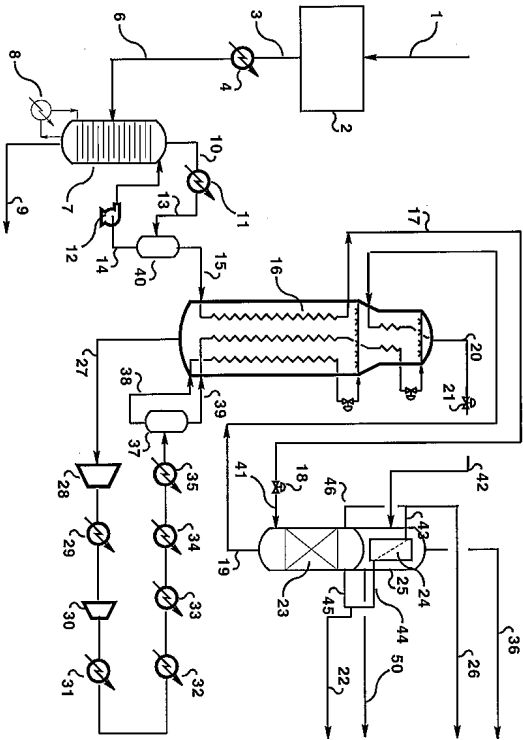
도 3은 LNG 흐름 중 일부분만이 응축 듀티를 제공하는데 사용되는 도 1의 실시예의 변형례를 보여주는 도면.

도 4는 나권형 열 교환기의 제2 부분이 별도의 열 교환기(60)에 의해 대체되어 있는 도 1의 실시예의 변형례를 보여주는 도면.

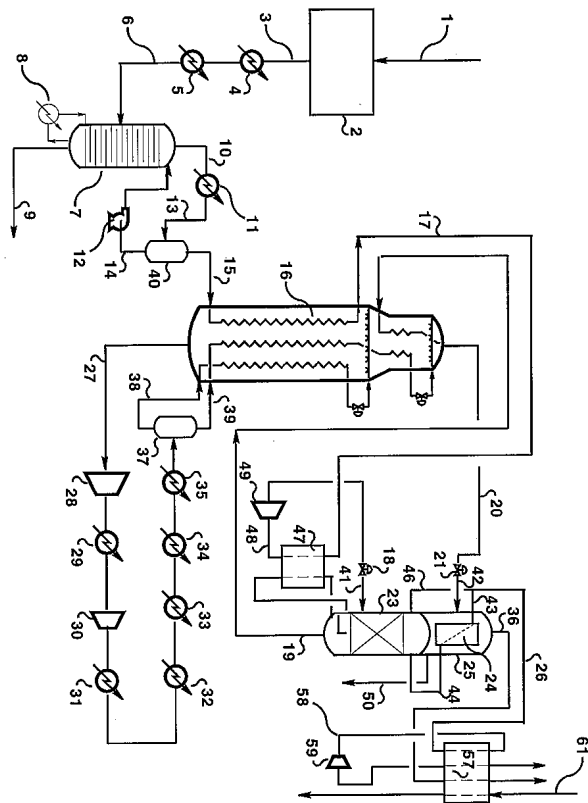
도 5는 LNG로부터 헬륨을 회수하기 위한 도 1의 실시예의 변형례를 보여주는 도면.

도면

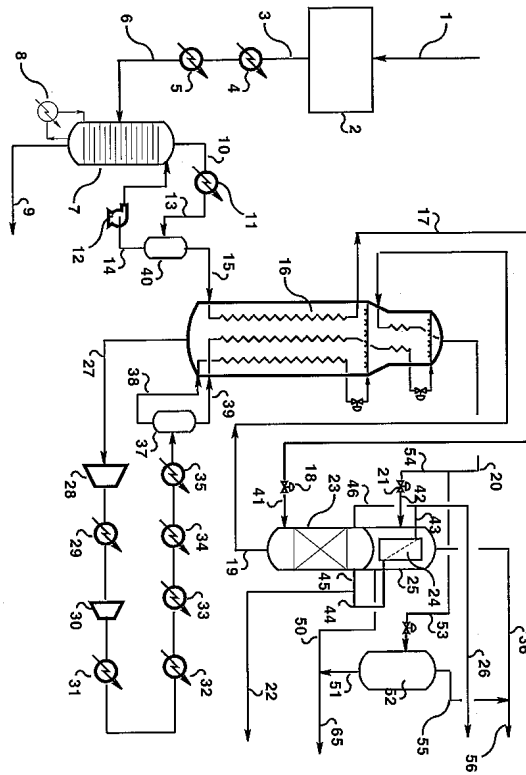
도면1



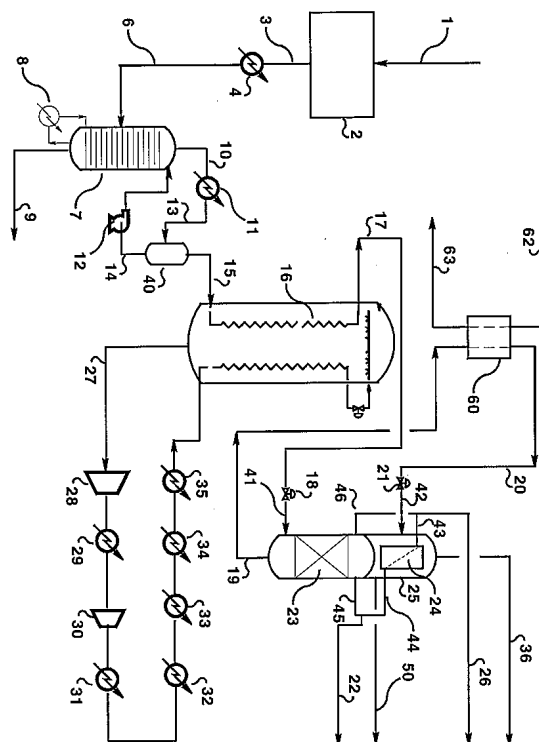
도면2



도면3



도면4



도면5

