(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[5]
F25J 1/02

(45) 공고일자 1994년01월28일
(11) 공고번호 94-000733

(21) 출원번호	특1985-0005197	(65) 공개번호	특1986-0001326
(22) 출원일자	1985년07월20일	(43) 공개일자	1986년02월26일
(30) 우선권주장	8418840 1984년07월24일 영국(GB)		
(71) 출원인 더 비오씨 그룹 퍼블릭 리미티드 캄파니 파울 그라함 보소네트 존 마르큐스 멀피
영국 더블유 6 9 디엑스 런던 해머스미드 하우스

(72) 발명자 존 마샬
영국 에스엘 5 7 이큐 베르크스 에스코트 런던 로드 헌터스 롯지
존 도우글라스 오아키
영국 엔더불유 4 런던 헨든 차트스워드 애비뉴 13

(74) 대리인 강명구

심사관 : 조규진 (책자공보 제3524호)

(54) 영구가스 스트림(stream) 액화방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

영구가스 스트림(stream) 액화방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명에 따른 질소액화공장의 일부를 설명하는 공정도.

제2도는 질소의 온도 대 엔탈피 그래프.

제3도는 제1도에 제시된 공장설비와 온도의 관계를 보여주는 도표.

제4도는 또 다른 질소액화 공장설비와 온도의 관계를 보여주는 도표.

제5도는 각 압력하에서 질소의 비열-온도곡선을 표시하는 그래프.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 냉동방법과 장치에 관련되며 특히 질소와 메탄과 같은 영구가스(permanent gas)의 액화에 관한 것이다.

영구가스는 그 가스의 압력만을 상승시킴으로서는 액화되지 않는 성질을 가지고 있다. 가스가 그의 액체와 평형상태로 존재할 수 있는 온도에 도달케 하려면 그 가스를 가압상태에서 냉각시킬 필요가 있다.

영구가스를 액화하거나 그것을 임계점 또는 그 이하로 냉각하는 종래의 공정은 가스를 압축하고(통상적으로는 30기압 이상으로 적절히 승압되어져 있지 않은 한) 비교적 저압의 작동유체(working fluid)와 열교환하여야 한다. 작동유체를 영구가스의 임계온도 이하로 공급한다. 작동유체의 스트림은 작동유체를 압축하고 열교환기에서 냉각하고 외부일의 수행('열팽창')으로 팽창시킴으로서 전형적으로 형성된다. 작동유체는 영구가스의 고압스트림에서 취할 수도 있고 영구가스를 작동유체와 분리된 상태로 유지할 수도 있는데, 그럼에도 불구하고 작동유체는 영구가스와 같은 성분을 가질 수 있다.

전형적으로, 액화된 영구가스는 그의 임계온도 이하로 등압냉각을 위하여 택하는 압력보다 낮은 압력에서 저장되고 사용된다. 따라서, 이러한 등압냉각을 완료한 후에, 임계온도 이하의 영구가스는 팽창 또는 교축밸브(throttling valve)를 통과하여 압력이 충분히 감소되고 다량의 소위 발화가스('flash gas')가 생성된 영구가스 스트림과 열교환하게 된다. 전형적으로, 영구가스 스트림과 열교

환된 후 발화가스는 액화를 위하여 들어오는 영구가스와 함께 제 압축된다. 하나 또는 그 이상의 발화가스는 분리단계 이외에도, 유체는 하나 또는 그 이상의 팽창터빈을 써서 압력을 감소시킬 수 있다.

열팽창한 작동유체가 영구가스 스트림의 열교환될때 보다 더 낮은 온도의 영구가스 스트림을 발화가스와 열교환시키는 것이 바람직하다. 한 전형적인 예에서, 우리가 믿기로는 이점에 관한 전형적인 실시예에서, 발화가스는 이 영구가스 스트림의 온도를 3° K 정도 감소시킬 수 있다고 확신하며 이점은 발화가스로 열교환시킬 영구가스 스트림의 온도가 종래의 방법에서 요구되는 영구가스 스트림 온도보다 3° K가 더 높을 수 있다는 사실을 의미한다. 따라서 상기의 비-임계온도 작동유체 싸이클의 팽창터빈 출구압력을 12기압 이상으로 높일 수 있다. 또한, 영구가스와 열교환되는 작동유체의 비열이 커진다.

영구가스 스트림으로 질소를 사용한 실시예에서, 질소를 계속적인 등엔탈피 팽창작업에 사용하기 전에 107 내지 117° K의 온도로 낮추는 것이 바람직하다. 발화가스를 써서 영구가스 스트림을 실온이나 실온에 가까운 온도로부터 107 내지 117° K로 냉각시킬 수 있다. 110° K의 온도는 광범위한 압력의 영구가스에 사용될 수 있다. 전형적으로, 비-임계온도 작동유체 싸이클에서, 열팽창한 작동유체는 영구가스 스트림을 실온 또는 실온에 가까운 온도에서 110 내지 118° K 범위의 연도로 냉각시킨다.

만일 영구가스가 1일당 수백톤 규모의 산호를 생산하는 저온(cryogenic) 공기 분리공장에서 생산된 질소이면, 발화가스는 통상적으로 생산된 액체 질소량의 절반으로 생산되고 질소스트림은 110° K 온도의 등엔탈피 팽창에 쓰인다. 원심 압축기가 사용되고 팽창터빈 출구온도가 작동유체의 임계온도에 근접하는 소규모 공장에서는 발화가스 형성 비율이 크고 예컨대 액체생성물 형성비율의 100% 그결과 순환가스 부피가 증가하고 순환압축기 효율을 바람직하게 유지시킨다. 터빈 출구온도가 임계온도에 근접하면, 예외적인 높은 출구압력을 사용하지 않는 한(예컨대, 작동유체로 질소를 사용한 경우 20기압이상)팽창터빈 출구온도를 포화온도의 2° K 이내로 유지하기는 불가능하다.

희망하면, 둘 또는 그이상의 열팽창 단계를 작동유체 싸이클에 사용할 수 있다. 예컨대, 영구가스 스트림의 임계온도이상에서 가등되는 작동유체 싸이클에서, 냉각과 가열의 중간단계에 있는 작동유체는 중간 압력으로 열팽창될 수 있고, 부분적으로 재가열되고 제1단계 열팽창으로 생산된 것과 같은 온도이지만 압력은 더낮은 상태로 열팽창된다.

작동유체가 영구가스 스트림의 임계온도 이상에서 영구가스와 열교환되는 하나이상의 작동유체 싸이클을 마련하는 것이 바람직하다. 이러한 작동유체 싸이클의 사용은 또한 비-임계온도 작동유체 싸이클의 냉동부라를 감소시킨다. 이러한 작동유체 싸이클에서, 열팽창된 작동유체는 영구가스 스트림을 실온에서 135 내지 180° K까지 냉각시킨다.

전형적으로, 영구가스 스트림은 또한 냉동체 스트림가의 열교환으로 냉각된다. 이 냉동제 스트림은 열팽창된 작동유체가 영구가스 스트림과 합류될때의 온도나 그보다 높은 온도에서 영구가스 스트림과 역류형으로 열교환된다. 질소의 액화에서, 냉동제 스트림으로 영구가스 스트림을 실온에서 210° K로 냉각 시키는 것이 바람직스럽다. 이것의 유리한 점은 고온 열팽창 단계에서 냉동부하를 감소시켜 다른 가능한 방법보다 효율적으로 조작할 수 있기 때문이다. 냉동제는 전형적으로 '프레온' 또는 기타 냉동에 사용되는 비영구 가스다. 작동유체는 전형적으로 영구가스이며 일반적으로 편의상 액화할 가스에서 취하여 압축한다.

일반적으로, 영구가스와 작동유체의 온도-엔탈피 구배(프로파일)(profile)를 매우 유사하게 것이 바람직하며, 특히 영구가스의 비열의 변화율이 최대인(예컨대 50기압에서 질소의 경우 135° K 내지 180° K 임계온도 이상의 온도범위에는 더욱 그러하다. 이 팽창은 등엔탈피 과정이고 그 액체의 온도가 강하하는 결과를 초래한다. 일반적으로 저장압력에서 증기와 평형상태에 있는 액화된 영구가스와 발화가스를 만드는데는 1회 또는 2회의 이러한 팽창과정을 수행하여야 한다. 일반적으로 영구가스를 액화하는 산업용 공정의 열역학적 효율이 낮기때문에 이러한 효율을 향상시킬 여지는 많다.

열교환기의 효율을 높여서 공정의 전체효율을 향상시키는 일이 강조되었다. 이와같이, 본 기술분야에서 종래의 기술은 영구가스 스트림과 작동유체스트림 또는 열교환되는 스트림간의 온도차를 줄이는데 집중되었다.

그러나 본 발명은 영구가스 스트림을 냉각하는데 사용된 비-임계온도(sub-critical temperature) 작동 유체 싸이클의 개선과 관련된다.

본 발명은 영구가스 스트림을 액화하는 방법을 제공하는데, 이 방법은 승압된 상태의 영구가스 스트림의 온도를 그의 임계온도 이하로 감하시키는 과정을 포함하고, 영구가스의 온도를 임계온도 이하로 강하시키기 위해 2개 이상의 작동유체 싸이를을 수행하여, 냉각하고 각 작동유체 싸이클은, 작동유체를 압축하고, 그것을 냉각하고, 냉각된 작동유체를 열팽창시키고, 팽창된 작동유체가 영구가스 스트림과 역류 열교환하여 영구가스 스트림을 냉각시키고 자신은 가온(warming)되는 것으로써, 열팽창된 작동유체가 영구가스의 임계온도이하에서 영구가스 스트림과 역류 열교환되는 과정을 포함하며, 각 싸이클에서 열팽창이 완료시에는 작동유체는 10기압이상의 압력을 갖는다.

작동유체의 압력은 12 내지 20기압이 바람직하다.

작동유체의 열팽창에 효과를 주기 위하여 하나의 팽창터빈을 사용하는 작동유체 싸이클에서, 팽창터빈의 출구압력은 10기압이상이다. 이런 출구압력은 종래에 사용되었던 각종 비교되는 액화방법에서 사용되었던 것보다 매우 높은 것이다. 10기압이상의 출구압력을 사용함으로서 영구가스 스트림과 열교환된 작동유체의 비열을 증가시킬 수가 있는데, 그 결과 비-임계온도 작동유체 싸이클의 열역학적 효율이 증가하여 단위 동력소모량(specific power consumption)을 감소시킨다.

일단 열괭창이 완료되었을때, 팽창터빈의 출구압력이 12 내지 20기압이면, 작동유체는 포화온도 또는 포화온도 보다 2° K 높은 온도를 갖는 것이 바람직하다. 포화온도 근처에서 작동유체의 비열은

온도강하에 따라 상대적으로 급격히 증가한다. 따라서 작동유체를 팽창시켜 포화온도(또는 근접하게)로 만들려는 우리의 의도는 10기압이상의 팽창터빈 출구압력을 사용함으로서 열역학적 효율을 증가시키는 잇점을 얻을 수 있다. 열팽창이 완료되면, 작동유체는 완전히 포화증기 또는 습증기로 유지하게 된다.

비-임계온도 작동유체 싸이클에서 10기압이상의 팽창터빈 출구압력을 이용하면 이 싸이클에서 냉동력을 얻을 수 있다. 따라서, 영구가스 스트림을 저장압력(예컨대 1기압정도)으로 팽창시키려면 즉, 압력강하를 위해서는 비교적 높은 온도(예컨대 107 내지 117°K, 질소의 경우 110°K가 바람직함)의 영구가스를 취하는 것이 좋다.

종래에는, 액화된 영구가스 스트림을 저장압력까지 팽창하는 것은 하나 또는 둘의 팽창밸브를 등엔탈피 상태로 통과시켜 달성하였다. 이것은 많은량의 비가역적임을 필연적으로 따르게 하는 팽창을 수행하는 비능률적인 방법이다. 또한 이 방법이 사용되면 본 발명에 의하여 가능해진 동력소모의 잇점의 전부는 아니지만 대부분을 잃어버린다. 저장압력가지 팽창시키는 것이 하나 또는 둘의 등엔탈피 팽창보다 더 효율적이라고 확신한다. 예를들면, 승압되고 온도이하의 온도에 있는 영구가스 스트림은 3회의 계속적인 등엔탈피 팽창작용을 받고, 각 엔탈피 팽창 후 액체로부터 발화(flash) 가스가 분리되고, 각 등엔탈피 팽창에서 나오는 액체는 다음의 계속적인 중단단계 등엔탈피 팽창가정에서 팽창될 유체로서 마지막가지 남게되고, 발화가스가 열팽창된 작동유체가 영구가스와 역류 열교환되는 정확한 온도와 작동유체 싸이클수는 이러한 유사성을 얻을 수 있도록 선택된다.

45기압 또는 그 이하로 제공되는 영구가스의 액화에서 이러한 목적을 달성하기 위해 작동유체 싸이클을 3개 사용하는 것이 바람직하다. 3개의 싸이클을 채택함으로서, 최저온도 싸이클에서의 냉동부하를 최소한 12기압의 출구압력을 갖는 싸이클에서 팽창터빈 가동에 부합되는 수준으로 유지할 수 있다. 45기압에서의 질소액화의 실시예에서, 최저온도 또는 출구압력 16기압 출구온도 112°K의 팽창터빈을 이용하는 '저온'(여기서 '저온'이라함은 압축된 공기를 냉각한 작동유체의 상태를 말한다) 작동유체 싸이클, 136°K의 출구온도를 갖는 2개의 팽창터빈을 이용하는 중간단계 작동유체 싸이클 또한 160°K의 출구온도를 갖는 팽창터빈을 이용하는 '고온'(여기서 '고온'이라 함은 압축하여 상승된 온도를 가지는 작동유체의 상태를 말한다) 작동유체 싸이클을 채택한다. 영구가스의 압력이 높을수록 온도 엔탈피 프로파일이 덜 완곡하다. 그러므로 영구가스와 작동유체의 온도-엔탈피 프로파일간의 밀접한 유사성이 용이하게 유지된다. 따라서 45기압 이상의 영구가스 압력에서는, 작동유체 싸이클을 단지 2개만 채택하는 것이 바람직하다. 예컨대 50기압의 질소에 대하여 출구압력 14기압과 출구온도 110 내지 112°K의 팽창터빈을 이용한 '저온' 작동유체 싸이클과 150°K의 출구온도의 팽창 터빈을 이용한 '고온' 작동유체 싸이클을 채택함이 바람직하다.

적절히 승압된 상태에서 공급받을 수 있는 경우를 제외하고는, 영구가스는 적당한 압축기로 승압시키는 것이 바람직하다. 한 예에서, 영구가스의 압력은 다단압축기의 여러단계를 통하여 중간정도 압력까지 승압되고 그후 작동유체의 열팽창에 사용되는 팽창터빈의 회전축에 같이 연결된 회전식 승압압축기에 의하여 최종압력으로 승압된다. 전형적으로, 각각 다른 압력의 발화가스 스트림이 다단압축기의 각단에 되돌려진다.

열교환기 장치에 연결된 통로의 수를 줄이기 위해, 열교환기를 통해 압축기로 되돌아오는 통로와 작동유체 싸이클을 공용함이 바람직하다.

본 발명은 질소와 메탄의 액화에만 국한되는 것은 아니다. 일산화탄소 및 산소와 같은 다른 가스도 또한 액화될 수 있다.

본 발명을 참고도면 실시예로 보다 상세히 설명한다.

제1도에서, 실온(300°K)과 임계압력 이상의 압력(45기압)의 질소 스트림(30)이 열교환장치(32)를 통하는데 이 열교환장치는 더운끝(34) 및 찬끝(36)이 있고 열교환기(38)(40)(42)(44)(46)(48)와 (50)가 차례로 구성되어 있고 각 열교환기는 점차적으로 바로 위의(주스트림(30)의 유동방향으로)열교환기보다 낮은 온도에서 가동된다. 열교환기(50)을 떠나는 스트림(32)는 110°K의 온도를 가진다. 그리고 교축밸브를 통하여 팽창되어 8기압액체질소와 역시 8기압의 발화가스를 만든다. 제1상 분리조(56)의 발화가스(58)는 열교환장치(32)의 찬끝(36)으로부터 더운끝(34)으로 스트림(30)에 대해 역류방향으로 되돌아간다.

분리조(56)에서 나온 액체질소는 교축밸브(60)을 통해 등엔탈피로 팽창되어 3.1기압의 액체질소와 발화가스를 만든다. 액체질소는 제2상 분리조(62)에서 발화가스와 분리된다. 발화가스 스트림(64)는 분리조(62)를 떠나 열교환장치(32)의 찬끝(36)에서 더운끝(34)로 질소 스트림(30)과 역류방향으로 열교환하면서 되돌아간다. 분리조(62)에 모인 액체의 일부는 교축밸브(66)를 통해 등엔탈피 팽창되어 1.3 기압의 액체질소와 발화가스를 만든다. 액체질소는 제3상 분리조(68)에서 발화가스와 분리된다. 발화가스(70)는 제3상 분리조(68)을 떠나 열교환장치(32)의 찬끝(36)에서 더운끝(34)로 스트림(30)과 역류방향으로 열교환하면서 되돌아간다. 분리조(62)에서 나온 액체는 제3상 분리조(68)내에 설치된 코일(72)에서 더욱 냉각된후 저장조로 간다. 제3상 분리조(68)의 액체질소는 제2상 분리조(62)의 액체질소에 의해 증발되고 여기서 발생되는 증기는 발화가스(70)에 합류된다.

발화가스 스트림(58),(64)과 (70)은 열교환기(32)의 모든 냉각원이 되고 질소 스트림(30)의 온도를 113°K에서 110°K로 낮추는데 유효하다. 전형적으로, 발화가스는 액체질소가 저장조를 통과할때 52%로 생성된다. 발화가스가 생성되는 시점의 압력은 열교환장치(32)의 더운끝(34)로부터 되돌아오는 곳의 압축기 압력에 의하여 결정된다.

압력 34.5 기압, 온도 300°K의 제1작동유체 싸이클(77)에서의 질소 작동유체의 스트림(76)은 질소 스트림(30)과 병류(cocurrent flow)로 계속해서 열교환기(38)(40)(42)(44)와 (46)을 차례로 통과하고 온도 138°K로서 열교환기(46)을 떠난다. 이 스트림은 그다음 '저온'팽창터빈(78)에서 16기압의 압력으로 열팽창된다. 터빈(78)을 떠나는 작동유체스트림(80)의 온도는 112°K으로 이 유체가 스트림(30)에 대해 역류방향으로 열교환기(48)를 지나면서 이 열교환기에 필요한 냉동량을 충족시키고

다음 열교환기(46)(44)(42)(40)와 (38)을 차례로 통과한다.

제2작동유체 싸이클(81)에서는 질소 스트림(30)의 일부를 열교환기(44)의 '찬' 끝과 열교환기(46)의 '더운'끝 사이에서 온도 163°K일때 취하고 제1중간 팽창터빈(82)을 통해 이 스트림이 일팽창되고 온도 136°K와 압력 23기압인 스트림(84)으로 되어 터빈(82)을 떠난다. 스트림(84)는 스트림(30)에 대해 역류방향으로 열교환기(46)을 통과하면서 재가열되어 열교환기 중간지점에서 온도 150°K 일때 취한다. 이것은 다시 제2중간 탱창터빈(86)을 통해 열팽창된다. 그결과 온도 136°K압력 16기압의 질소 스트림(88)이 되어 터빈(86)을 떠나 열교환기(46)의 찬끝과 열교환기(48)의 더운끝의 사이에서 스트림(80)과 합류되어 열교환기(46)에 필요한 냉동량을 충족시킬 수 있게 된다.

제3작동유체 싸이클(89)에서 스트림(30)의 또다른 일부는 열교환기(42)의 찬끝과 열교환기(44)의 더운끝 사이에서 온도 210°K 일때 취하고 이것이 '고온' 팽창터빈(90)으로 들어가 열팽창한다. 그후 압력 16기압, 온도 160.5°K의 질소 스트림(92)이 되어 터빈을 떠난다. 스트림(92)는 다음에 열교환기(44)의 찬끝과 교환기(46)의 더운끝 사이에서 스트림(80)에 합류된다. 스트림(92)은 이와 같이하여 열교환기(42)에 필요한 냉동량을 충족시킨다.

재래식 프레온 냉동기(94)(96)(98)은 열교환기(38)(40)(42)를 각각 냉동하기 위해 사용된다. 이와 같은 방법으로 질소 스트림(30)의 온도는 초기의 300°K에서 열교환기(42)의 찬끝의 210°K로 낮아진다.

제1도에 제시된 공장에 사용된 압축기 시스템은 제1도의 간결성을 도모하기 위하여 설명되지 않았다. 그러나 이 압축기 시스템은 1기압의 흡입압력을 갖는 1단과 34.5기압의 토출압력을 갖는 최종단을 갖는 다단압축기를 포함한다. 1기압의 질소는 스트림(70)의 발화가스와 함께 제1단 흡입구로 주입된다. 이 시스템은 열교환장치(32)의 더운끝(34)을 떠난뒤 각단에서 차례로 발화가스(64) 및 (58)과 합류된다. 그것은 또한 압축기의 증가되는 단에서 일팽창한 작동유체의 되돌아오는 스트림(30)과 합류한다. 스트림(58)(64)(70) 및 (80)의 각각은 타스트림으로부터 압축기의 다른 단으로 공급된다. 다단압축기를 떠나는 가스의 일부는 스트림(76)을 형성한다. 나머지는 각각의 팽창터빈으로 가동되는 4개의 승압 압축기에 의하여 45기압까지 더욱 압축되어 질소 스트림(30)을 형성하는데 사용된다. 다단압축기의 각단과 각 승압 압축기는 압축된 가스에서 열을 제거하기 위하여 설치된 자체 수냉각기를 가지고 있다.

제1도에 표시된 공장은 제3도에서 도표로 표현된다. 45기압이상(예로 50기압)의 압력에서 질소 스트림을 약화하는데 적합한 공장은 제4도에 유사하게 표현된다. 제4도의 공장과 제3도의 공장간의 주요 차이점은 전자는 4개의 일팽창터빈을 사용하는데 반하여 후자는 단지 2개의 일팽창터빈를 사용하는 것이다. 다른 터빈('고온'터빈)은 210°K에서 질소를 압축하여 그 온도를 150°K로 낮히는데 반하여 이 터빈(''저온''터빈'은 질소를 150°K에서 압축하여 50기압에서 14기압으로의 일팽창에 의하여 그 온도를 110°K까지 낮춘다. 그러므로 작동유체의 단지 2개의 일팽창된 스트림만이 그의 임계온도 이하로 질소제품을 냉각시키는데 사용된다 하더라도 이 스트림의 높은 압력은 이것의 온도-엔탈피 프로파일(제시되지는 않음)의 기본을 작게 만들기 때문에 회수되는 스트림의 온도-엔탈피 프로파일을 생성된 질소 스트림의 온도-엔탈피 프로파일과 상당허 일치하게 유지시킬 수 있다.

제2도에서 선 AB 는 등압곡선으로서 이 선을 따라 질소액화공장에서 질소가 냉각된다. 점 B는 액체 질소가 열교환기(36)(제3도)를 떠나는 점의 온도(110°K)를 나타낸다. 선 DEF는 '영역'을 정의하는데 이 영역내에서는 액체와 기체의 '2상(biphase)'상태로 존재한다. 선 BGHI, JKL 및 MNO는 등엔탈피선이다. 선 PQ, RS 및 TU는 기체질소에 대한 등압선이다.

제1도의 밸브(54)를 통한 제1등엔탈피 팽창을 고려해 보건대, 질소는 영역 DEF내의 점 H에 도달할 때까지 등엔탈피선 BGHI를 따른다. 질소는 액체와 기체의 2상(biphase)으로 존재한다. 상 분리조(56)에서 액체와 기체를 분리하고 이 분리결과 액체질소는 점 J(발화가스는 점 P에서)에서 얻는다. 제2등엔탈피 팽창은 점 K에 도달할 때까지 질소가 등엔탈피선 JKL를 따른다. 제2상 분리는 점 M에서 액체를(점 R에서 발화가스를)형성한다. 제3등엔탈피 팽창은 점 N에 도달할 때까지 질소가 선 MNO를 따르게 한다. 제3상분리는 점 V에서 액체를(점 T에서 발화가스를)만든다. 제3상분리조내의 액체는 제2상분리조의 액체에 의해 증발되고 그후 이 액체는 과냉각(undercooling)된다. 과냉각된 액체는 점 M과 같은 압력과 또한 점 M과 점 V사이의 온도를 갖는 저장조로 보낸다. 점 V의 액체가 단 1회의 등엔탈피팽창후 얻어진 것이라고 가정한다. 이것은 점 W에 도달할 때까지 경로 BGHI를 따르는 질소를 포함할 것이다. 이 과정에서의 전체 엔트로피 증가는 과정 GH, JK 및 MN을 따르는데 수반한 엔트로피 증가량의 합보다 크다. 이것은 과정 HI가 덜 가파른 반면에 선분 GH, JK 및 MN이 모두 비교적 가파르기 때문이다(각 등엔탈피 그래프에서부(negative) 기울기는 온도 하강에 따라 감소한다). 따라서, 3개의 계속적 등엔탈피 팽창을 수행하는 것보다 하나의 등엔탈피 팽창을 수행하는 일이 더욱 큰 비가역성을 가져오기 때문에 전자의(본 발명에 따른)이 후자의 공정보다 열역학적으로 더욱 효율적이다. 더우기, 최소한 3개의 등엔탈피 팽창의 사용은 첫번째것 뒤의 각 등엔탈피 팽창에서 비가역성의 일이 실행되는 작동유체의 양을 감소시킨다.

또한 만일 점 V가 4회 또는 5회나 그 이상의 계속적인 등엔탈피 팽창을 통해 도달된다면 보다 큰 효율 증가를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 실제로 5회 이상의 등엔탈피 팽창은 다른 장점이 감소되어 타당성이 희박해진다.

또한 제1등엔탈피 팽창(BGH)은 제2, 제3등엔탈피 팽창보다 덜 효율적임을 알 수 있는데, 이것은 BG 과정이 비교적 큰 엔트로피 증가를 포함하기 때문이다. 점 B의 온도 이하의 온도에서 등압선 AB는 영역 DEF에 수렴하는 것을 볼 수 있다 따라서, 점 J에 해당되는 온도로 내려갈 때까지는 등압냉각하고 여기서부터는 3회 이하의 등엔탈피 팽창을 수행하는 것이 보다 유리하다는 것을 생각할 수 있다. 그러나, 이러한 실천은 이롭지 못한데 그것은 등엔탈피 팽창을 취하는 점의 온도까지 질소를 냉각시키는데 필요한 작동유체의 열팽창 작업에서 지나친 열역학적 효율의 손실을 초래하기 때문이며 더우기 J : J 간의 엔트로피 증가는 등엔탈피선을 따라서는 BG 보다 크다.

제1도를 다시 보면, 질소 스트림(80)이 열교환장치(32)의 더운끝(34) 방향으로 통과하기 때문에 점

차적으로 가열된다. 이러한 통과가 실제로 등압과정에 실행된다고 가정하면, 이것은 질소 작동유체가 제5도에 설명된 것의 하나와 같이 등압과정을 따른다는 것을 의미한다. 제5도는 1기압에서 25기압범위의 각종 압력에서 온도에 대한 질소의 비열의 변화을 나타내는 커브의 모임이다. 각 등압선의 좌축끝은 기체 질소의 포화온도에서 끝난다. 등압선상에 놓여있는 어느 온도에서 등압선의 압력이 높을수록 질소의 비열이 크게 따라서 그 온도에서의 냉동용량도 더 크다는 것을 알 수 있다. 임의의 온도에서 높은 압력일때의 비열대 낮은 압력일때의 비열의 상관차이는 압력이 증가함에 따라 증가하고 이 증가는 10기압 이상에서 특히 현저하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

영구가스 스트림을 액화하는 방법에서, 이 가스는 질소이며 승압상태의 영구가스 스트림온도를 임계온도 이하로 감소시키는 단계로 되고 또한 영구가스의 온도를 임계온도로 떨어뜨리기 위해 2회이상의 질소함유 작동유체 싸이클을 실행하고 한편 각 싸이클은; (1) 작동유체를 압축하고, (2) 이것을 냉각하고, (3) 냉각된 유체를 일팽창하고, (4) 영구가스 스트림과 역류열교환시켜 이 영구가스 스트림을 냉각하고 자신은 가온(warming)되는 것으로 구성되고 작동유체 싸이클에서, 일팽창된 작동유체는 영구가스 스트림의 임계온도 보다 낮은 온도에서 영구가스와 역류 열교환하며 또한 각 비-임계온도 작동유체 싸이클에서, 일팽창완료시 이 작동유체의 압력이 1010Kpa(10기압) 이상이 되는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 이 압력이 12 내지 20기압인 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 일팽창 완료시 작동유체 온도가 포화온도 또는 이보다 2° K 이상 높지 않은 온도인 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 임계 온도 이하의 영구가스 스트림을 3회 이상의 연속 등엔탈피 팽창시키고 각 등엔탈피 팽창후 그 결과로 나온 발화(flash) 가스는 액체질소로부터 분리하며 한편 팽창된 유체는 후속의 등엔탈피 팽창단계로 보내고, 발화가스는 영구가스 스트림에 대해 역류 열교환시키는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 3단계, 4단계 또는 5단계 연속 등엔탈피 팽창을 실행하는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 6

제3항에 있어서, 발화가스는 일팽창된 작동유체가 영구가스 스트림과 열교환될 때보다 더 낮은 온도의 영구가스 스트림과 열교환하는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 7

제3항에 있어서. 제1등엔탈피 팽창이 107 내지 117° K의 온도의 영구가스 스트림에 대해 실행되며 영구가스는 질소인 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 작동유체 싸이클에서 일팽창된 작동유체가 실온의 영구가스는 스트림을 135 내지 180° K 온도까지 냉각시키는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 또한 영구가스 스트림을 냉동제 스트림속에서 열교환하여 냉각되는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 냉동제 스트림은 실온의 영구가스 스트림을 210° K 온도까지 냉각시키는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 질소함유 작동유체는 냉각된 영구가스 스트림에서 취하여 압축하는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 영구가스 기체를 45기압 이하의 압력으로 공급하고 3개의 작동유체 싸이클을 사용하는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 13

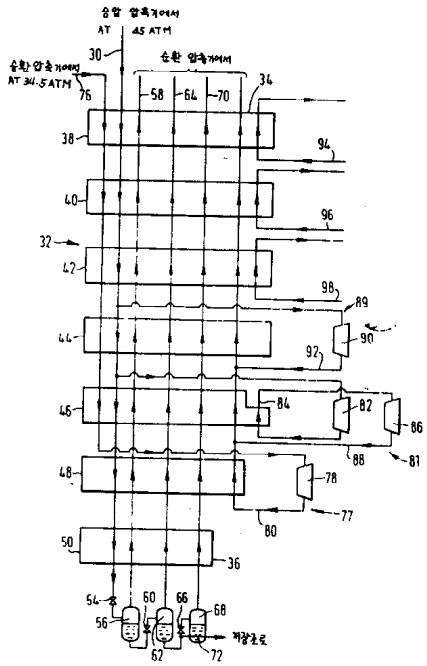
제1항에 있어서, 영구가스 스트림을 45기압 이상의 압력으로 공급하고 2개의 작동유체 싸이클을 사용하는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

청구항 14

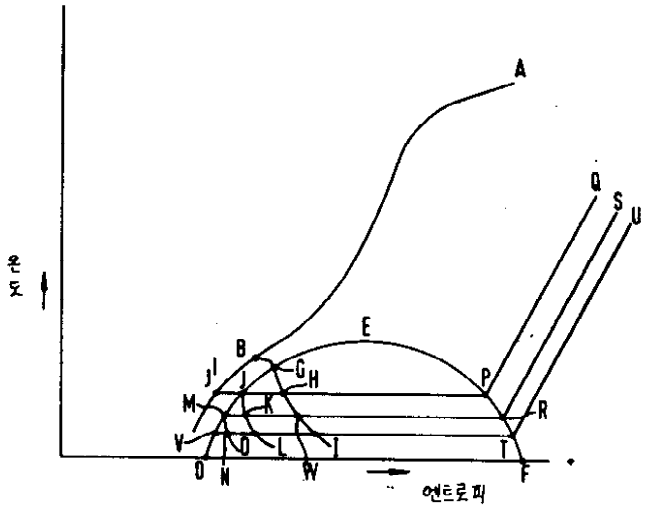
제1항에 있어서, 작동유체 싸이클에서 일팽창된 작동유체는 영구가스 스트림의 임계온도 이하의 온도에서 영구가스 스트림과 열교환하며 일팽창된 작동유체는 실온의 영구가스 스트림을 110 내지 118 °K의 온도까지 냉각시키는 것을 특징으로 하는 영구가스 스트림 액화방법.

도면

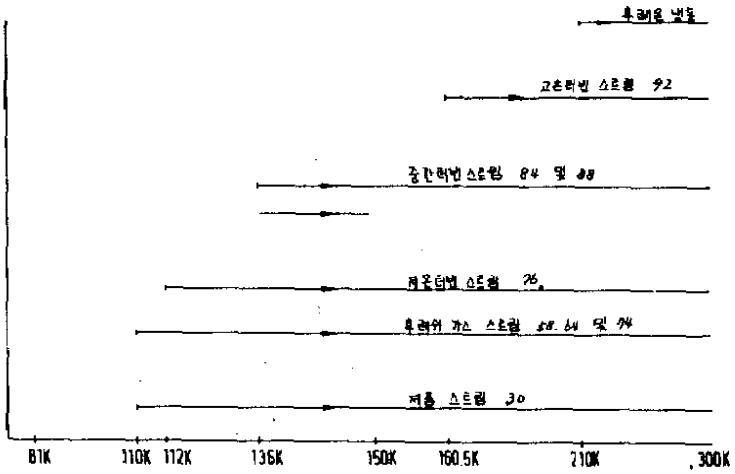
도면1



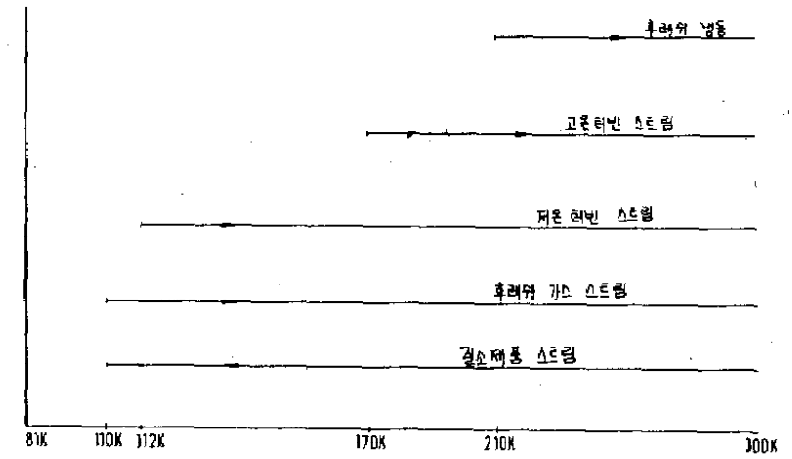
도면2



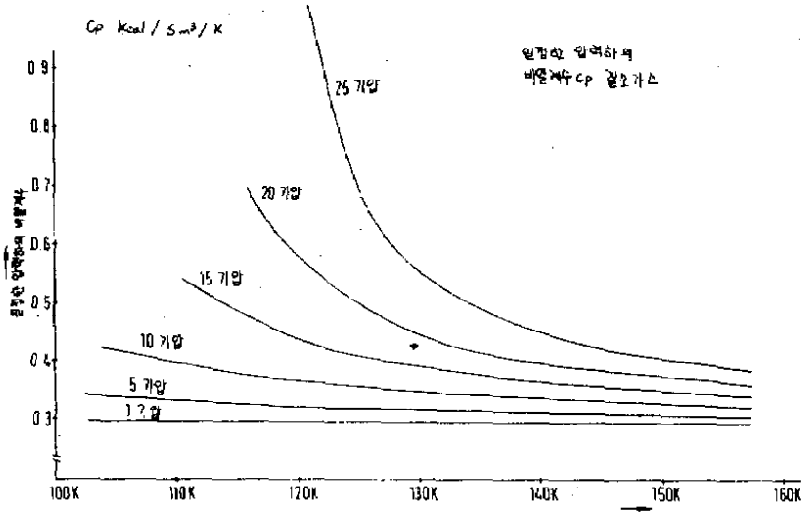
도면3


후레온 냉동
고온터빈 스트림 92
중간터빈스트림 84 및 88
저온터빈 스트림 76
후레온 가스 스트림 58, 64 및 94
저품 스트림 30
81K
110K
112K
136K
150K
160.5K
210K
300K

도면4


후레온 냉동
고온터빈 스트림
저온 터빈 스트림
후레온 가스 스트림
질소제품 스트림
81K
110K
112K
170K
210K
300K

도면5


Cp kcal / S m³ / K
일정한 압력하에
배출계수 Cp 질소가스
25 기압
20 기압
15 기압
10 기압
5 기압
1 기압
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
100K
110K
120K
130K
140K
150K
160K