

**ÖZET****BİR VEYA DAHA FAZLA HAVA ÜRÜNÜNÜN KAZANILMASI İÇİN YÖNTEM VE  
HAVA AYRIŞTIRMA SİSTEMİ**

5 Buluş, bir yüksek basınçlı kolonu (14) ve bir düşük basınçlı kolonu (15) kapsayan bir rektifikasyon kolonu sistemi (14-17) bulunan ve bir ana ısı eşanjörü (9) ile bir ana hava kompresörü bulunan bir hava ayırıştırma sistemi (100) kullanılarak bir veya daha fazla hava ürününün kazanılması için öngörülen bir yöntemi önerir, burada rektifikasyon kolonu sistemine (10-17) sevk edilen bütün hava, ana hava kompresörünün (1) içinde

10 bir birinci basınç seviyesine sıkıştırılır, ve yüksek basınçlı kolon (15), birinci basınç seviyesinin en az 3 bar altında olan bir ikinci basınç seviyesinde çalıştırılır, ve yüksek basınçlı kolondan (15) ikinci basınç seviyesinde gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan bir akışkan çekilir ve öncesinde sıvılaştırma yapılmadan gaz halinde ısıtılır. Gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan akışkanın bir birinci kısmi miktarının, -

15 150 ila -100 °C olan, özellikle -140 ila -120 °C olan bir birinci sıcaklık seviyesine ısıtılıyor olması, söz konusu bu sıcaklık seviyesinde bir basınç yükselticiye (12) sevk ediliyor olması, ve basınç yükseltici (12) kullanılarak, bir üçüncü basınç seviyesine sıkıştırılmaya devam ediliyor olması ve birinci kısmi miktarın, üçüncü basınç seviyesine sıkıştırıldıktan sonra, birinci sıcaklık seviyesinin yukarısında olan bir ikinci sıcaklık

20 seviyesine ısıtılıyor ve kalıcı olarak hava ayırıştırma sisteminden (100) dışarı sevk ediliyor olması öngörülmüştür. Uygun bir hava ayırıştırma sistemi (100) de yine buluşun konusudur.

## İSTEMLER

1. Bir yüksek basınçlı kolonu (14) ve bir düşük basınçlı kolonu (15) kapsayan bir rektifikasyon kolonu sistemi (14-17) bulunan ve bir ana ısı eşanjörü (9) ile bir ana hava kompresörü (1) bulunan bir hava ayrıştırma sistemi (100) kullanılarak bir veya daha fazla hava ürününün kazanılması için yöntem olup, burada
- 5 - rektifikasyon kolonu sistemine (14-17) sevk edilen bütün hava, ana hava kompresörünün (1) içinde bir birinci basınç seviyesine sıkıştırılır, burada yüksek basınçlı kolon (15), birinci basınç seviyesinin en az 3 bar altında olan bir ikinci basınç seviyesinde çalıştırılır, ve
- 10 - yüksek basınçlı kolondan (15) ikinci basınç seviyesinde gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan bir akışkan çekilir ve öncesinde sıvılaştırma yapılmadan gaz halinde ısıtılır, özelliği,
- 15 - gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan akışkanın bir birinci kısmi miktarının, -150 ila -100 °C olan, özellikle -140 ila -120 °C olan bir birinci sıcaklık seviyesine ısıtılıyor olması, söz konusu bu sıcaklık seviyesinde bir basınç yükselticiye (12) sevk ediliyor olması ve basınç yükseltici (12) kullanılarak, bir üçüncü basınç seviyesine sıkıştırılmaya devam ediliyor olması ve
- 20 - birinci kısmi miktarın, üçüncü basınç seviyesine sıkıştırıldıktan sonra, birinci sıcaklık seviyesinin yukarısında olan bir ikinci sıcaklık seviyesine ısıtılıyor ve kalıcı olarak hava ayrıştırma sisteminden (100) dışarı sevk ediliyor olması **ile karakterize edilmesidir.**
- 25
2. İstem 1'e göre yöntem olup, özelliği gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan akışkanın bir ikinci kısmi miktarın, birinci kısmi miktar ile birlikte, birinci sıcaklık seviyesine ısıtılmasıdır, söz konusu bu sıcaklık seviyesinde basınç yükselticiye (12) sevk edilir, ve basınç yükseltici (12) kullanılarak üçüncü basınç seviyesine sıkıştırılmaya devam edilir, burada ikinci kısmi miktar, üçüncü basınç seviyesine sıkıştırıldıktan sonra, birinci sıcaklık seviyesinin altında olan bir üçüncü sıcaklık seviyesine soğutulur, ardından ikinci basınç seviyesine geliştirilir, ve yeniden yüksek basınçlı kolonun (15) içine geri sevk edilir.
- 30
- 35

3. İstem 2'ye göre yöntem olup, özelliği nitrojen bakımından zengin olan akışkanın bir üçüncü kısmi miktarının, üçüncü basınç seviyesine sıkıştırılmadan, ısıtılması ve kalıcı olarak hava ayırıştırma sisteminden (100) dışarı sevk edilmesidir.
- 5 4. İstem 2 veya 3'e göre yöntem olup, özelliği birinci ve ikinci kısmi miktarın, ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak birinci sıcaklık seviyesine ısıtılması ve/veya birinci kısmi miktar, ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak, ikinci sıcaklık seviyesine ısıtılması ve/veya ikinci kısmi miktarın, ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak üçüncü sıcaklık seviyesine soğutulmasıdır.
- 10 5. Yukarıdaki istemlerden bir tanesine göre yöntem olup, özelliği üçüncü basınç seviyesinin 8 ila 12 bar mertebesinde olmasıdır.
- 15 6. Yukarıdaki istemlerden bir tanesine göre yöntem olup, özelliği basınç yükselticinin (12) mekanik olarak genişleme türbini (11) ile birbirine akuple edilmesidir, burada basınç yükseltici (12) ile birbirine akuple edilmiş olan genişleme türbinin (11) içinde, özellikle rektifikasyon kolonu sistemine (14-17) sevk edilen havanın, öncesinde ana hava kompresörü (9) kullanılarak bir dördüncü sıcaklık seviyesine soğutulmuş olan ve ardından yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenen bir kısmı, ikinci basınç seviyesine genişletirilir.
- 20 7. İstemler 1 ila 5'ten bir tanesine göre yöntem olup, özelliği basınç yükselticinin (12), harici enerji kullanılarak, özellikle bir elektromotor (M) vasıtasıyla tahrik edilmesidir.
- 25 8. İstem 2'ye veya 2'ye bağlı istemlerden bir tanesine göre yöntem olup, özelliği ikinci kısmi miktarın, ikinci basınç seviyesindeyken yüksek basınçlı kolondan (15) çekilen ve öncesinde sıvılaştırma yapılmadan gaz halinde ısıtılan, gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan akışkandan %10 ila 50'lik bir fraksiyonu kapsamasıdır.
- 30 9. Yukarıdaki istemlerden bir tanesine göre yöntem olup, özelliği rektifikasyon kolonu sistemine (14-17) sevk edilen havanın bir kısmınının, bir diğer basınç yükselticinin (6) içinde birinci basınç seviyesinden bir beşinci basınç seviyesine sıkıştırılması, ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak bir beşinci sıcaklık seviyesine
- 35

soğutulması, diğer basınç yükseltici (6) ile mekanik olarak birbirine akuple edilmiş olan bir genleşme türbininin (7) içinde ikinci basınç seviyesine genişletilmesi ve ardından yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenmesidir.

5 10. İstem 9'a göre yöntem olup, özelliği rektifikasyon kolonu sistemine (14-17) sevk edilen havanın bir kısmının, diğer basınç yükselticinin (6) içinde birinci basınç seviyesinden beşinci basınç seviyesine sıkıştırılması, ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak bir altıncı sıcaklık seviyesine soğutulması, ikinci basınç seviyesine genişletilmesi ve ardından yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenmesidir.

10

11. Yukarıdaki istemlerden bir tanesine göre yöntem olup, özelliği rektifikasyon kolonu sistemine (14-17) sevk edilen havanın bir kısmının, birinci basınç seviyesinde ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak soğutulması, birinci basınç seviyesinden ikinci basınç seviyesine genişletilmesi ve ardından yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenmesidir.

15

12. Yukarıdaki istemlerden bir tanesine göre yöntem olup, özelliği rektifikasyon kolonu sisteminin (14-17), yüksek basınçlı kolonun (15) bir dip sıvısına kıyasla argon bakımından zenginleştirilmiş olan bir birinci akışkanın düşük basınçlı kolondan (15) onun içine aktarıldığı ve onun içinde birinci akışkanın argon bakımından fakirleştirildiği en az bir rektifikasyon kolonunu (16) içermesidir, burada birinci akışkanın, argon bakımından fakirleştirme sonrasında geriye kalan kısmı düşük basınçlı kolonun (15) içine geri taşınır.

20

13. İstem 12'ye göre yöntem olup, özelliği bir ham ve bir saf argon kolonunun (16, 17) kullanılmasıdır, bunlar yüksek basınçlı kolondan (14) olan oksijen bakımından zenginleştirilmiş sıvının onların içinde kısmen buharlaştırıldığı tepe kondansatörleri ile birlikte çalıştırılır, burada saf argon kolonunun (17) tepe kondansatöründen olan bir buharlaşmamış fraksiyon, ham argon kolonunun (16) tepe kondansatöründen olan buharlaşmamış fraksiyonunun içeri beslenmesinin 5 ila 15 teorik ayırma kademesi yukarisından, düşük basınçlı kolonun (15) içine geri beslenir.

25

30

14. Bir veya daha fazla hava ürününün kazanılması için öngörülen, bir yüksek basınçlı kolonu (14) ve bir düşük basınçlı kolonu (15) kapsayan bir rektifikasyon

35

kolonu sistemi (14-17) bulunan ve bir ana ısı eşanjörü (9) ile bir ana hava kompresörü bulunan sistem (100) olup, bu sistem (100) aşağıdakileri yapmak üzere konfigüre edilmiş araçlara sahiptir

- 5 - rektifikasyon kolonu sistemine (14-17) sevk edilen bütün havayı, ana hava kompresörünün (1) içinde bir birinci basınç seviyesine sıkıştırmak ve yüksek basınçlı kolonu (15), birinci basınç seviyesinin en az 3 bar altında olan bir ikinci basınç seviyesinde çalıştırmak, ve
- 10 - yüksek basınçlı kolondan (15) ikinci basınç seviyesinde gaz halinde, nitrojen bakımından zengin bir akışkanı çekmek ve öncesinde sıvılaştırma yapılmadan gaz halinde ısıtmak,  
özellği aşağıdakileri yapmak üzere konfigüre edilmiş araçlar **ile karakterize edilmesidir:**
- 15 - gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan akışkanın bir birinci kısmi miktarını, -150 ila -100 °C olan, özellikle -140 ila -120 °C olan bir birinci sıcaklık seviyesine ısıtmak, söz konusu bu sıcaklık seviyesinde bir basınç yükselticiye (12) sevk etmek, ve basınç yükseltici (12) kullanılarak, bir üçüncü basınç seviyesine sıkıştırmaya devam etmek, ve
- 20 - birinci kısmi miktarı, üçüncü basınç seviyesine sıkıştırıldıktan sonra, birinci sıcaklık seviyesinin yukarısında olan bir ikinci sıcaklık seviyesine ısıtmak ve kalıcı olarak hava ayrıştırma sisteminden (100) dışarı sevk etmek.

**TARİFNAME**  
**BİR VEYA DAHA FAZLA HAVA ÜRÜNÜNÜN KAZANILMASI İÇİN YÖNTEM VE**  
**HAVA AYRIŞTIRMA SİSTEMİ**

5 Buluş, bağımsız istemlerin genel kavramlarına göre olan, bir veya daha fazla hava ürününün kazanılması için öngörülen bir yöntem ve bir hava ayırıştırma sistemi ile ilgilidir.

**Tekniğin bilinen durumu**

10

Hava ayırıştırma sistemlerinde, havanın kriyojenik olarak ayrıştırılması yoluyla sıvı veya gaz halinde olan hava ürünlerinin üretilmesi bilinmektedir ve örneğin H.-W. Häring (yayıncı), Industrial Gases Processing, Wiley-VCH, 2006'da, bilhassa paragraf 2.2.5, "Cryogenic Rectification" içinde tarif edilmektedir.

15

Hava ayırıştırma sistemleri, örneğin iki kolonlu sistemler, özellikle klasik Linde tipi çift kolonlu sistemler olarak veya da üç veya daha fazla kolonlu sistemler olarak teşekkül edilmiş olabilen rektifikasyon kolonu sistemlerine sahiptir. Sıvı ve/veya gaz halinde olan nitrojenin ve/veya oksijenin kazanılması için öngörülen rektifikasyon kolonlarının, yani

20 nitrojen-oksijen-ayırma için öngörülen rektifikasyon kolonlarının yanı sıra, daha başka hava bileşenlerinin, özellikle kripton, ksenon ve/veya argon soy gazlarının kazanılması için öngörülen rektifikasyon kolonları öngörülmüş olabilmektedir.

25

Belirtilen rektifikasyon kolonu sistemlerine ait rektifikasyon kolonları, farklı basınç seviyelerinde çalıştırılır. Çift kolonlu sistemler, yüksek basınçlı kolon denilen bir kolona (basınçlı kolon, orta basınçlı kolon veya alt kolon da denilir) ve düşük basınçlı kolon denilen bir kolona (üst kolon da denilir) sahiptir. Yüksek basınçlı kolonun basınç seviyesi örneğin 4 ila 6 bar'dır, tercihen yaklaşık 5,5 bar'dır. Düşük basınçlı kolon örneğin 1,3 ila 1,7 bar, tercihen yaklaşık 1,5 bar olan bir basınç seviyesinde çalıştırılır.

30

Burada ve aşağıda belirtilen basınç seviyelerinde her seferinde belirtilen ilgili kolonların tepesinde mevcut bulunan mutlak basınçlar söz konusudur. Belirtilen değerler sadece, ihtiyaç halinde değiştirilebilen örnekleri teşkil eder.

35

Havanın ayrıştırılması için ana hava kompresörü/takviye hava kompresörü-(Main Air Compressor/Booster Air Compressor-, MAC-BAC-)-yöntemleri denilen yöntemler ya da

yüksek hava basıncı-(High Air Pressure-, HAP-)-yöntemleri kullanılabilir. Ana hava kompresörü/takviye hava kompresörü-yöntemlerinde daha ziyade konvansiyonel olan yöntemler söz konusudur, yüksek hava basıncı-yöntemleri son zamanlarda gittikçe daha fazla alternatifler olarak kullanılmaktadır.

5

Ana hava kompresörü/takviye hava kompresörü-yöntemlerinin özelliği, rektifikasyon kolonu sisteminin içine toplamda sevk edilen kullanılan hava miktarının sadece bir kısmının, yüksek basınçlı kolonun basınç seviyesinin büyük ölçüde, yani en az 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 veya 10 bar yukarısında olan bir basınç seviyesine sıkıştırılıyor olmasıdır.

10

Kullanılan hava miktarının bir diğer kısmı sadece yüksek basınçlı kolonun basınç seviyesine ya da yüksek basınçlı kolonun basınç seviyesinden 1 ila 2 bar'dan daha fazla farklı olmayan bir basınç seviyesine sıkıştırılır ve bu düşük basınç seviyesinde yüksek basınçlı kolonun içine beslenir. Bir ana hava kompresörü/takviye hava kompresörü-yöntemi için bir örnek Haring'de (yukarıya bakınız) Şekil 2.3A'da gösterilmektedir.

15

Buna karşın, bir yüksek hava basıncı-yönteminde, rektifikasyon kolonu sisteminin içine toplamda sevk edilen kullanılan hava miktarının tamamı, yüksek basınçlı kolonun basınç seviyesinin büyük ölçüde, yani en az 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 veya 10 bar yukarısında olan bir basınç seviyesine sıkıştırılır. Basınç farklı örneğin 14, 16, 18 veya 20 bar'a kadar olabilir. Yüksek hava basıncı-yöntemleri örneğin EP 2 980 514 A1 ve EP 2 963 367 A1'den bilinmektedir.

20

Mevcut buluş bilhassa içten sıkıştırmalı (IV, Internal Compression, IC) hava ayırıştırma sistemlerinde kullanılır. Burada, hava ayırıştırma sistemi vasıtasıyla sağlanan en az bir ürün, rektifikasyon kolonu sisteminden bir kriyojenik sıvının alınması, bir basınç artışına tabi tutulması ve ısıtma yoluyla gaz haline veya kritik üstü hale geçirilmesi yoluyla oluşturulur. Örneğin bu şekilde içten sıkıştırılmış, gaz halinde olan oksijen (GOX IV, GOX IC) veya nitrojen (GAN IV, GAN IC) oluşturulabilir. İçten sıkıştırma, alternatif olarak aynı şekilde mümkün olan bir dıştan sıkıştırma karşısında bir dizi avantajlar sunar ve örneğin Haring (yukarıya bakınız), fıkra 2.2.5.2, "Internal Compression"de açıklanmaktadır. Örneğin US 2004/0221612 A1'de ve US 5,475,980 A'da da içten sıkıştırmalı yöntemler açıklanmaktadır.

25

30

Belirgin ölçüde daha düşük olan maliyetlerden ve benzer verimlilikten dolayı yüksek hava basıncı-yöntemleri, konvansiyonel ana hava kompresörü-takviye hava kompresörü-yöntemlerine avantajlı bir alternatifi teşkil edebilir. Ancak bu bütün durumlarda geçerli değildir. Bu sebeple, mevcut buluşun görevi, en azından böyle

5 durumların bir kısmında, bir yüksek hava basıncı-yönteminin avantajlı bir kullanımına olanak sağlanmasıdır.

### **Buluşun Açıklaması**

10 Bu görev, bağımsız istemlerin özelliklerine sahip olan, bir veya daha fazla hava ürününün kazanılması için öngörülen bir yöntem ve bir hava ayırıştırma sistemi ile çözümlenmektedir. Tasarımlar her seferinde bağımlı istemlerin ve aşağıda yer alan tarifnamenin konusunu oluşturmaktadır.

15 Aşağıda ilk önce mevcut buluşunun birkaç esası açıklanmaktadır ve buluşun tarif edilmesi için kullanılan kavramlar tanımlanmaktadır.

Bir "kullanılan hava miktarı" veya kısaca "kullanılan hava" kavramından bu başvuru çerçevesinde bir hava ayırıştırma sisteminin rektifikasyon kolonu sistemine toplamda

20 sevk edilen ve böylece rektifikasyon kolonu sistemine sevk edilen bütün hava anlaşılır. Daha önce zaten açıklanmış olduğu gibi, bir ana hava kompresörü/takviye hava kompresörü-yönteminde uygun bir kullanılan hava miktarının sadece bir kısmı, yüksek basınçlı kolonun basınç seviyesinin belirgin ölçüde yukarısında olan bir basınç seviyesine sıkıştırılır. Buna karşın, bir yüksek hava basıncı-yönteminde bütün

25 kullanılan hava miktarı bu tür yüksek bir basınç seviyesine sıkıştırılır. "Belirgin" kavramının ana hava kompresörü/takviye hava kompresörü- ve yüksek hava basıncı-yöntemleri ile ilgili anlamı ile ilgili olarak yukarıdaki açıklamalara atıfta bulunulur.

Bir "kriyojenik" sıvı kavramından burada , kaynama noktası belirgin ölçüde ortam

30 sıcaklığının altında olan, örneğin -50 °C veya daha az olan, özellikle -100 °C veya daha az olan bir sıvı ortam anlaşılır. Sıvı hava, sıvı oksijen, sıvı nitrojen, sıvı argon veya belirtilen bileşikler bakımından zengin olan sıvılar, kriyojenik sıvılara örneklerdir.

Hava ayırıştırma sistemlerinde kullanılan tertibatlara veya aparatlara, ihtisas

35 literatürüne, mesela Häring (yukarıya bakınız), özellikle fıkra 2.2.5.6, "Apparatus"a

atıfta bulunulur. Aşağıda, belirginleştirme ve kesin bir ayırım yapılması amacıyla ilgili tertibatların birkaç ögesi detaylı biçimde açıklanmaktadır.

5 Hava ayırıştırma sistemlerinde, kullanılan hava miktarının sıkıştırılması için, burada "ana hava kompresörü" olarak adlandırılan çok kademeli turbo-kompresörler kullanılır. Turbo-kompresörlerin mekanik yapısı, uzman tarafından esas olarak bilinir. Bir turbo-kompresörün içinde, sıkıştırılacak ortam, bir türbin çarkının ya da doğrudan bir milin üzerine düzenlenmiş olan türbin kanatları vasıtasıyla sıkıştırılır. Bir turbo-kompresör, burada, bir yapısal üniteyi oluşturur, ancak o, birçok kademeli turbo-kompresörde 10 birden fazla "kompresör kademesine" sahip olabilir. Bir kompresör kademesi burada genelde bir türbin çarkını veya uygun bir türbin kanatları düzenini kapsar. Bu kompresör kademelerinin hepsi, ortak bir mil tarafından tahrik edilebilir. Ancak, kompresör kademelerinin gruplar halinde farklı miller ile tahrik edilmesi de öngörülmüş olabilir, burada miller, transmisyonlar üzerinden de birbirine bağlanmış olabilir.

15

Ana hava kompresörünün ayrıca özelliği, onun tarafından, rektifikasyon kolonu sisteminin içine beslenen ve hava ürünlerinin üretilmesi için kullanılan bütün hava miktarının, yani bütün kullanılan havanın sıkıştırılıyor olmasıdır. Aynı şekilde bir "takviye hava kompresörü" de öngörülmüş olabilir, ancak onun içinde, ana hava 20 kompresörünün içinde sıkıştırılan hava miktarının sadece bir kısmı, bir defa daha, daha yüksek bir basınçta getirilir. Bu da turbo-kompresör olarak teşekkül edilmiş olabilir. Kısmi hava miktarlarının sıkıştırılması için, tipik olarak, basınç yükseltici olarak da adlandırılan, ancak ana hava kompresörüne veya takviye hava kompresörüne kıyasla sadece nispeten az bir kapsamda bir sıkıştırma yapan daha başka turbo-kompresörler 25 daha öngörülmüştür. Bir yüksek hava basıncı-yönteminde de bir takviye hava kompresörü mevcut olabilir, ancak o havanın sadece bir kısmı miktarını, uygun şekilde daha yüksek olan bir basınç seviyesinden başlayarak, sıkıştırır.

Hava ayırıştırma sistemlerinde birden fazla yerde ayrıca hava genişletilebilir, bunun 30 için, diğerlerinin yanı sıra, burada "genleşme türbinleri" olarak da adlandırılan, turbo-ekspanderler şeklinde olan genleşme makineleri kullanılabilir. Turbo-ekspanderler, turbo-kompresörlere akuple edilmiş ve onları tahrik ediyor da olabilir. Bir veya daha fazla turbo-kompresör dışarıdan sevk edilen enerji olmadan, yani sadece bir veya daha fazla turbo-ekspander üzerinden tahrik edildiğinde, bu tür bir düzen için "türbin-basınç 35 yükseltici" kavramı da kullanılmaktadır. Bir türbin-basınç yükselticide, turbo-ekspander

(genleşme türbini) ile turbo-kompresör (basınç yükseltici) mekanik olarak birbirine akuple edilmiştir, burada kuplaj, (örneğin ortak bir mil üzerinden) aynı devir sayısı ile ya da (örneğin araya bağlanan bir transmisyon üzerinden) farklı devir sayısı ile gerçekleştirilebilir. Ancak, bir basınç yükseltici esasen harici enerji kullanılarak, örneğin bir elektromotor kullanılarak da tahrik edilebilir. Mevcut buluş çerçevesinde, aşağıda daha detaylı şekilde açıklanacağı gibi, türbin-basınç yükselticiler ve harici enerji kullanılarak tahrik edilen basınç yükselticiler kullanılabilir.

Sıvı, gaz halinde veya da kritik üstü durumda mevcut bulunan akışkanlar, burada kullanılan dil kullanımında bir veya daha fazla bileşen bakımından zengin veya fakir olabilir, burada "zengin", molekül, ağırlık veya hacim bazında en az % 75, % 90, % 95, % 99, % 99,5, % 99,9 veya % 99,99 olan bir muhtevayı ve "fakir" en fazla % 25, % 10, % 5, % 1, % 0,1 veya % 0,01 olan bir muhtevayı ifade edebilir. "Ağırlıklı olarak" kavramı biraz önce yapılan "zengin" tanımına uygun olabilir, ancak özellikle % 90'dan fazla olan bir muhtevayı tanımlar. Örneğin burada "nitrojen" söz konusu ise, bunda saf gaz, veya da nitrojen bakımından zengin olan bir gaz söz konusu olabilir.

Aşağıda, basınçların ve sıcaklıkların karakterizasyonu için "basınç seviyesi" ile "sıcaklık seviyesi" kavramları kullanılmaktadır, bunlarla, basınçların ve sıcaklıkların, buluşa göre olan bir konseptin gerçekleştirilmesi için, kesin basınç- veya sıcaklık değerleri şeklinde kullanılmak zorunda olmadığı ifade edilmektedir. Ancak, bu tür basınçlar ile sıcaklıklar, tipik olarak, örneğin bir ortalama değer  $\pm$  % 1'i, % 5'i, %10'u, %20'si veya hatta % 50'si civarında olan belirli aralıklar içerisinde hareket eder. Burada, farklı basınç seviyeleri ile sıcaklık seviyeleri, ayrı aralıklarda veya üst üste binen aralıklarda yer alabilir. Örneğin basınç seviyelerine özellikle, örneğin soğutma efektlerinden dolayı kaçınılmaz olan veya beklenen basınç kayıpları dahildir. Aynısı, sıcaklık seviyeleri için geçerlidir. Burada bar cinsinden belirtilen basınç seviyelerinde mutlak basınçlar söz konusudur.

### 30 **Buluşun avantajları**

Mevcut buluş çerçevesinde uygun maliyetli ve aynı zamanda verimli olan bir yüksek hava basıncı-yöntemi yaratılmaktadır. Giriş kısmında zaten açıklanmış olduğu gibi, bu tür yüksek hava basıncı-yöntemleri belirli durumlarda, alışılmış ana hava kompresörü/takviye hava kompresörü-yöntemlerine iyi bir alternatifi teşkil eder. Mevcut

buluş, burada eş zamanlı argon üretimi yapıldığında, 31 bar'da saat başına takriben 37.000 standart metreküp sıkıştırılmış, gaz halinde olan oksijenin, 10 bar'da saat başına 20.000 standart metreküp gaz halinde olan nitrojenin, saat başına 3.000 standart metreküp sıvı nitrojenin ve 3.300 standart metreküp sıvı oksijenin oluşturulabildiği bir yöntem ile ilgilidir.

Esasen tekniğin bilinen durumundan farklı yüksek hava basıncı-yöntemleri bilinmektedir. Bunlar çoğunlukla sistemin sıvı gücüne göre veya içten sıkıştırılmış ürünlerin sıvı ürünlere oranına göre sınıflandırılır ve ayrılır. Mevcut buluş çerçevesinde de göz önünde bulunduran, fazla yüksek olmayan bir sıvı gücünde, fazlalık olan soğutma gücünün daha yüksek hava basıncına dönüştürülmesi yoluyla proses verimliliğinin artırılması için örneğin bir soğuk basınç yükseltici kullanılır. Uygun bir soğuk basınç yükselticinin içinde, genelde, hava ayırıştırma sisteminin içine sevk edilen, ana ısı eşanjörünün içinde bir ara sıcaklık seviyesine soğutulmuş ve icabında öncesinde basıncı zaten yükseltilmiş olan kullanılan havanın bir kısmı, daha yüksek bir basınç seviyesine getirilir. Bir soğuk basınç yükselticisi bulunan bir hava ayırıştırma sistemi örneğin EP 3 101 374 A2'de açıklanmaktadır.

Esasen burada bir soğuk basınç yükseltici kavramından, yerindeki ilgili ortam sıcaklığının belirgin ölçüde altında olan, özellikle belirgin ölçüde 0 °C, -10 °C, -20 °C, -30 °C, -40 °C veya -50 °C'nin altında veya daha da düşük olan bir sıcaklık seviyesinde olan bir akışkan ile beslenen bir basınç yükseltici anlaşılır. Proses verimliliğinin bir soğuk basınç yükseltici ile artırılması mümkündür, zira nispeten düşük olan sıvı gücünden dolayı sistemden buna karşılık gelen bir soğuk miktarı "çekilmemektedir"; ilgili ürünler sıvı tasarlanmış olsaydı, böyle bir çekilme söz konusu olurdu. Mevcut buluşta kullanılacak olan bir soğuk basınç yükseltici, türbin-basınç yükseltici ya da harici enerji ile tahrik edilen basınç yükseltici olarak teşekkül edilmiş olabilir.

Ayrıca, bir hava ayırıştırma sisteminin ana ısı eşanjörünün kF-değerinin (yani ısı geçirgenlik katsayısı k ile ısı değiştirme yüzeyi F'den olan ürün) bir soğuk basınç yükseltici kullanılarak büyütülebildiği bilinmektedir. Bu, soğuk sıkıştırma esnasında soğuk basınç yükselticinin içine alınan gücün pratikte tamamen ana ısı eşanjörünün kendisinin içinde tahliye ediliyor olmasından kaynaklanır. Bu şekilde ısı eşanjörünün içinde içten sıkıştırma prosesi veya Q-T-profili iyileştiriliyor olsa da, ihtiyaç duyulan ısı değiştirme yüzeyi daha büyük hale gelir, çünkü belirli bir sıcaklık aralığında sıkıştırılan

gaz miktarı pratikte iki defa soğutulur. Bunun gösterilmesi için örneğin zaten belirtilmiş olan EP 3 101 374 A2'deki Şekil 1'e atıfta bulunulur. Orada madde akımı (i), sıkıştırmadan kaynaklı sıcaklık artışından dolayı, ana ısı eşanjöründen (7), soğuk basınç yükselticinin (101) içinde basıncı yükseltilmeden, ardından ana ısı eşanjörüne (7) yeniden sevk edileceği sıcaklık seviyesine nazaran daha düşük bir sıcaklık seviyesinde çekilir. Q-T-profilindeki iyileşme, termodinamik bakımdan incelendiğinde, bu sıcaklık aralığında, soğuk ve sıcak akışların ısı kapasiteleri arasındaki farkın artmasından kaynaklanır.

10 Yüksek hava basıncı-yöntemlerinin verimliliğinin, farklı basınçlarda birden fazla kısma akımı kullanılarak iyileştirilmesi de bilinmektedir. Bir "kısmı akımı" kavramında burada kullanılan hava miktarının, ana ısı eşanjörünün içinde yüksek basınçlı kolonun çalışma basıncının yukarısında olan bir basınç seviyesine soğutulan, en azından kısmen sıvılaştırılan veya uygun basınçta gaz halinden, kritik üstü duruma geçirilen ve 15 ardından bir genleşme donanımı, klasik olarak bir genleşme valfi ("kısmı valfi") ile geliştirilen ve rektifikasyon kolonu sistemine, özellikle yüksek basınçlı kolona sevk edilen bir kısmı söz konusudur.

Bir basınçlı nitrojen ürünü örneğin takriben 10 bar'da örneğin takviye sıkıştırma işlemi 20 yoluyla, özellikle takriben 5,5 bar'da çalışan yüksek basınçlı kolondan veya içten sıkıştırma yoluyla elde edilen basınçlı nitrojen olarak sağlanabilir. Birinci durumda ayrı bir kompresöre, son durumda bir içten sıkıştırma pompasına ve bir defa daha, daha büyük olan bir ısı eşanjörüne ihtiyaç duyulur.

25 Şimdi, giriş kısmında açıklanan, uygun maliyetli ve aynı zamanda verimli olan bir HAP-yönteminin sağlanmasından ibaret olan görev, mevcut buluş çerçevesinde, ana ısı eşanjörünün içinde Q-T-profilinin iyileştirilmesi için, esasen tekniğin bilinen durumundan bilindiği gibi bir kullanılan hava akımının soğuk sıkılaştırılmasının yerine, yüksek basınçlı kolondan elde edilen bir nitrojen akımının, bir türbin-basınç 30 yükselticinin ya da harici enerji ile tahrik edilen bir basınç yükselticinin içinde soğuk sıkıştırılması yoluyla çözülür. Bu, mevcut buluş çerçevesinde özellikle avantajlı olan bir şekilde tasarlanır ve ileri tasarımı yapılır.

Soğuk basınç yükselticilerin basınç oranları tipik olarak maksimum 1,9 ila 2 35 mertebesindedir. Bir basınç oranı burada ilgili bir basınç yükselticinin giriş basıncının

çıkış basıncına oranı olarak tanımlanmıştır. Bu basınç oranı, mevcut durumda takriben 10 bar'da, talep edilen nitrojen ürünü miktarının sağlanması için yeterlidir. Bu nedenle uygun bir basınç seviyesinde olan basınçlı nitrojenin sağlanması için bir soğuk basınç yükseltici avantajlı bir şekilde kullanılabilir.

5

Uygun bir nitrojen-ürün akımı için bir soğuk basınç yükselticinin kullanılmasıyla, kullanılan havanın bir kısmı akımının bir soğuk basınç yükselticinin içinde soğuk sıkıştırılması ve ardından soğutulması ile esasen aynı etki elde edilebilir. Q-T-profilindeki iyileştirme de yine, ısı kapasitelerinin soğuk ve sıcak akımlar arasındaki daha elverişli oranı ile elde edilir. Ancak, bilinen yöntemlerin aksine fark, mevcut buluş çerçevesinde önerilen uygulamada, belirli ısı eşanjör bölgelerinde soğuk akımların ısı kapasitesinin (ilgili bir nitrojen akımının soğuk basınç yükselticiye iletilmesi yoluyla) azaltılıyor olmasıdır. Buna karşın, tekniğin bilinen durumunda alışılmış olan hava takviye sıkıştırması işleminde, sıcak akımların ısı kapasitesi, soğuk sıkıştırılan hava akımı ısı eşanjörünün içinden iki defa geçirilerek, büyütülür. Tarif edilen fark, ısı eşanjörünün kF-değerinin üzerine olumlu etki eder. Söz konusu bu değer mevcut buluş çerçevesinde düşürülür, zira basınçlı nitrojen için öngörülen soğuk basınç yükselticinin gücü, ana ısı eşanjörünün içinde tahliye edilmek zorunda değildir (basınçlı nitrojen akımı sıkıştırmadan dolayı ısınır ve ardından uygun bir yerde, akabinde neredeyse ortam sıcaklığına ısıtılmak üzere, ana ısı eşanjörünün içine geri beslenir).

20

Mevcut buluş, bir basınçlı nitrojen ürününün soğuk sıkıştırılmasına ilaveten, bütün proses boyunca fazlalık olan soğutma gücünün ve soğuk basınç yükselticinin gücünün özellikle avantajlı biçimde dengelenmesini kapsar. Bu, buluşun özellikle tercih edilen bir uygulama şeklinde, yüksek basınçlı kolondan olan ürün miktarının yanı sıra, belirli bir ilave miktarda basıncı nitrojenin de beraberinde sıkıştırılması ve ardından ana ısı eşanjörünün içinde ilave kısma akımı olarak kullanılması yoluyla elde edilebilir. Yani, uygun bir ilave miktarda basınçlı nitrojen, ana ısı eşanjörünün içinde en azından kısmen sıvılaştırılır ve yeniden rektifikasyon kolonu sisteminin, özellikle yüksek basınçlı kolonun içine beslenir.

25

30

Bu şekilde pratikte, soğuk basınç yükselticinin bütün gücü dışarı atılır ve ısı eşanjörünün içindeki Q-T-profilli, ilave bir kısma akımı ile iyileştirilir. Bu uygulama belirli anlamda, Q-T-profilinin iyileştirilmesi için öngörülen, tarif edilen iki metodun bir kombinasyonunu teşkil eder. İlave bir nitrojen-kısma akımının kullanılması, ürün

35

eldesinin üzerine de olumlu etki eder, zira daha az hava ön sıvılaştırma işlemi görür (kullanılan hava yerine yüksek basınçlı kolondan çıkan basınçlı nitrojen sıvılaştırılır).

5 Burada, rektifikasyonun, aşağıda bir kez daha açıklanacağı şekilde uygun biçimde adapte edilmesi, önemlidir. Basınçlı kolondan, argon-eldesi kötüleşmeden, daha fazla basınçlı nitrojenin çekilebilmesi için, örneğin ham veya saf argon kolonları veya argon çıkış kolonları kullanılıyor ise, düşük basınçlı kolon argon bakımından optimize edilmiş şekilde, yani argon kondansatörlerini besleme yerlerinin arasında ilave bir rektifikasyon kesiti ile uygulanmalıdır. İlave nitrojen kısma akımının miktarı burada bir optimizasyon parametresini teşkil eder. Yüksek basınçlı kolondan çekilen ve ne kondanse edilmeden 10 geri dönüş olarak onun içine geri sevk edilen ne de kondanse edilmeden düşük basınçlı kolona sıvı geri dönüş olarak kullanılan bütün nitrojen (mevcut durumda söz konusu olduğu gibi, kendisi orada artık geri dönüş olarak kullanıma hazır olmadığı için, esasen düşük basınçlı kolonun içindeki ayırma işlemini olumsuz etkiler.

15

Toplamda, mevcut buluş, bir yüksek basınçlı kolonu ve bir düşük basınçlı kolonu kapsayan bir rektifikasyon kolonu sistemi bulunan ve ayrıca bir ana ısı eşanjörü ve bir ana hava kompresörü ile donatılmış olan bir hava ayırıştırma sistemi kullanılarak bir veya daha fazla hava ürününün kazanılması için öngörülen bir yöntemi önerir. Zaten 20 belirtilmiş olduğu gibi, mevcut buluş, bir yüksek hava basıncı-yöntem ile kullanılır, yani rektifikasyon kolonu sistemine sevk edilen bütün hava, ana hava kompresörünün içinde bir birinci basınç seviyesine sıkıştırılır ve yüksek basınçlı kolon, birinci basınç seviyesinin en az 3 bar altında olan bir ikinci basınç seviyesinde çalıştırılır. Diğer tipik basınç farkları için, giriş kısmında yer alan açıklamalara özellikle atıfta bulunulur.

25

Ayrıca, mevcut buluş çerçevesinde, aslında bilinen şekilde, yüksek basınçlı kolondan, ikinci basınç seviyesinde, gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan bir akışkan çekilir ve öncesinde sıvılaştırma yapılmadan, gaz halinde ısıtılır. Bu akışkanda, alışılmış hava ayırıştırma sistemlerinde, hava ayırıştırma sisteminden yöntem ürünü 30 olarak çekilecek olan basınçlı nitrojen söz konusudur. Alışılmış olduğu gibi, nitrojen bakımından zengin olan bu tür bir akışkan, ana ısı eşanjörünün içinde tamamen ısıtılır ve ardından uygun bir ürün olarak dışarı verilir. Burada, uygun bir akışkanın "öncesinde sıvılaştırma yapılmadan" gaz halinde ısıtılması anlaşılır, bundan, uygun olan bir akışkanda, yüksek basınçlı kolondan çekilen, yüksek ile düşük basınçlı kolonu ısı 35 alışverişi olacak şekilde birbirine bağlayan bir ana kondansatörün içinde sıvılaştırılan

ve ardından örneğin yüksek basınçlı kolona geri sevk edilen veya düşük basınçlı kolonun içine beslenen nitrojenin söz konusu olmadığı, anlaşılır. Bu tür akışkan da esasen ısıtılabilir veya örneğin sıvı nitrojenin sağlanmasına yarayabilir. Uygun akışkanlar, mevcut buluş çerçevesinde (ancak öncesinde sıvılaştırma yapılmadan gaz halinde ısıtılan akışkana ilaveten) kullanılabilir.

Burada, mevcut buluş çerçevesinde, gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan akışkanın bir birinci kısmi miktarının -150 ila -100 °C, özellikle -140 ila -120 °C, örneğin -130 °C olan bir birinci sıcaklık seviyesine ısıtılması, bir birinci sıcaklık seviyesinde bir basınç yükselticiye sevk edilmesi, basınç yükseltici kullanılarak bir üçüncü basınç seviyesine sıkıştırılmaya devam edilmesi, öngörülmüştür. Basınç yükselticide, gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan akışkanın veya bu akışkanın birinci kısmi miktarının basınç yükselticiye sevk edildiği sıcaklık seviyesinden dolayı, yukarıda açıklanan anlamda bir "soğuk basınç yükseltici" söz konusudur. Söz konusu bu soğuk basınç yükseltici bir türbin-basınç yükseltici olarak ya da yukarıda zaten açıklanmış olduğu gibi, harici enerji vasıtasıyla tahrik edilen bir basınç yükseltici olarak teşekkül edilmiş olabilir. Bir soğuk basınç yükselticinin kullanılmasının avantajları da yine zaten yukarıda açıklanmıştır. Üçüncü basınç seviyesi özellikle uygun bir nitrojen ürününün dışarı verileceği bir basınç seviyesinde, mesela 8 ila 12 bar, özellikle 9 ila 11 bar, örneğin 10 bar olan bir basınçta bulunur. Yani, bu tür bir basınç seviyesinde uygun, nitrojen bakımından zengin olan bir basınçlı ürünün dışarı verilme basıncı söz konusudur.

Mevcut buluş çerçevesinde ayrıca, birinci kısmi miktarın, üçüncü basınç seviyesine sıkıştırıldıktan sonra, birinci sıcaklık seviyesinin yukarısında olan, özellikle ortam sıcaklığı mertebesinde olabilen bir ikinci sıcaklık seviyesine ısıtılması, ve kalıcı olarak hava ayrıştırma sisteminden dışarı sevk edilmesi öngörülmüştür. Yani, ilgili birinci kısmi miktar basınçlı ürün olarak sağlanır.

Ayrıca, mevcut buluşun özellikle avantajlı olan bir uygulama şekline göre, gaz halinde, nitrojen bakımından zengin olan akışkanın bir ikinci kısmi miktarının, daha önce belirtilen birinci kısmi miktar ile birlikte aynı şekilde birinci sıcaklık seviyesine ısıtılması, bu birinci sıcaklık seviyesinde basınç yükselticiye sevk edilmesi ve basınç yükseltici kullanılarak üçüncü basınç seviyesine sıkıştırılmaya devam edilmesi öngörülmüştür. Ancak burada, ikinci kısmi miktarın, üçüncü basınç seviyesine sıkıştırıldıktan sonra,

birinci sıcaklık seviyesinin altında olan bir üçüncü sıcaklık seviyesine soğutulması, ardından ikinci basınç seviyesine genişletilmesi ve yeniden yüksek basınçlı kolonun içine geri sevk edilmesi öngörülmüştür. İkinci kısmi miktar, burada, üçüncü sıcaklık seviyesine soğutulması esnasında, özellikle en azından kısmen sıvılaştırılır veya kritik üstü durumdan sıvı hale geçirilir. Yani bu durumda, belirtildiği gibi, soğuk basınç yükselticinin içinde sıkıştırılmış olan basınçlı nitrojenin bir kısmi miktarı (yani ikinci kısmi miktar) diğer kısma akımı olarak kullanılır. Üçüncü sıcaklık seviyesinde -180 ila -165 °C, özellikle -177 ila -167 °C, örneğin -172 °C olan bir sıcaklık seviyesi söz konusu olabilir.

10

Mevcut buluş çerçevesinde ayrıca, nitrojen bakımından zengin akışkanın bir üçüncü kısmi miktarının, üçüncü basınç seviyesine sıkıştırma yapılmadan, birinci sıcaklık seviyesine ısıtılması ve kalıcı olarak hava ayırıştırma sisteminden dışarı sevk edilmesi de mümkündür. İlgili nitrojen örneğin sızdırmazlık gazı şeklinde veya basınç seviyesi düşük olan bir nitrojen ürünü olarak sağlanabilir. Birinci, ikinci ve üçüncü kısmi miktarlar tercihen birlikte, yüksek basınçlı kolondan çekilen ve sıvılaştırılmamış, nitrojen bakımından zengin olan akışkanın toplam miktarını oluşturur.

Mevcut buluş çerçevesinde birinci ve ikinci kısmi miktarın, ana ısı eşanjörü kullanılarak birinci sıcaklık seviyesine ısıtılması, ve/veya birinci kısmi miktarın, ana ısı eşanjörü kullanılarak ikinci sıcaklık seviyesine ısıtılması ve/veya ikinci kısmi miktarın, ana ısı eşanjörü kullanılarak, üçüncü sıcaklık seviyesine soğutulması, özellikle avantajlıdır. Zaten açıklanmış olduğu gibi, bu şekilde ana ısı eşanjörünün Q-T-profil ve kF-değeri özellikle elverişli bir şekilde etkilenebilmektedir.

25

Soğuk nitrojen akımının sıkıştırılması için kullanılan basınç yükseltici, yani soğuk basınç yükseltici, mevcut buluşun bir tasarımında, belirtildiği gibi, bir genişleme türbini ile birbirine akuple edilmiştir, yani bir turbo-basınç yükselticiyi teşkil eder. Burada, basınç yükseltici ile birbirine akuple edilmiş olan genişleme türbininin içinde, rektifikasyon kolonu sistemine sevk edilen havanın, öncesinde ana hava kompresörü kullanılarak bir dördüncü sıcaklık seviyesine soğutulmuş ve ardından yüksek basınçlı kolonun içine beslenmiş olan bir kısmının, ikinci basınç seviyesine genişletilmesi, özellikle avantajlıdır. Dördüncü sıcaklık seviyesi burada -170 ila -120 °C mertebesinde, özellikle -160 ila -130 °C mertebesinde, örneğin -149 °C olabilir.

30

- Rektifikasyon sistemine sevk edilen havanın bir kısmı, bir genişleme türbininin içinde soğuk basınç yükselticinin tahrik edilmesi amacıyla, prensip olarak düşük basınçlı kolonun yaklaşık basınç seviyesine de yükseltilebilir, ardından bu akım düşük basınçlı kolonun içine sokulur. Belirli durumlarda ayrıca, yüksek basınçlı kolondan ikinci basınç seviyesinde bir diğer nitrojen akımın çekilmesi, ısı eşanjörünün içinde bir ikinci basınç seviyesine ısıtılması ve bir genişleme türbininin içinde, soğuk kompresörün tahrik edilmesi amacıyla geliştirilmesi, mantıklı olabilir.
- 5
- 10 Buna alternatif olarak, soğuk basınç yükseltici, hava ayrıştırma sisteminin içinde sağlanan bir proses akımının içine depolanmış olan bir enerji şeklinde olmayan, harici enerji kullanılarak da tahrik edilebilir. Soğuk basınç yükselticinin tahrik edilmesi için bilhassa bir elektromotor kullanılabilir.
- 15 İkinci kısmi miktarın, yüksek basınçlı kolondan ikinci basınç seviyesinde çekilen ve öncesinde sıvılaştırma yapılmadan gaz halinde ısıtılan, gaz halinde, nitrojen bakımından zengin akışkandan standartlaştırılmış bir miktarda olan, örneğin saat başına standart metreküp cinsinden ifade edilen, % 0 ila 60, özellikle % 10 ila 50, örneğin % 15 ila 35 mertebesinde bir fraksiyonu kapsıyor olması, özellikle avantajlıdır.
- 20 Bu şekilde, belirtilen şekilde olan uygun bir sistemin kapasitesi neredeyse tamamen kullanılabilir.

- Rektifikasyon kolonu sistemine sevk edilen havanın bir kısmının, bir diğer basınç yükselticinin içinde birinci basınç seviyesinden 20 ila 30 bar, özellikle 22 ila 27 bar, örneğin 25 bar olan bir beşinci basınç seviyesine sıkıştırılması, ana ısı eşanjörü kullanılarak bir beşinci sıcaklık seviyesine soğutulması, bir diğer basınç yükseltici ile mekanik olarak birbirine akuple edilmiş olan bir genişleme türbininin içinde ikinci basınç seviyesine geliştirilmesi ve ardından yüksek basınçlı kolonun içine beslenmesi, özellikle avantajlıdır. Bir sıcak basınç yükseltici kullanılarak uygulanan bu tür bir prosedür esasen tekniğin bilinen durumuna uygun olabilir mevcut buluş çerçevesinde elde edilebilen avantajları destekler.
- 25
- 30

- Bu tür bir tasarımda, rektifikasyon kolonu sistemine sevk edilen havanın bir kısmının, diğer basınç yükselticinin içinde birinci basınç seviyesinden beşinci basınç seviyesine yükseltilmesinin, ana ısı eşanjörü kullanılarak örneğin -165 ila -115 °C mertebesinde,
- 35

özellikle -150 ila -130 °C mertebesinde, örneğin -141 °C olan bir altıncı sıcaklık seviyesine soğutulmasının, ikinci basınç seviyesine genişletilmesinin, ve ardından yüksek basınçlı kolonun içine beslenmesinin özellikle avantajlı olduğu görülmektedir. Bu sayede de mevcut buluş çerçevesinde elde edilebilen avantajlar bir kez daha

5 büyütülebilmektedir. Rektifikasyon kolonu sistemine sıvı olarak sevk edilen havanın bir kısmı, birinci basınç seviyesinde ana ısı eşanjörü kullanılarak soğutulduğunda, birinci basınç seviyesinden ikinci basınç seviyesine genişletildiğinde ve ardından yüksek basınçlı kolonun içine beslendiğinde de özel avantajlar elde edilir. Bu tür bir tasarımın özel avantajları ile ilgili olarak yukarıdaki açıklamalara atıfta bulunulur.

10

Özellikle rektifikasyon kolonu sistemi mevcut buluş çerçevesinde en az bir rektifikasyon kolonunu kapsar, yüksek basınçlı kolonun bir dip sıvısı karşısında argon bakımından zenginleştirilmiş olan bir birinci akışkan, düşük basınçlı kolondan söz konusu bu rektifikasyon kolonunun içine aktarılır ve onun içerisinde, birinci akışkan argon

15 bakımından fakirleştirilir. Birinci akışkanın, argon bakımından fakirleştirildikten sonra geriye kalan bir kısmı, burada bir ikinci akışkan şeklinde düşük basınçlı kolonun içine geri sevk edilir. Mevcut buluş, burada esasen bilinen ham- ve opsiyonel olarak saf argon kolonları kullanılarak kullanılabilir, ancak bir argon ürünü kazanılmadan, argon çıkış kolonları kullanılarak saf argonun dışarı çıkartılması da mümkündür.

20

Düşük basınçlı kolonun içinde ayrılan akışkandan, bu şekilde sağlanan argon çıkışının avantajlı etkisi, düşük basınçlı kolonun içinde dışarı çıkartılan argon miktarı için oksijen-argon-ayırmasının artık gerekli olmamasından kaynaklanır. Düşük basınçlı kolonun kendisinin içinde argonun oksijenden ayrılması esasen zahmetlidir ve ana

25 kondansatörün buna uygun bir "ısıtma"-gücünü gerektirir. Argon dışarı çıkartılır ve böylece oksijen-argon-ayırması yapılmaz ise ya da bu, örneğin bir ham argon kolonunun ve argon çıkış kolonunun içine kaydırılırsa, ilgili argon miktarı artık düşük basınçlı kolonun oksijen kesitinde ayrıştırılmak zorunda değildir ve ana kondansatörün ısıtma gücü azaltılabilir. Bu nedenle, oksijen eldesi aynı kalarak, yüksek basınçlı

30 kolondan daha fazla basınçlı nitrojen çekilebilir, bu ise mevcut buluş çerçevesinde tam da hedeflenen şeydir.

Alışılmış bir ham argon kolonunun içinde ham argon kazanılabilir ve onun arkasında yer alan bir saf argon kolonunun içinde bir argon ürünü halinde saflaştırılabilir. Buna

35 karşın, bir argon çıkış kolonu ağırlıklı olarak argonun yukarıda açıklanan amaç için

dışarı çıkartılmasına yarar. Esasen, bir "argon çıkış kolonu" kavramından argon-oksijen-ayrılması için öngörülen bir ayırma kolonu anlaşılabilir, söz konusu bu ayırma kolonu bir saf argon ürününün kazanılmasına değil, bilakis yüksek basınçlı kolonun ve düşük basınçlı kolonun içinde ayrıştırılacak olan havadaki argonun dışarı

5 çıkartılmasına yarar. Onun devresi, klasik bir ham argon kolonunun devresinden sadece az farklıdır, ancak o belirgin ölçüde daha az sayıda, yani 40'tan az, özellikle 15 ila 30 arasında olan teorik taban ihtiva eder. Bir argon çıkış kolonunun dip bölgesi, tıpkı ham argon kolonu gibi, düşük basınçlı kolonun bir ara noktasına bağlıdır ve argon çıkış kolonu, bir tepe kondansatörü tarafından soğutulur, söz konusu tepe kondansatörünün

10 buharlaştırma tarafından yüksek basınçlı kolondan olan, tipik olarak genişlemiş olan dip sıvısı içeri beslenir. Bir argon çıkış kolonu tipik olarak bir dip buharlaştırıcısına sahip değildir.

Burada, yüksek basınçlı kolonun dibinden olan, özellikle öncesinde bir aşırı soğutucu

15 ısı eşanjörünün içinden geçirilen, oksijen bakımından zenginleştirilmiş olan sıvının onların içerisinde kısmen buharlaştırıldığı beher bir tepe kondansatörü ile çalıştırılan bir ham ve bir saf argon kolonunun kullanılması özellikle avantajlıdır. Buharlaşmamış olan bir fraksiyon burada her seferinde sıvı olarak düşük basınçlı kolonun içine beslenir. Saf argon kolonunun tepe kondansatöründen olan, buharlaşmamış fraksiyonun içeri

20 beslenmesi burada avantajlı biçimde, ham argon kolonunun tepe kondansatöründen olan buharlaşmamış fraksiyonun içeri beslenmesinin 5 ila 15 teorik ayırma kademesinin yukarisından ve sonuncusu bir kez daha ikinci akışkanın birinci ve geri beslemesinin çekildiği yerin yukarisından gerçekleşir. Bu şekilde "argon bakımından optimize edilmiş" bir ayırma elde edilebilir, söz konusu bu ayırma, yüksek basınçlı kolondan

25 büyük miktarda nitrojen bakımından zengin akışkanın uygun şekilde çekilmesine olanak sağlar.

Mevcut buluş ayrıca bir veya daha fazla hava ürününün kazanılması için öngörülen bir sistem ile ilgili olup onun özellikleri ile ilgili olarak ilgili bağımsız isteme atıfta bulunulur.

30

Buluşa göre önerilen hava ayrıştırma sisteminin özellikleri ve avantajları ile ilgili olarak, buluşa göre önerilen yöntem ile ilgili olarak yukarıda yapılan açıklamalara özellikle atıfta bulunulur. Yukarıda ayrıntılı bir şekilde açıklanan bir yöntemin uygulanması için konfigüre edilmiş olan ve bunun için uygun araçlara sahip olan bir hava ayrıştırma

35 sistemi için de aynısı geçerlidir.

Buluş, aşağıda, mevcut buluşun tercih edilen uygulama şekillerini gösteren ekli çizimlere dayalı olarak, detaylı biçimde açıklanmaktadır.

## 5 Şekillerin Kısa Açıklaması

Şekil 1 buluşun bir uygulama şekline göre olan bir hava ayırıştırma sistemini şematik gösterim halinde göstermektedir.

10 Şekil 2 buluşun bir uygulama şekline göre olan bir hava ayırıştırma sistemini şematik gösterim halinde göstermektedir.

Şekil 3 buluşun bir uygulama şekline göre olan bir hava ayırıştırma sistemini şematik gösterim halinde göstermektedir.

Şekil 4 buluşun bir uygulama şekline göre olan bir hava ayırıştırma sistemini şematik gösterim halinde göstermektedir.

15

## Şekillerin Detaylı Açıklaması

Şekil 1'de, buluşun bir uygulama şekline göre olan bir hava ayırıştırma sistemi basit, şematik gösterim halinde gösterilmektedir ve (100) ile tanımlanmıştır.

20

Hava ayırıştırma sisteminin (100) içinde bir kullanılan hava miktarı (a) (AIR), bir ana hava kompresörü (1) vasıtasıyla bir filtre (2) üzerinden emilir ve burada birinci basınç seviyesi olarak adlandırılan bir basınç seviyesine sıkıştırılır. Ana hava kompresörü (1) özellikle ara soğutma ile çok kademeli teşekkül edilmiş olabilir. Ana hava kompresörüne (1) atanan bir soğutucu, birden fazla ilgili soğutucu için temsilen gösterilmektedir ve (3) ile tanımlanmıştır.

25

Hava ayırıştırma sisteminin (100) içinde uygulanan hava ayırıştırma yöntemi yukarıda açıklanan bir yüksek hava basıncı-yöntemidir, böylece birinci basınç seviyesi, hava ayırıştırma sisteminin (100) bir rektifikasyon kolonu sisteminin (alta bakınız) bir yüksek basınçlı kolonunun (14) çalıştırıldığı, burada ikinci basınç seviyesi olarak adlandırılan bir basınç seviyesinin en az 3 bar yukarisındadır.

30

Rektifikasyon kolonu sistemine sevk edilen, birinci basınç seviyesine sıkıştırılan bütün hava miktarı burada kullanılan hava miktarı olarak adlandırılır. Bu kullanılan hava

35

miktarı, kullanılan hava akımı (a) şeklinde ilk önce bir soğutma donanımının (4) içinde soğutulur ve ardından bir adsorpsiyon donanımının (5) içinde en azından büyük ölçüde sudan ve karbondioksitten arındırılır. Soğutma donanımının (4) ve adsorpsiyon donanımının (5) çalışma şekli ile ilgili olarak Haring (yukarıya bakınız) gibi ihtisas literatürüne atıfta bulunulur. Soğutma donanımı (4), gösterilen şekilde, soğutma suyu (H<sub>2</sub>O) ile çalıştırılır, adsorpsiyon donanımı (5) rejenerasyon gazı ile rejenere edilir, söz konusu rejenerasyon gazı, kullanıldıktan sonra, dışarıya, atmosfere (ATM) verilebilir. Soğutulan ve saflaştırılan kullanılan hava akımı (a), ayrımın daha iyi yapılabilmesi için artık (b) ile işaretlidir, ilk önce iki kısmi akıma (c ve d) ayrılır.

10

Kısmi akım (c), bir genişleme türbini (7) ile mekanik olarak birbirine akuple edilmiş olan bir basınç yükselticinin (6) içinde, birinci basınç seviyesinin yukarısında olan bir basınç seviyesine getirilir ve bir ikincil soğutucunun içinde soğutulduktan sonra, yeniden iki kısmi akıma (e ve f) ayrılır, bunlar, hava ayırıştırma sisteminin (100) bir ana ısı eşanjörüne (9) sevk edilir. Kısmi akım (e), basınç yükselticiye (6) ortam sıcaklığında veya onun üzerinde, ancak her halükarda 0°C'nin üzerinde olan bir sıcaklık seviyesinde sevk edildiği için, ona sıcak basınç yükseltici de denir. Kısmi akım (e), ana ısı eşanjöründen (9) bir ara sıcaklık seviyesinde çekilir, genişleme türbininin (7) içinde genişletirilir ve en azından kısmen gaz halinde, yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenir. Kısmi akım (f), ana ısı eşanjöründen (9) soğuk taraftan çekilir ve bir kısma valfi (10) üzerinden, sıvı halde, yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenir. Yani kısmi akımda (f) bir birinci kısma akımı söz konusudur.

15

20

25

30

Kısmi akım (c) aynı şekilde iki kısmi akıma (g ve h) ayrılır, onlar, hava ayırıştırma sisteminin (100) ana ısı eşanjörüne (9) sevk edilir. Kısmi akım (g), ana ısı eşanjöründen (9) bir ara sıcaklık seviyesinde çekilir, basınç yükseltici (12) ile mekanik olarak birbirine akuple edilmiş olan bir genişleme türbininin (11) içinde genişletirilir ve en azından kısmen gaz halinde yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenir. Söz konusu kısmi akım, burada öncesinde kısmi akım (e) ile birleştirilir. Basınç yükselticiye (12), aşağıda açıklanan şekilde, akışkan ortam sıcaklığının belirgin ölçüde altında, ancak her halükarda 0 °C, -10 °C, -20 °C, -30 °C, -40 °C, -50 °C'nin altında sevk edildiği için ona soğuk basınç yükseltici de denir. Kısmi akım (h), ana ısı eşanjöründen (9) soğuk taraftan çekilir ve bir kısma valfi (13) üzerinden, sıvı halde, yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenir. Söz konusu kısmi akım burada öncesinde kısmi akım (f) ile

birleştirilir ya da doğrudan yüksek basınçlı kolonun (14) içine beslenir. Yani kısmi akımda (h) bir ikinci kısma akımı söz konusudur.

5 Hava ayırıştırma sisteminin (100) içinde zaten belirtilmiş olan yüksek basınçlı kolonu (14), bir düşük basınçlı kolonu (15), bir ham argon kolonunu (16) ve bir saf argon kolonunu (17) kapsayan rektifikasyon kolonu sistemi, esasen giriş kısmında zikredilen ihtisas literatüründen okunabilir.

10 Hava ayırıştırma sistemi (100), içten sıkıştırma için konfigüre edilmiştir. Gösterilen örnekte bunun düşük basınçlı kolondan (15), oksijen bakımından zengin olan bir dip ürünü bir madde akımı (i) şeklinde sıvı halde çekilir, bir fraksiyonu bir madde akımı (k) şeklinde bir içten sıkıştırma pompası (18) ile takriben 30 bar(a)'a veya daha yüksek, örneğin kritik üstü olan bir basınç seviyesine getirilir, ana ısı eşanjörünün (9) içinde buharlaştırılır veya sıvı halden kritik üstü hale geçirilir, ve içten sıkıştırılmış, oksijen 15 bakımından zengin olan hava ürünü (GOX IC) olarak, sistem sınırından dışarı verilir. Madde akımının (i) bir diğer fraksiyonu içten sıkıştırılmaz, bilakis onun yerine bir madde akımı (l) şeklinde sistem sınırına sevk edilir ve orada sıvı oksijen ürünü (LOX) olarak dışarı verilir. Sıcaklık burada madde akımı (l) kısmen bir aşırı soğutucu ısı eşanjörünün (19) içinden geçirilerek ayarlanabilir.

20

Yüksek basınçlı kolonun (14) dibinden, oksijen bakımından zenginleştirilmiş olan sıvı, bir madde akımı (m) şeklinde çekilebilir. Madde akımı (m) aşırı soğutucu ısı eşanjörünün (19) içinden geçirilebilir ve ardından orantılı olarak ham argon kolonunun (16) ve saf argon kolonunun (17) tepe kondansatörlerinin ilgili buharlaştırma 25 bölmelerinin içine beslenebilir. Bu buharlaştırma bölmelerinden çekilen sıvı ve gaz halindeki fraksiyonlar, düşük basınçlı kolonun (15) içine beslenir. Ham argon kolonu (16) ve saf argon kolonu (17) bilinen şekilde çalıştırılır. Bilhassa düşük basınçlı kolondan (15), uygun pozisyonda, argon bakımından zenginleştirilmiş olan bir akışkan bir madde akımı (n) şeklinde çekilir ve ham argon kolonunun (16) içinde oksijen 30 bakımından fakirleştirilir, söz konusu madde akımı düşük basınçlı kolonun (15) içine geri sevk edilir. Nitrojen içeren ham argon bir madde akımı (o) şeklinde saf argon kolonunun içine aktarılır, orada bilhassa nitrojen ayrılabilir ve atmosfere (ATM) verilebilir. Sıvı argon (LAR), ürün olarak, sistem sınırında dışarı verilebilir.

Düşük basınçlı kolondan (15), tepe tarafından, gaz çekilebilir, söz konusu bu gaz bir 35 madde akımı (p) şeklinde aşırı soğutucu ısı eşanjörünün (19) içinden ve ardından ana

ısı eşanjörünün (9) içinden geçirilir (A bağlantısına da bakınız) ve bir kısmı, bir ısıtma donanımının (20) içinde ısıtıldıktan sonra, adsorpsiyon donanımının (5) içinde zaten belirtilmiş olan rejenerasyon gazı olarak kullanılabilir. Örneğin bir rejenerasyon gazına ihtiyaç duyulmadığı zamanlarda dışarıya, atmosfere (ATM) bir sevk de esasen mümkündür. Düşük basınçlı kolonun (15) bir üst bölgesindeki bir tabandan, sıvı, 5 nitrojen bakımından zengin olan bir madde akımı (q) çekilebilir ve sıvı ürün (LIN) olarak, sistem sınırında dışarı verilebilir.

Sıvı, yüksek basınçlı kolondan (14) bir madde akımı (r) şeklinde çekilebilir, aşırı 10 soğutucu ısı eşanjörünün (19) geçirilebilir ve düşük basınçlı kolonun (15) içine beslenebilir. Yüksek basınçlı kolonun tepesinden, nitrojen bakımından zengin olan bir gaz, bir madde akımı (s) şeklinde çekilebilir. Bu madde akımının bir kısmı, bir madde akımı (t) şeklinde, yüksek basınçlı kolon (14) ile düşük basınçlı kolonu (15) ısı alışverişi 15 olacak şekilde birbirine bağlayan bir ana kondansatörün (21) içinde sıvılaştırılabilir ve yüksek basınçlı kolona (14) dönüş olarak kullanılabilir ve ayrıca aşırı soğutucu ısı eşanjörünün (19) içinden geçirilebilir ve düşük basınçlı kolonun (15) içine beslenebilir.

Mevcut buluşun gösterilen uygulama şeklindeki önemli bir ögesi, madde akımının (s) ana kondansatörün (21) içinden geçirilmeyen fraksiyonunun işlem görüyor olmasıdır. 20 Söz konusu bu fraksiyon, yüksek basınçlı kolondan çekildiği için, onun basınç seviyesinde, yani ikinci basınç seviyesinde mevcut bulunur, ve gösterilen örnekte bir madde akımı (u) şeklinde ana ısı eşanjöre (9) soğuk taraftan sevk edilir. Bir kısmı akım (v), ana ısı eşanjöründen (9), sıcak taraftan çekilir ve örneğin sızdırmazlık gazı (seal gas) olarak sağlanır.

25 Bir diğer kısmı akım (w), ana ısı eşanjöründen (9), burada birinci sıcaklık seviyesi olarak adlandırılan bir ara sıcaklık seviyesinde çekilir ve zaten belirtilmiş olan basınç yükselticinin (12) içinde, ikinci basınç seviyesinin yukarısında olan, burada üçüncü basınç seviyesi olarak adlandırılan bir basınç seviyesine getirilir. Kısmi akımın (w) yine 30 bir kısmı akımı (x), yine ana ısı eşanjörüne (9) sevk edilir, ondan, soğuk taraftan çekilir, yani burada üçüncü sıcaklık seviyesi olarak adlandırılan bir sıcaklık seviyesine soğutulur, sıvı halde bir kısma valfi (22) üzerinden genişletilir ve yüksek basınçlı kolonun (14) bir üst bölgesinin içine geri sevk edilir. Yani kısmi akımda (x) bir diğer kısma akımı söz konusudur.

Kısmi akımın ( $w$ ) bir diğer kısmi akımı ( $y$ ), buna karşın, ana ısı eşanjörünün (9) içinde, burada ikinci sıcaklık seviyesi olarak adlandırılan bir sıcaklık seviyesine ısıtılır, ve sistem sınırında gaz halinde olan basınçlı nitrojen ürünü olarak dışarı verilir.

5

Başka bir ifadeyle, burada bir birinci ve bir ikinci kısmi miktar, yüksek basınçlı kolondan (15) ikinci basınç seviyesinde bir madde akımı ( $u$ ) şeklinde çekilen ve ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak ısıtılan, nitrojen bakımından zengin olan bir akışkanın madde akımları ( $y$  ve  $x$ ) şeklinde, ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak birinci sıcaklık seviyesine ısıtılır, söz konusu bu sıcaklık seviyesinde basınç yükselticiye (12) sevk edilir, ve basınç yükseltici (12) kullanılarak üçüncü basınç seviyesine sıkıştırılır. Birinci kısmi miktar, yani madde akımı ( $y$ ), üçüncü basınç seviyesine sıkıştırıldıktan sonra, ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak birinci sıcaklık seviyesinin yukarısında olan bir ikinci sıcaklık seviyesine ısıtılır ve kalıcı olarak hava ayrıştırma sisteminden dışarı sevk edilir. İkinci kısmi miktar, yani madde akımı ( $x$ ), üçüncü basınç seviyesine sıkıştırıldıktan sonra, ana ısı eşanjörü (9) kullanılarak üçüncü sıcaklık seviyesine soğutulur, ikinci basınç seviyesine genişletilir ve yüksek basınçlı kolonun (15) içine geri sevk edilir.

Şekil 2 buluşun bir diğer uygulama şekline göre olan bir hava ayrıştırma sistemini şematik gösterim halinde göstermektedir, burada Şekil 1 ile ilgili olarak zaten açıklanmış olan bileşenlerin bir tarifinden feragat edilmektedir. Bunlar yeniden referans numaraları ile öngörülmemiştir de.

Şekil 2'de gösterildiği gibi, sisteme (100) veya Şekil 1'e göre olan madde akımına ( $k$ ) benzer olan (bakınız Şekil 2'de X bağlantısına), ana kondansatörün (21) içinde sıvılaştırılan, nitrojen bakımından zengin olan gazın bir kısmının, bir diğer içten sıkıştırma pompası (201) ile sıkıştırılması, ana ısı eşanjörünün (9) içinde ısıtılması ve ardından içten sıkıştırılmış, gaz halinde olan nitrojen ürünü (GAN IC) olarak sağlanması da mümkündür.

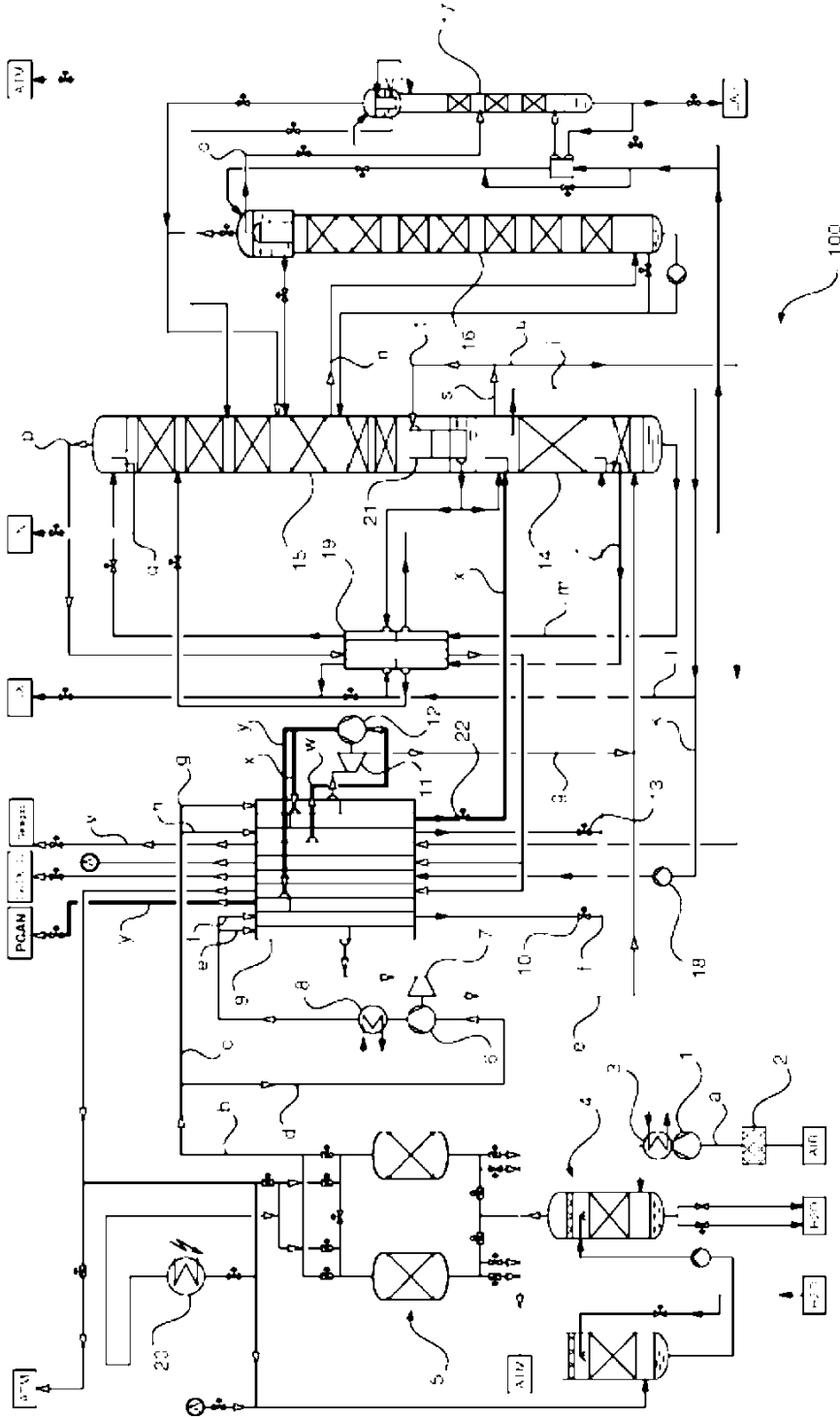
30

Şekil 3, buluşun bir diğer uygulama şekline göre olan bir hava ayrıştırma sistemini şematik gösterim halinde göstermektedir. Şekil 1 veya 2 ile ilgili olarak açıklanmış olan bileşenlerin bir tarifinden yine feragat edilmiştir. Bunlar yeniden referans numaraları ile öngörülmemiştir de.

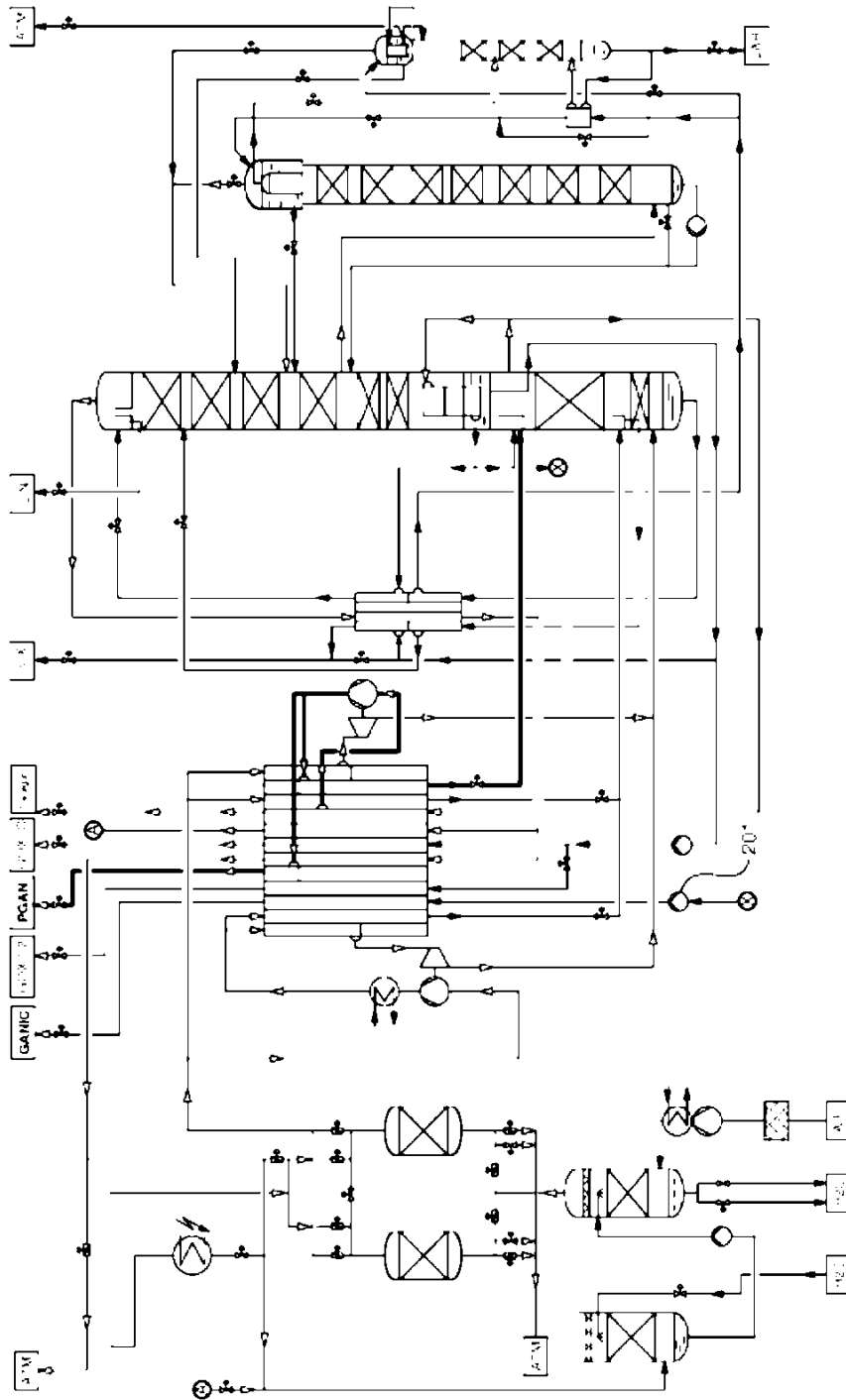
Şekil 3'te gösterildiği gibi, alternatif olarak kısmi akım (c) tarafından oluşturulan kısmi akımın (g) yerine, kısmi akımın (d) bir diğer kısmi akımı (301) da genişleme türbinine (11) sevk edilebilir, söz konusu kısmi akım, basınç yükselticinin (6) içindeki sıkıştırmadan dolayı, kısmi akımdan (c) daha yüksek bir basınç seviyesinde mevcut bulunur. Kısmi akım (g) bu durumda oluşturulmaz.

Şekil 4, buluşun bir diğer uygulama şekline göre olan bir hava ayrıştırma sistemini şematik gösterim halinde göstermektedir. Daha yukarıda olduğu gibi, burada da yukarıdaki şekiller ile ilgili olarak açıklanmış olan bileşenlerin bir tarifinden feragat edilmiştir, bunlar burada da yeniden referans numaraları ile öngörülmemiştir.

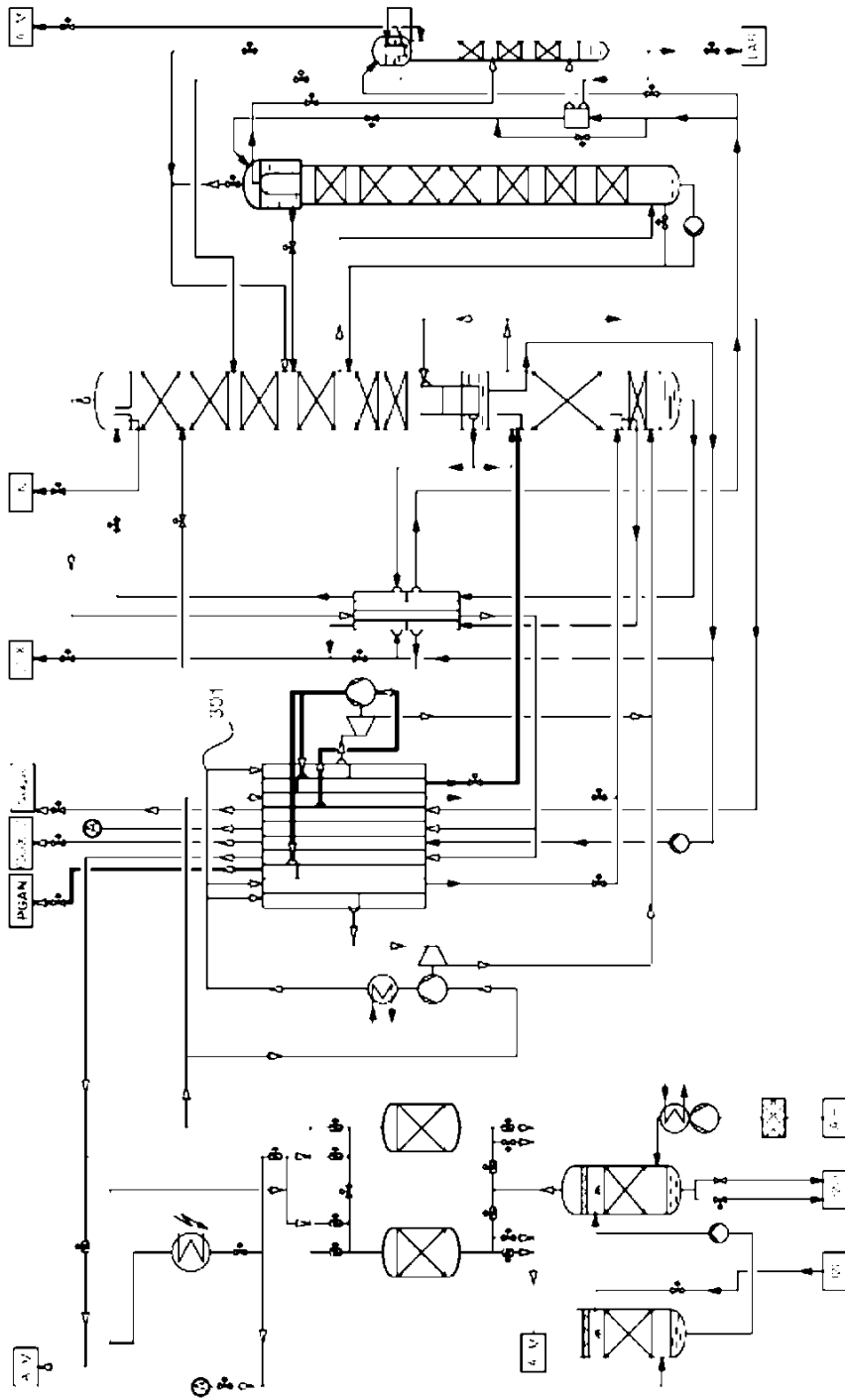
Şekil 4'te gösterildiği gibi, basınç yükseltici (12) harici enerji kullanılarak, örneğin bir elektromotor (M) kullanılarak da tahrik edilebilir. Bu şekilde bir madde akımının (g) (Şekil 1) veya 301 (Şekil 3) ayrıca sağlanmasından feragat edilebilir.



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

