

ÖZET

DALGALI PULS TÜPÜNE SAHİP BİR KRİYOJENİK SOĞUTUCU

5 Bu buluş, puls tüpü soğutucularda kullanılan ve kesit yarıçapı sabit olmayan, ayrıca hidrodinamik gücün titreşimli gaz kütlesi içinde soğuk ve sıcak uçları arasında en yüksek sıcaklık farkı ve en az güç kaybıyla aktarılmasına imkân veren ve ek olarak dalgali şekilli bir geometriye sahip olan dalgali puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1) ile ilgilidir.

10

İSTEMLER

1. Puls tüpü soğutucularda kullanılan ve kesit yarıçapı sabit olmayan, ayrıca hidrodinamik gücün titreşimli gaz kütlesi içinde soğuk ve sıcak uçları arasında en yüksek sıcaklık farkı ve en az güç kaybıyla aktarılmasına imkân veren ve ek olarak dalgalı şekilli bir geometriye sahip olan dalgalı puls tüpüne sahip, en temel halinde,
- 5
- gazın basınçlandırıldığı en az bir sıkıştırma odası (2),
 - sıkıştırma odasından (2) gelen gazın sıcaklığını düşüren en az bir ikincil soğutucu (4),
 - 10
 - ısı sığıması olarak kullanılan en az bir rejeneratör (5),
 - akustik (hidrodinamik) gücü minimum kayıpla ileten ve dış çapı açığa bağlı bir fonksiyon olarak genişleyen ve/veya daralan en az bir puls tüpü (6),
 - puls tüpünün (6) bir ucunda bulunan ve kriyojenik sıcaklıkta soğutma yapılıcak ortama bağlı olan en az bir soğuk ısı değiştirgeci (7),
 - 15
 - puls tüpünün (6) soğuk ısı değiştirgeci (7) bağlı olmayan ucunda bulunan ve yüksek basınçlı sıcak gazdan ısı atmak için kullanılan en az bir sıcak ısı değiştirgeci (8),
 - puls tüpünün (6) soğuk ısı değiştirgeci (7) olan ucunda sıcaklık - hız arasındaki faz farkını değiştirerek sıcak uçta entalpi akışını yükselten en az bir orifis (9),
 - 20
 - gazın ataletini kullanarak rejeneratörün orta bölümünde basınç - hız arasında uygun faz farkı oluşmasını sağlayan, böylelikle kütleli debi ve basınç düşümünü azaltan en az bir inertans tüpü (10),
 - 25
 - sıkıştırma odasında (2) basınçlandırılan gazın orifis (9) ve inertans tüpünden (10) geçerek dolduğu, basınç dalgalarının duvardan yansması sonucu oluşan yüksek genlik ve çalkalanmaları sönmöleyen en az bir rezervuar (11) ile karakterize edilen dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
- 30
2. Sıkıştırma odası (2) ile ikincil soğutucu (4) arasında bağlantı elemanı olarak kullanılan ilerleyen basınç dalgalarını ileten en az bir transfer tüpü (3) ile

karakterize edilen İstem 1'deki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).

3. Tercihen bir itici aracılığıyla çalışan ve hava, azot, helyum, argon gibi bir gazın basınçlandırılmasını sağlayan sıkıştırma odası (2) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
4. Yayıdığı pulslarla gazın sıkıştırılması ve genişlemesini içeren bir çevrim boyunca çalışan sıkıştırma odası (2) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
5. Sıkıştırma odasının (2) yanında yer alan ve sıkıştırma odası (2) ile ikincil soğutucu (4) arasındaki bağlantıyı sağlayan ilerleyen basınç dalgalarını ileten transfer tüpü (3) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
6. Tercihen bir ısı değiştirgeci olup sıkıştırma odasından (2) gelen gazın sıcaklığının düşürülmesini sağlayan ikincil soğutucu (4) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
7. Isı sığası olan ve sıkıştırma odasından (2) gelen sıcak gazın ısı verdiği rejeneratör (5) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
8. Isının yarım çevrim boyunca muhafaza edildiği ve çevrimin ikinci yarısında soğuk ısı değiştirgecinden (7) gelen gaza ısını veren, böylece ön ısıtma yapan ve çevrimin başındaki sıcaklığına gelen rejeneratör (5) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).

9. İlerleyen dalganın akustik (hidrodinamik) gücünü minimum kayıpla ileten, sıcak ve soğuk uçlarındaki gazları birbirinden ayıran puls tüpü (6) ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
- 5
10. Orta bölümündeki gaz hiçbir zaman tüpten çıkmayan ve sıcaklık gradyanının azalmasını önleyen bir tampon bölge oluşturan puls tüpü (6) ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
- 10
11. Hidrodinamik güç kaybını ve tüpün sıcak ve soğuk uçları arasındaki sıcaklık gradyanının azalmasını önleyen puls tüpü (6) ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
- 15
12. Tercih edilen mesafede tercih edilen bir eğime sahip olan, bir başka ifade ile dalga geometrisine sahip olan puls tüpü (6) ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
- 20
13. Her iki ucunda yer alan sıcak ısı değiştirgeci (8) ve soğuk ısı değiştirgeci (7) hemen hemen benzer kesite sahip olup kesit alanı kademeli olarak genişleyen ve uçlara yaklaşılırken kesiti yine kademeli olarak daralan puls tüpü (6) ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
- 25
14. Hem sıcak ve soğuk uçlar arasında tekli veya aksenel simetrik ikili akustik akımlamayı önleyerek bu akış nedeniyle oluşacak ısı transfer hızını azaltacak dolayısıyla tüpün sıcak ve soğuk uçları arasında sıcaklık gradyanının maksimum seviyede olmasını sağlayacak puls tüpü (6) ile **karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).
- 30

15. Puls tüpünün (6) sıcak ısı değiştirgeci (8) olmayan ucuna monte edilmekte ve kriyojenik sıcaklıkta soğutma yapılacak ortama bağlı konumda bulunan soğuk ısı değiştirgeci (7) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).

5

16. Puls tüpünün (6) bir ucuna monte edilen ve tercihen hava veya su soğutmalı olarak kullanılan sıcak ısı değiştirgeci (8) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).

10

17. Sıkıştırma odasında (2) basınçlandırılan gazın orifis (9) ve inertans tüpünden (10) geçerek dolduğu, basınç dalgalarının duvardan yansıması sonucu oluşan yüksek genlik ve alkalanmaları sönümleyen rezervuar (11) **ile karakterize edilen** yukarıdaki istemlerin herhangi birindeki gibi dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1).

15

TARİFNAME

DALGALI PULS TÜPÜNE SAHİP BİR KRİYOJENİK SOĞUTUCU

5 Teknik Alan

Bu buluş, puls tüpü soğutucularda kullanılan ve kesit yarıçapı sabit olmayan, ayrıca hidrodinamik gücün titreşimli gaz kütlesi içinde soğuk ve sıcak uçları arasında en yüksek sıcaklık farkı ve en az güç kaybıyla aktarılmasına imkân veren ve ek olarak dalgalı şekilli bir geometriye sahip olan dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu ile ilgilidir.

Önceki Teknik

15 Kriyojeni, çok düşük sıcaklıklarda yapılan üretim ve işlemler için kullanılan bir terimdir. Kriyojenik soğutma bir maddenin veya ortamın sıcaklığının yaklaşık -150 °C altındaki sıcaklıklara düşürülmesi sürecidir. Doğal gazın sıvılaştırılması gibi muhtelif uygulamaları mevcut olan bir tekniktir. Helyum, argon, azot veya hava gibi bir gazın titreşimli akışının kriyojenik soğutma amacıyla kullanıldığı mevcut puls tüpü soğutucularda puls tüpü sabit kesitli düz bir boru veya koniklik açısı küçük kesik bir koni biçimindedir. Düz boru şeklinde puls tüpü içindeki titreşimli akış alanında oluşan ikinci mertebe tek girdaplı akustik akımlama tüpün sıcak ucundan soğuk ucuna ısı aktarır ve sıcaklık gradyanını azaltır. Akustik akımlamanın tüp eksenine göre simetrik zıt yönlü iki girdaplı yapıda olması 20 durumunda da kriyojenik soğutucunun performansını azaltan aynı olumsuz etki görülür. Genellikle dört girdapla karakterize edilen daimi akustik akımlama ilerleyen dalga hareketinin söz konusu olduğu kesik koni biçiminde puls tüplerinin orta bölümünde akışkanın durgun olduğu bir tampon bölge oluşturmaktadır. Bu tampon bölge puls tüpünün soğuk ve sıcak uçları arasındaki 25 sıcaklık farkını azaltmakta ve tüpün soğuk ve sıcak uçlarının birbirinden 30 izolasyonunu zayıflatmaktadır.

- Dalgalı şekilli rezonans tüpleri ilerleyen dalga hareketinin mevcut olduğu koşullarda akustik akımlamayı eksen ve tampon bölgeye göre simetrik olarak çoklu yapıda oluşturur ve puls tüpü soğutucuların soğutma performansını artırır.
- 5 Dalgalı şekilli rezonans tüplerinde basınç genlikleri artmakta ve orta bölümde radyal hızların yüksek olduğu akustik akımlama oluşmaktadır. Ayrıca soğuk ve sıcak ısı değiştirgeçleriyle tampon bölge arasında yer alan daimi girdaplar oluşmaktadır. Güçlü basınç dalgalarının etkisiyle oluşan düzenli akustik akımlama puls tüpünün orta bölümünde bir tampon bölge oluşturmakta ve tüp boyunca bir
- 10 sıcaklık gradyanı oluşmasını sağlamaktadır. Literatürde ve endüstriyel uygulamalarda puls tüpü kriyojenik soğutucuların etkinliğini artırmak amacıyla puls tüpünün akış yönünde çapının azaltılması yoluyla inceltmesi bilinen bir tekniktir. Puls tüpünün kesitinin soğuk – sıcak ısı değiştirgeçleri doğrultusunda azaltılması akustik akımlamayı zayıflatmakta, puls tüpünün sıcak ucundan soğuk
- 15 ucuna doğru eksen boyunca olan ısı transferini sınırlı ölçüde azaltmaktadır. Ancak bu teknik puls tüpünün orta bölümünde akustik akımlamayı güçlendirmemektedir. Akustik akımlamanın güçlenmesi için puls tüpünün soğuk bölümünde önce dalga profilinde genişlemesi, tampon bölgede maksimum kesite ulaşılması, tampon bölge – sıcak ısı değiştirgeci arasında ise yine dalga profilinde daralmasıyla
- 20 mümkündür. Orta bölümde radyal doğrultuda akustik akımlama hızlarının artması tüpün orta bölümünün tampon bölge niteliğini güçlendirir ve sıcak uçtan soğuk uca gaz akışını minimuma indirir ve uçlar arasındaki sıcaklık farkını dolayısıyla soğutma etkinliğini yükseltir.
- 25 Tekniğin bilinen durumunda yer alan US5953920 sayılı Birleşik Devletler patent başvuru dokümanında açısı değiştirilebilen bir puls tüpünden bahsedilmektedir. Ancak burada bahsedilen açısal değişim lineer bir değişimdir.

Buluşun Amacı

30

Bu buluşun amacı, orta bölümünde akustik akımlama hızlarını artıran ve soğuk ve sıcak uçlarında akustik akımlamayı zayıflatan bir dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu gerçekleştirmektir.

- 5 Bu buluşun bir diğer amacı, soğuk ve sıcak uçları dahi iyi izole olan, soğuk ve sıcak uçları arasındaki sıcaklık farkı daha yüksek dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu gerçekleştirmektir.

- 10 Bu buluşun bir diğer amacı, tampon bölgedeki akışkanın ne sıcak ne de soğuk uçtan tüpü terk edebildiği dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu gerçekleştirmektir.

- 15 Bu buluşun bir diğer amacı, tampon bölgedeki radyal yöndeki akımın güçlü aksenal yöndeki akımın zayıf olduğu dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu gerçekleştirmektir.

- 20 Bu buluşun bir diğer amacı, puls tüpü orta bölümünden uçlara doğru kademeli olarak inceleyerek daha geniş tampon bölge oluşturulmasını sağlayan dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu gerçekleştirmektir.

Bu buluşun bir diğer amacı, doğrusal basamak biçiminde değil de dalgalı şeklinde olması sayesinde gazdaki akış kayıplarının önüne geçen dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu gerçekleştirmektir.

25 **Buluşun Ayrıntılı Açıklaması**

Bu buluşun amacına ulaşmak için gerçekleştirilen dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu, ekli şekillerde gösterilmiş olup bu şekiller;

- 30 **Şekil 1.** Dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucunun önceki tekniğine ait şematik görünüşüdür.

Şekil 2. Dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucunun şematik görünüşüdür.

5 Şekillerdeki parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılığı aşağıda verilmiştir.

1. Dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu
2. Sıkıştırma odası
3. Transfer tüpü
- 10 4. İkincil soğutucu
5. Rejeneratör
6. Puls tüpü
7. Soğuk ısı değiştirgeci
8. Sıcak ısı değiştirgeci
- 15 9. Orifis
10. İnertans tüpü
11. Rezervuar

20 Puls tüpü soğutucularda kullanılan ve kesit yarıçapı sabit olmayan, ayrıca hidrodinamik gücün titreşimli gaz kütlesi içinde soğuk ve sıcak uçları arasında en yüksek sıcaklık farkı ve en az güç kaybıyla aktarılmasına imkân veren ve ek olarak dalgalı şekilli bir geometriye sahip olan dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucu (1) en temel halinde,

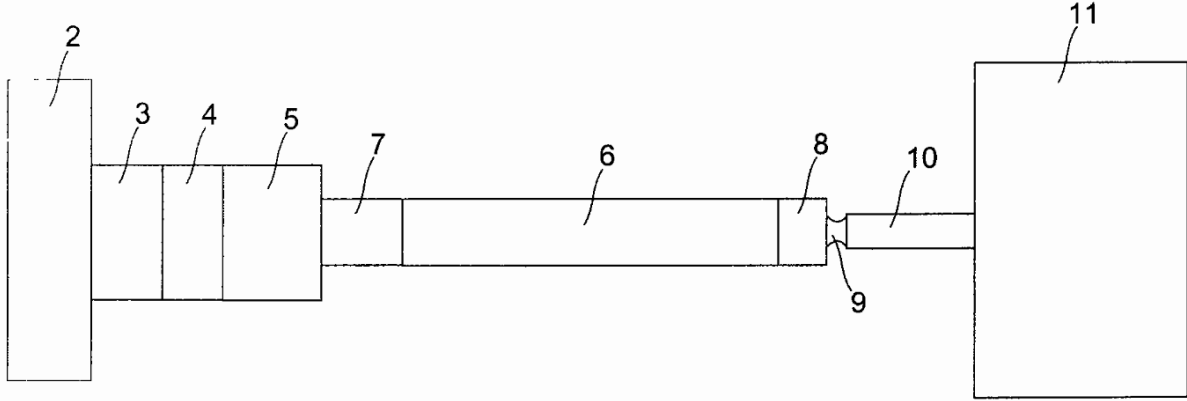
- gazın basınçlandırıldığı en az bir sıkıştırma odası (2),
- 25 - bağlantı elemanı olarak kullanılan, ilerleyen basınç dalgalarını ileten en az bir transfer tüpü (3),
- sıkıştırma odasından (2) gelen gazın sıcaklığını düşüren en az bir ikincil soğutucu (4),
- ısı sığası olarak kullanılan en az bir rejeneratör (5),
- 30 - akustik (hidrodinamik) gücü minimum kayıpla ileten ve dış çapı açığa bağlı bir fonksiyon olarak genişleyen ve/veya daralan en az bir puls tüpü (6),

- puls tüpünün (6) bir ucunda bulunan ve kriyojenik sıcaklıkta soğutma yapılacak ortama bağlı olan en az bir soğuk ısı değiştirgeci (7),
- puls tüpünün (6) soğuk ısı değiştirgeci (7) bağlı olmayan ucunda bulunan ve yüksek basınçlı sıcak gazdan ısı atmak için kullanılan en az bir sıcak ısı değiştirgeci (8),
- puls tüpünün (6) soğuk ısı değiştirgeci (7) olan ucunda sıcaklık - hız arasındaki faz farkını değiştirerek sıcak uçta entalpi akışını yükselten en az bir orifis (9),
- gazın ataletini kullanarak rejeneratörün orta bölümünde basınç - hız arasında uygun faz farkı oluşmasını sağlayan, böylelikle kütlesel debi ve basınç düşümünü azaltan en az bir inertans tüpü (10),
- sıkıştırma odasında (2) basınçlandırılan gazın orifis (9) ve inertans tüpünden (10) geçerek dolduğu, basınç dalgalarının duvardan yansıması sonucu oluşan yüksek genlik ve alkalanmaları sönümleyen en az bir rezervuar (11) içermektedir.

Buluşun bir uygulamasında yer alan dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucuda (1) bir sıkıştırma odası (2) bulunmaktadır. Sıkıştırma odası (2), tercihen bir itici aracılığıyla çalışmakta ve hava, azot, helyum, argon gibi bir gazın basınçlandırılmasını sağlamakta olup, yaydığı pulslarla gazın sıkıştırılması ve genişlemesini içeren bir çevrim boyunca çalışmaktadır. Sıkıştırma odasının (2) yanında ise transfer tüpü (3) yer almaktadır ve transfer tüpü (3), sıkıştırma odası (2) ile ikincil soğutucu (4) arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. İkincil soğutucu (4) ise tercihen bir ısı değiştirgeci olup sıkıştırma odasından (2) gelen gazın sıcaklığının düşürülmesini sağlamaktadır. Rejeneratör (5), dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucunun (1) temel bileşeni olan bir ısı sığasıdır ve sıkıştırma odasından (2) gelen sıcak gaz bu belirtilen rejeneratöre (5) ısı vermektedir. Bu ısı yarım çevrim boyunca rejeneratörde (5) muhafaza edilmekte ve çevrimin ikinci yarısında soğuk ısı değiştirgecinden (7) gelen gaza ısıyı vererek  n ısıtma yapmakta ve çevrimin başındaki sıcaklığına yükselmektedir. Puls tüpünün (6) en temel özelliği ise akustik (hidrodinamik) gücü titreşimli gaz

akışında minimum güç kaybıyla iletmek, sıcak ve soğuk uçlarındaki gazları birbirinden ayırmaktır. Puls tüpü (6) sıcak ve soğuk uçlardan gelen gazın tüpün orta bölümüne kadar ulaşabileceği ve geri döneceği kadar uzundur. Puls tüpünün (6) orta bölümündeki gaz hiçbir zaman tüpten çıkamamakta ve ısı transferini önlemeyi amaçlayan bir tampon bölge oluşturmaktadır. Tampon bölge gazın titreşimiyle salınım hareketi yapar ancak puls tüpünü (6) terk edemez. Buluş konusu dalgalı puls tüpüne sahip bir kriyojenik soğutucuya (1) ait puls tüpünde (6) ise hidrodinamik güç kaybını ve tüpün sıcak ve soğuk uçları arasındaki ısı transferini azaltacak bir tasarım gerçekleştirilmektedir. Tercih edilen mesafede tercih edilen bir eğime sahip olan, bir başka ifade ile dalga geometrisine sahip puls tüpü (6) her iki ucunda yer alan sıcak ısı değiştirgeci (8) ve soğuk ısı değiştirgeci (7) hemen hemen benzer kesite sahip olup kesit alanı orta bölüme doğru kademeli olarak genişlemekte ve uçlara yaklaşıırken kesit yine kademeli olarak daralmaktadır. Dalga geometrisine sahip puls tüpü (6) hem akustik akımlamayı bu akış nedeniyle oluşacak akustik güç kaybını azaltmakta hem de tüpün sıcak ve soğuk uçları arasında akustik akımlamayla oluşacak ısı transferini azaltmaktadır. Soğuk ısı değiştirgeci (7), puls tüpünün (6) sıcak ısı değiştirgeci (8) olmayan ucuna monte edilmekte ve kriyojenik sıcaklıkta soğutma yapılacak ortama bağlı konumda bulunmaktadır. Puls tüpünün (6) diğer ucuna ise sıcak ısı değiştirgeci (8) monte edilmekte ve tercihen hava veya su soğutmalı olarak kullanılmaktadır. Sıkıştırma odasında (2) basınçlandırılan gazın orifis (9) ve inertans tüpünden (10) geçerek dolduğu hacim ise rezervuardır (11). Puls tüpündeki (6) basınç rezervuar (11) basıncıyla eşitlendiğinde gaz dolumu durur. İtcinin genişleme hareketiyle puls tüpündeki (6) basınç rezervuar (11) basıncının altına düşer ve genişleyen soğuk gaz tekrar rejeneratöre (5) doğru hareketlenmektedir.

Şekil 1



Şekil 2

