

(BİLİMSEL MAKALE)

GİRİŞ

Tornado gibi bir eksen etrafında dönen akışkan "vorteks" olarak adlandırılmaktadır. Vorteks tüpleri, sadece basınçlı gaz ile çalışan, kontrol vanası hariç hiçbir hareketli parçası olmayan basit bir mekanik cihazdır. Bu basit mekanik cihaz, tüpe teğetsel olarak giren yüksek basınçlı gaz akımını biri giriş gazından daha sıcak diğeri giriş gazından daha soğuk düşük basınçlı iki akıma ayırmaktadır. Şekil 1'de bir vorteks tüpünün şematik kesiti gösterilmiştir.

Vorteks tüplerin uygulama alanları, kompaktlık, güvenilirlik ve düşük cihaz maliyetlerinin temel faktörler olduğu alanlardır. Vorteks tüplerinin avantajları şöyle özetlenebilir: (i) Basit geometriye sahiptirler ve imalatları kolaydır; (ii) ebatları küçük ve hafiftir; (iii) hareketli mekanik elemanları yoktur ve sızdırmazlık elemanı kullanılmasını gerektirmezler; (iv) hareketli elemanları olmadığından minimum aşınma ve erozyon oluşur; (v) kullanılması emniyetli ve portatiftir; (vi) ilk yatırım ve bakım maliyetleri düşüktür; (vii) rejime gecikmesiz olarak ulaşırlar; (viii) fanlar, ısı değiştiriciler, soğutkan, sızıntı oluşturabilen borular veya tesisat malzemeleri gerektirmezler ve defrost işlemine gereksinim duymazlar; (ix) ekolojik açıdan zararsızdır ve (x) elektriksel ve kimyasal gerektirmezler.

VORTEKS TÜPLERİN KULLANIM ALANLARI

Vorteks tüplerinin giriş kısmında belirtildiği gibi birçok avantajlara sahip olmaları, bunları endüstriyel uygulamalar için cazip yapmaktadır. Kompaktlık, güvenilirlik ve düşük cihaz maliyetlerinin temel faktörler olduğu alanlarda vorteks tüpleri, birçok uygulama alanı bulmaktadır.

1. Isıtma ve Soğutma Uygulamaları: Oluşturdukları ısı ayrışma, vorteks tüplerin ısıtma ve soğutma gereksinimi gösteren uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmasını sağlamaktadır. Şüphesiz ki uygulama alanı, tüpten elde edilebilecek ısıtma ve soğutma kapasitesine son derece bağlıdır. Vorteks tüplerin verimi, geleneksel soğutma cihazlarına göre oldukça küçük olmasına rağmen, düşük ilk yatırım maliyetleri bu dezavantajı giderebilmektedir. Eğer, hazır bir basınçlı gaz ısıtma kaynağı var ise gerekli olan ısıtma ve soğutma hemen hemen maliyetsiz olarak sağlanabilir. Vorteks tüpler, çeşitli ısıtma ve soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır:

Spot soğutma uygulamalarına örnek olarak, kesici takım ve taşlama taşlarının soğutulması, sürekli kaynak yapan ve ısınan punto kaynak cihazlarının uçlarının soğutulması, bilgisayar ünitelerinin ve CNC cihazlarının devrelerinin soğutulması, termal kameraların merceklelerinin soğutulması verilebilir.

- (i) Yüksek sıcaklıklı reaktörlerin soğutulmasında
- (ii) Uçaklar, uzay araçları ve madenlerin soğutulmasında
- (iii) Elektronik devrelerin ve kontrol elemanlarının soğutulmasında
- (iv) Kimyasal analizlerde numunelerin soğutulmasında
- (v) İtfaiyeciler elbiselerinin soğutulmasında
- (vi) Çiğ noktası ölçüm cihazlarında soğutma kaynağı olarak
- (vii) Roketlerin tepki kuvvetinde sıcaklığı artırmak için ısı kaynağı olarak
- (viii) Buharlı güç üretim sistemlerinin çabuk çalışmaya başlaması için
- (ix) Isıl tahribatsız muayeneler için konvektif tahrik kaynağı olarak

- (x) Peltier soğutucuların performansını geliştirmek için termociftlerle birlikte
- (xi) Dalgıçların hava ikmal kaynaklarının sıcaklık kontrolünde
- (xii) Sualtı araştırma habitatu içerisindeki havanın şartlandırılmasında
- (xiii) Hiperbasıncılı odalarda
- (xiv) Lokal ısınmanın olduğu alanlarda soğutma (spot soğutma)

2. Gazların Sıvılaştırılması: Bilimsel araştırma ve mühendislikle ilgili birçok işlem, kriyojenik sıcaklıklarda (-100oC'nin altında) gerçekleşir ve sıvılaştırılmış gazların kullanılmasına dayanır. Bu nedenle, gazların sıvılaştırılması soğutma uygulamalarının her zaman önemli bir bölümünü oluşturmuştur. Tüm gaz sıvılaştırma problemlerinin yöntemlerinde temel ilke, gazı, doyma bölgesinde termodinamik bir hale getirmektir. Yüksek kaynama noktalarına sahip gazların (hidrokarbonların alkali serisi gibi) sıvılaştırılmasında, kaskat geleneksel soğutma sistemleri kullanılır. Kaynama noktaları kriyojenik sıcaklıklarda olan gazlarda ise, yüksek basınçta yapılan bazı genişleme prosesleri kullanılarak sıvılaştırma yapılır. Vorteks tüpleri, düşük performansları nedeniyle gazların sıvılaştırılması prosesinde geleneksel soğutucu olarak kullanılmazlar. Bunun yerine, kriyojenik sistem tasarımlarında genişleme motoru olarak kullanılırlar. Bunlardan en basit uygulama vorteks tüpünün Linde Prosesinde kullanılmasıdır.

3. Gaz Karışımlarının Ayrıştırılması: Vorteks tüpler, bir çok gaz karışımlarının ayrıştırılması işlemlerinde kullanılmaktadır:

- (i) Doğal gazdan ağır hidrokarbonların ayrıştırılmasında
- (ii) Doğal gazdan ve baca gazından CO2'nin ayrıştırılmasında
- (iii) Havanın ayrıştırılmasında
- (iv) Uranyum izotoplarının ayrıştırılmasında

4. Düşük Sıcaklıklı Uygulamalar: Vorteks tüplerin kademeli olarak kullanılmasıyla çok düşük sıcaklıklara erişebilmek mümkün olmaktadır. Kaskat sistemler olarak adlandırılan bu sistemlerde bir tüpten çıkan soğuk akış diğer tüpün giriş ağzına bağlanmakta ve böylece çok düşük sıcaklıklar elde edilebilmektedir. Vorteks tüplerin düşük sıcaklıklı uygulamalarda kullanılmasına ait bazı örnekler şunlardır:

- (i) Gıda maddelerinin soğutulması ve dondurulması
- (ii) Yapay kar üretimi için tohum olarak işlev gören buz kristallerinin üretimi
- (iii) Gazların nemini gidermek işlemi
- (iv) Elektronik kontrol kabinlerinin soğutulması
- (v) Sıcaklık sensörlerinin test edilmesi

5. Elektrik Üretimi: Vorteks tüplerinin diğer bir kullanım alanı termoelektrik üretimidir. Tippetts ve Boucher pnömatik olarak tahrik edilen hareketli parçası olmayan termoelektrik jeneratörü tanımlamıştır (Şekil 2). Bu konsept ilk olarak British Gas araştırmacıları (Trevor Smith) tarafından önerilmiş ve demonstrasyonu yapılmıştır. Vorteks tüpünden çıkan sıcak ve soğuk hava termoelektrik jeneratör modülleri üzerine çarpmakta, bu ise tipik olarak düşük voltajlı DC elektrik akımı üretmektedir. Birçok hücrenin seri bağlanmasıyla bu akım yararlı seviyelere getirilmektedir. Tippetts ve Boucher tarafından yapılan deneylerde

4 bar efektif basınçtaki 400 lt/dak debiye sahip havadan 3.5 volt'da 0.266 Watt elektrik üretilmiştir. Toplam verim çok küçük olduğundan (%0.024) bu cihazların oldukça geliştirilmesi gerekmektedir. Tippetts ve Boucher tarafından yapılan araştırmaya gelecekte bu konuda yapılacak araştırmaların ilk basamağı olarak bakılabilir.

6. Diğer Uygulama Alanları: Vorteks tüpler yukarıda anlatılan uygulama alanları dışında şu alanlarda da kullanılmaktadır: (i) Gaz endüstrisinde kurutma amacıyla kullanılması, (ii) Kar Üretimi

VORTEKS TÜPLERDE ENERJİ AYRIŞMASI

Vorteks tüplerde vorteks etkisi veya Ranque-Hilsch etkisi çok sayıda araştırmaya konu olmuş ve bu etkinin varlığı bir çok deneysel çalışma tarafından doğrulanmıştır. Hilsch, Deissler ve Perlmutter, Ahlborn vd., Kurosaka, Gutsol, Cockerill ve diğer araştırmacılar Ranque etkisini açıklamak için çeşitli teoriler ortaya atmışlardır. Sayısı 10'u geçen bu teorilere rağmen günümüzde bile bu etkinin kesin bir fiziksel açıklamasını tatminkar bir şekilde yapan tam bir teori halen mevcut değildir. Bu teorilerin her birisi vorteks tüp cihazının belli yönlerini açıklayabilirken, hiç birisi sıcaklık ayrışmasının optimizasyonuna olanak tanıyacak yeterli açıklayıcı güce sahip değildir. Bu teorilerden literatürde en çok bahsi geçen "İç Bölgelerdeki Akışkanın Dış Bölgedeki Akışkan Üzerinde İş Yapması" teorisidir.

İç Bölgelerdeki Akışkanın Dış Bölgedeki Akışkan Üzerinde İş Yapması: Vorteks tüplerin çalışmasıyla ilişkili en yaygın kabul edilen teori, Fulton tarafından ifade edilen ve Hilsch'in teorisine benzer olan teoridir. Gaz akımı tüp giriş lülelerinden geçerek yüksek hızla tüpe teğetsel olarak girer ve tüpün silindirik formu nedeniyle dönmeye başlar. Böylece tüp cidarı yakınındaki çevresel bölgede serbest vorteks oluşur. Çok yüksek açısız hızlarda dönen akış, merkezkaç kuvvetinin etkisi ile tüp cidarına doğru açılmaya zorlanır. Bu etki neticesinde tüp merkezindeki basınç ile tüp cidarındaki basınç arasında fark oluşur. Tüp cidarı ile tüp merkezi arasında oluşan basınç farkı nedeniyle tüp merkezine doğru radyal akış olur. Merkeze gelen akışın açısız hızı, açısız momentumun korunumu ilkesi gereğince tüp cidarındaki akışın açısız hızından daha yüksek değerlere ulaşır. Bu sebepten dolayı tüp içerisinde iki farklı hızda dönen iki akış oluşur. Merkezdeki akış daha yüksek hıza sahip olduğundan cidardaki akışı ivmelendirmeye çalışır. Bu durumda merkezdeki akıştan cidardaki akışa mekanik enerji transferi gerçekleşir. Mekanik enerjisinde azalma olan merkezdeki akış, soğuk akış; cidardaki sürünme enerjisinin etkisi ile ve merkezdeki akıştan aldığı mekanik enerjinin etkisiyle de cidardaki akış, sıcak akış oluşturur. Aynı zamanda, vorteksin merkezi, dış tabakalardan daha soğuk olduğundan içe doğru bir ısı transferi gerçekleşir. Vorteksin merkezine doğru oluşan ısı akışı, merkezden dışarı doğru olan iş akışından daha düşük hızda gerçekleşir. Bu olayın sonucu olarak, dış gaz tabakaları, kaybettikleri ısı enerjisinden daha fazla kinetik enerji alırlar. Bu iç enerjiye dönüşür, durma sıcaklıkları yükselir ve kısma valfinden yüksek sıcaklığa sahip gaz akımı olarak tüpten çıkarlar. Tersine, aksel gaz tabakaları aldıkları ısı enerjisinden daha fazla kinetik enerji kaybederler. Bu, tüpe girerken genişleme sonucu soğutuldukları gerçeğiyle birlikte, durma sıcaklıklarının azalmasına ve orifisten düşük sıcaklıklı gaz olarak tüpü terk etmelerine neden olur.

Kaynak: Doç. Dr. Mehmet YILMAZ'ın başkanlığını yaptığı ve TÜBİTAK tarafından desteklenen "Vorteks Tüplerin Soğutma Tekniğinde Kullanılması" projesi