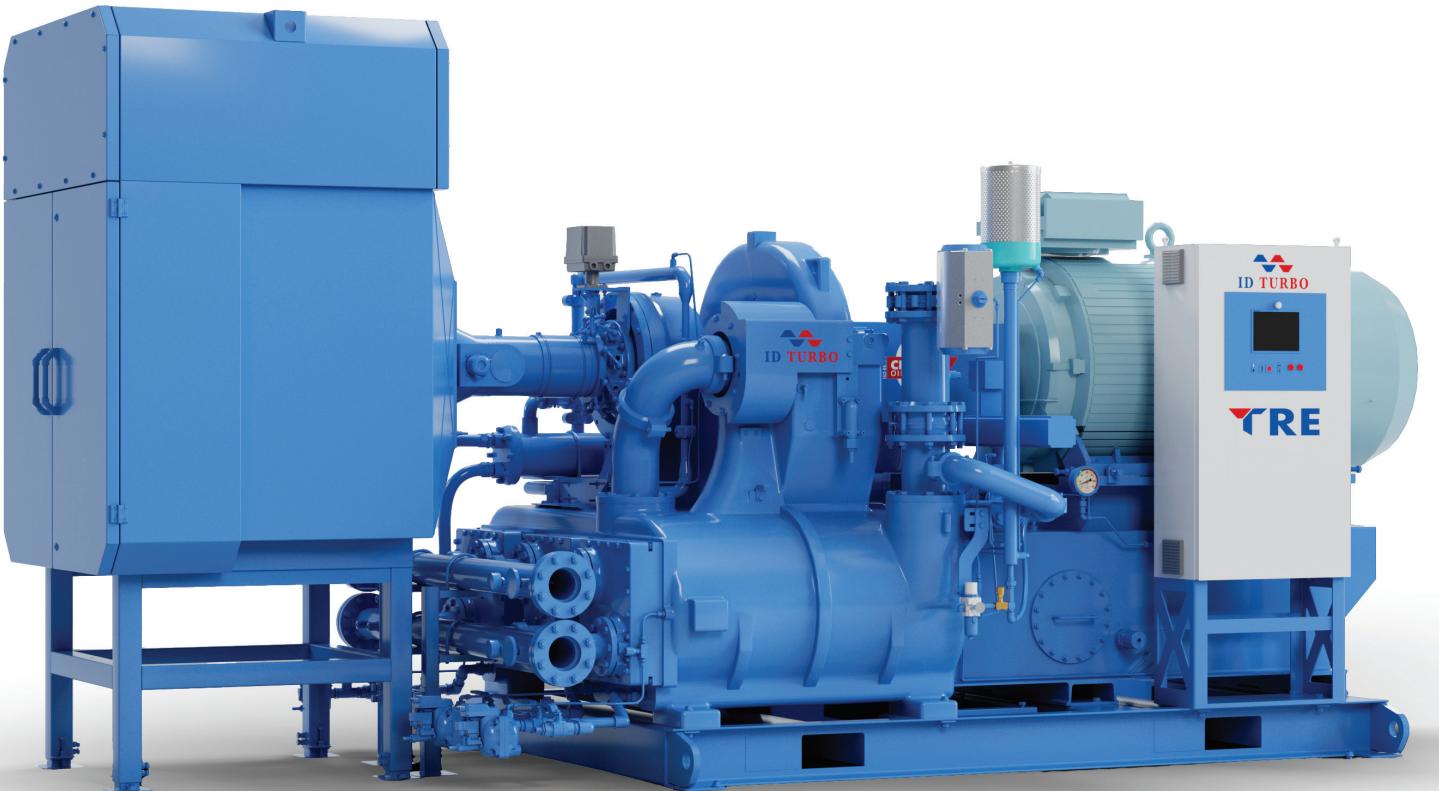


TURBO KOMPRESÖRLERDE ŞAFT SIZDIRMAZLIĞI:

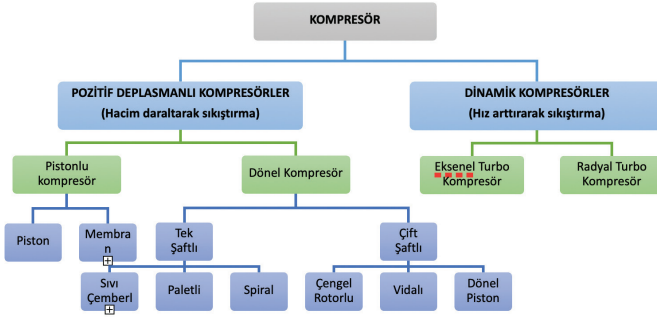
VERİMLİLİĞİN SESSİZ BEKÇİSİ

Yüksek hızlı şaftların çalıştığı turbo kompresörlerde, sızdırmazlık elemanlarının doğru seçimi yalnızca enerji kayıplarını önlemekle kalmaz, aynı zamanda sistemin güvenliği ve uzun ömürlülüğü açısından da kritik rol oynar. Labirent keçelerin yapısı, performans kriterleri ve kaçak debi analiz yöntemleriyle sızdırmazlık sistemlerini yakından inceliyoruz.



Endüstride üretim faaliyetlerinde basınçlı hava kullanılmakta olup, çeşitli hatların çalıştırılmasında yaygın olarak tercih edilmektedir. Basınçlı hava, temiz depolanması güvenli, yüksek kapasitelere çıkabilen ekonomik bir enerji türüdür. Bu sebeple, endüstrideki enerjinin yaklaşık %20-30'unu basınçlı hava kompresörleri tüketmektedir. Özellikle yüksek kapasitede ve sürekli üretim yapan tesislerde kullanılan turbo kompresörlerde basınçlı havanın verimli bir şekilde elde edilmesi çok elzemdir. Bu bağlamda yüksek hızda çalışan şaftların sızdırmazlık elemanları kompresör verimliliğine doğrudan etki etmektedir.

Endüstrideki dinamik kompresör türünden biri olan radyal turbo kompresörler de şaft sızdırmazlık elemanı olarak genellikle labirent veya karbon keçeler kullanılmaktadır

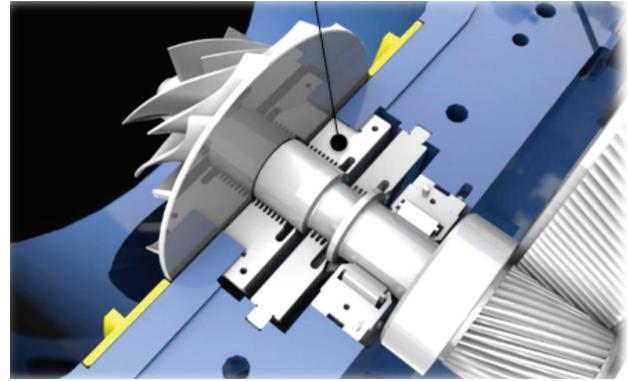


Şekil 1. Kompresörlerin Sınıflandırma Şeması

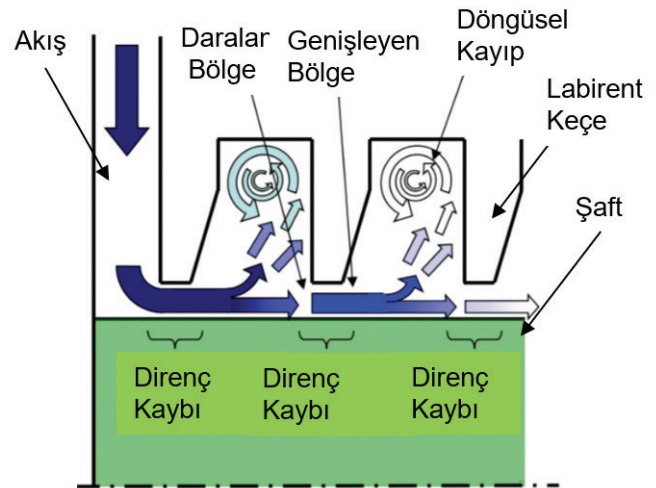
Ortak bir sınırı paylaşan iki ortam arasında boşluk olduğu sürece madde geçişi molekül boyutunda dahi olsa engellenemez. Sızdırmazlığın amacı bu madde geçişini kontrol altına almaktır. Şaft sızdırmazlığı uygulamalarında ise sızdırmazlık elemanı, yağlayıcının ya da basınçlı akışkanın sistem içerisinden sızmasına engel olacak ya da bunu kontrol altına alacak elemandır.

Labirent Keçeler

Labirent keçeler, temas etmeyen, dolayısıyla sürtünmesiz çalışan sızdırmazlık elemanlarıdır. Mil etrafında yer alan çoklu çıkıntı ve girintiler sayesinde gazın geçişi zorlaştırılır. Bu yapılar, sızıntı gazı geri döndürerek veya yavaşlatarak sistemden kaçmasını engeller. Dişlerin dizilim şekli, geometrik özellikleri gibi parametreler uygulama alanına göre farklılık gösterebilmektedir. Şekil 3 'de de tipik bir labirent keçe örneği ve akım çizgileri gösterilmiştir.



Şekil 2. Labirent Keçeler



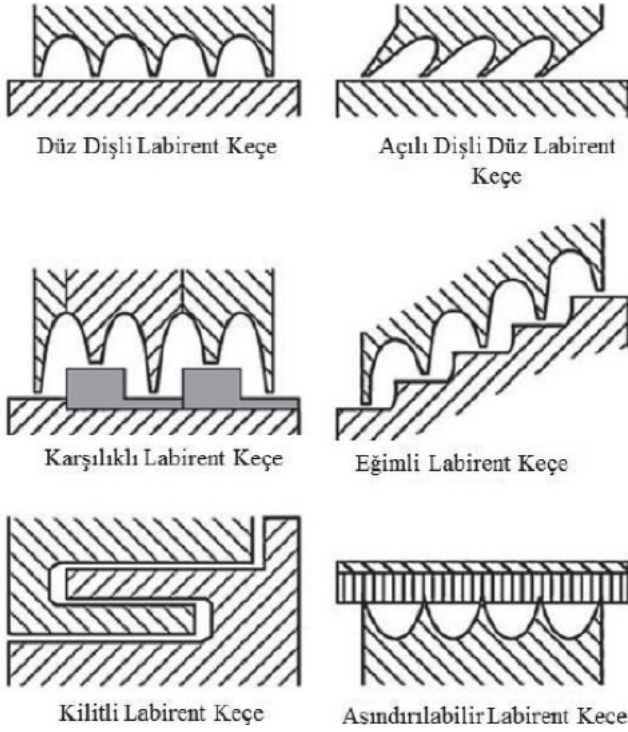
Şekil 3. Labirent keçe akış şematiği ve akım çizgileri

Akım çizgileri gösterilen bir labirent keçe örneğinde görülebileceği üzere, akış yüksek basınç bölgesinde düşük basınç bölgesine doğru ilerlemektedir. Burada akışı meydana getiren sürücü kuvvet, keçenin iki yüzeyi arasındaki basınç farkıdır. Ardı sıra dizilen labirent keçe dişleri, seri bağlanmış ani daralma ve genişleme kayıpları olarak düşünülebilir. Akışkan yüksek basınç bölgesinden harekete başlayınca, diş üstü ile stator bölgesi arasında kalan açıklıkta daralan bir alana girer ve bu alandan sonra tekrar genişleyerek çıkar. Hızlanmadan dolayı diş çıkışında akışta türbülans artar ve iki diş arasında kopmalar meydana gelir. Bu kopmalar sonucunda oluşan sirkülasyonlar akışkanın enerjisini kaybetmesine sebep olur. Her kademe de benzer bir fizikle ilerleyen akışkan, çıkışta basıncını azaltır ve sızdırmazlık havası kontrol edilir.

Labirent keçelerin diş konfigürasyonları farklılık gösterebilmektedir. Şekil 4 'de görüleceği üzere şu şekilde sınıflandırma yapmak mümkündür.

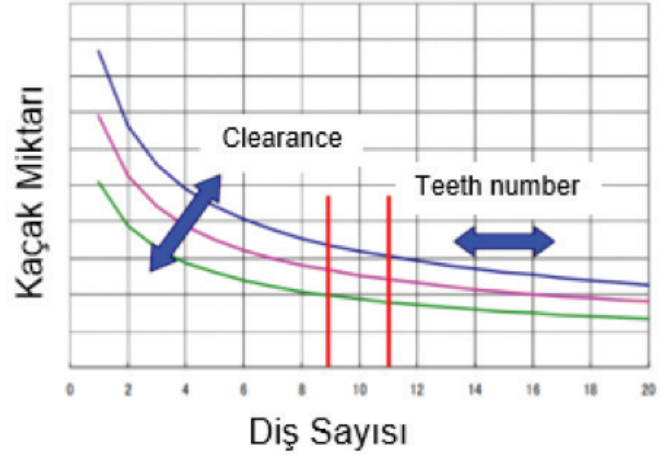
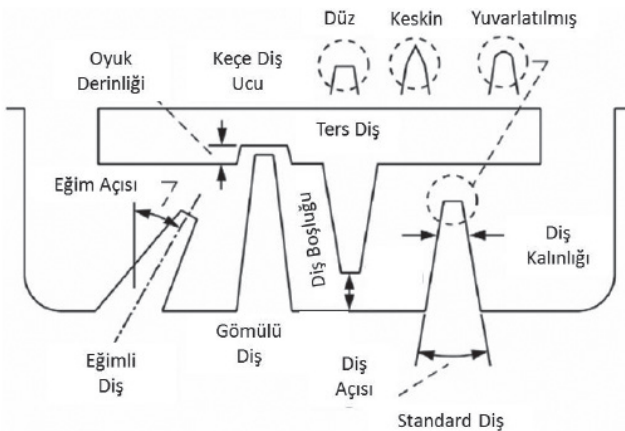


- Düz Dişli Labirent Keçe
- Açılı Dişli Düz Labirent Keçe
- Karşılıklı Dişli Labirent Keçe
- Eğimli Labirent Keçe
- Kilitli Labirent Keçe
- Aşındırılabilir Labirent Keçe



Şekil 4. Labirent keçe tipleri

Şekil 5 'de bir labirent keçe performansını belirleyen geometrik parametreler gösterilmiştir. Görüleceği üzere birçok geometrik parametrenin birlikte düşünülüp, en iyi sızdırmazlık performansı sağlayacak geometrinin çıkarılması için birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, dişler arasında mesafenin artırılması, odacık büyüklüğünü ve sirkülasyon alanını artıracaktır. Bu sebeple daha iyi sızdırmazlık performansı elde edilecektir.



Şekil 5. Keçe Geometrik Parametreleri

Labirent keçeler, kaçak debi kontrolünde iyi olmalarına rağmen dinamik değişimlere kalıcı deformasyondan dolayı iyi cevap verememekte ve turbo makina sızdırmazlık artışına yol açmaktadır. Buna rağmen, labirent keçeler turbo makinalarda uzun yıllardır kullanılmaktadır ve güvenilirlik-sağlamlık olarak kendilerini ispatlamışlardır. Bu sebeple neredeyse tüm turbo makina uygulamalarında kullanılmaktadır.

Labirent Keçe Kaçak Debi Belirleme Yöntemleri

Labirent keçelerde kaçak debi belirlenmesinde kullanılan yöntemler genel olarak üç grupta toplanabilir. Bunlar;

- 1) Deneysel yöntem ile kaçak debi belirleme
- 2) Analitik yöntem ile kaçak debi belirleme
- 3) Sayısal (HAD analizi) yöntem ile kaçak debi belirleme

Bu üç yöntem de labirent keçe kaçak debi belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

SONUÇ

Teorik olarak, kompresörlerde her türlü shaft contası kullanılabilir. Labirent contalar, yüzer karbon keçeler basınca ve işlem gazına bağlı olarak en yaygın olanlardır. Labirent contalar, özellikle sağlamlığın düşük sızıntıdan daha önemli olduğu durumlarda birçok düşük basınçlı hava kompresörü için kullanılır. Normalde metalden, çoğunlukla alüminyumdan yapılırlar ancak daha yüksek korozyon direnci veya daha iyi sürtünme davranışı için termoplastikler kullanılabilir. Özel labirent diş tasarımıyla, daha iyi sızıntı performansı için daha küçük boşluklar elde edilebilir.

REFERANSLAR

M.S. Sertçakan, 2017, Gaz Türbinli Motorlarda Kullanılan Labirent Keçelerdeki Aşınmış Diş Geometrisinin Sızdırmazlık Performansına Etkisinin HAD Analizi ile İncelenmesi

U.Yalçın, 2020, Düz labirent keçelerde oyuk oluşumunun sızdırmazlık performansına etkisi

Aaron M. Rimpel, ... Kolja Metz, in Compression Machinery for Oil and Gas, 2019