



VAKUM OTOMASYONUNDA PNÖMATİK VAKUM EJEKTÖRLERİ VE TEMASSIZ TUTUCU TEKNOLOJİSİ

PNEUMATIC VACUUM EJECTORS AND NON-CONTACT GRIPPER TECHNOLOGY IN VACUUM AUTOMATION

Cenan Pekdemir

ÖZET

Endüstriyel otomasyon alanında vakum sistemleri önemli bir yere sahiptir. Makinalarda vakum farklı amaçlar için kullanılabilir. Bunlar; iş parçalarının bir noktadan diğer noktaya transferi ve ürün tutma - bırakma uygulamalarının yanında vakumla şekil verme, vakumla kaçak testleri düşünülebilir. Bu gibi uygulamalarda vakumu oluşturmak için elektrikli vakum pompaları ve blowerların yanında, ventüri prensibi sayesinde basınçlı havayla vakum oluşturabilen vakum üreteçleri kullanılmaktadır. Vakum üreteçlerine ek olarak sistemi tamamlayan en önemli bileşen taşınacak iş parçasına temas ederek vakum sızdırmazlığını sağlayan vakum vantuzlarıdır. Ancak yüksek geçirgenlikli iş parçalarında yada vantuzun vakum sızdırmazlığını sağlayamadığı iş parçaları için bernolli ve siklon prensibiyle çalışan tutucular kullanılır. Bu yazıda vakumlu taşıma sistemlerinin mantığı, vakum üreteçlerinin çalışma prensibi ve temassız tutucuların çalışma prensibi ile uygulama alanlarından bahsedilecektir.

Anahtar Kelimeler: Vakum otomasyonu, pnömatik, ventüri prensibi, bernolli prensibi, siklon prensibi

ABSTRACT

Vacuum systems have an important place in the field of industrial automation. Vacuum can be used for different purposes in machines. These; Transfer of workpieces from one point to another and pick&place applications as well as vacuum forming and vacuum leak tests can be considered. In such applications, besides electric vacuum pumps and blowers, vacuum generators that can create vacuum with compressed air thanks to the venturi principle are used to create the vacuum. In addition to the vacuum generators, the most important component that completes the system is the vacuum suction cups that provide vacuum sealing by contacting the workpiece to be transported. However, for workpieces with high permeability or for workpieces where the suction cup cannot provide vacuum sealing, bernolli and cyclone grippers are used. In this article, the logic of vacuum transfer systems, the working principle of vacuum generators, the working principle of contactless grippers and their application areas will be discussed.

Key words: Vacuum automation, pneumatics, venturi principle, bernoulli principle, cyclone principle

1. GİRİŞ

Üretim ve makine teknolojisindeki hızlı gelişmelerle birlikte, iş gücünü azaltıp insan sağlığını koruyarak seri üretim yapılmasını sağlamak amacıyla yüksek tonajlı iş parçalarının kaldırılmasından, küçük ve hafif iş parçalarının yüksek hızlarda tutulup bırakılmasına kadar farklı işlere ek olarak vakumla şekil verme prosesleri, sızdırmazlık testleri gibi uygulamalarda vakum teknolojisi kullanılmaktadır.

Vakum, içinde hiç atom ya da molekül bulunmayan boşluk anlamına gelmektedir. Dünya atmosferi gezegenin her noktası üzerine sürekli basınç uyguladığından dolayı vakum oluşturmak ancak yapay yollarla mümkündür.

Bu yöntemlerden birisi 1650'li yıllarda bulunan ve elektrik enerjisiyle çalışan vakum pompalarıdır. Vakum pompası emiş portundan giren havayı egzoz portuna doğru sürükleyerek kapalı hacmin içindeki hava moleküllerini dışarı atarak vakum oluşturur.

Diğer yöntem ise basınçlı hava ile vakum üretmektir. Basınçlı havadan vakum üreten cihazları endüstride vakum üretici, vakum ejektörü veya jeneratörü olarak geçer. Bu ürünlerin çalışma mantığı ventüri etkisine dayanır. Vakum üreteçlerinin 3 portu bulunur. Bunlar, hava besleme portu, vakum portu ve egzoz portudur. Basınçlı hava geniş bir orifisten geçerken orifis bir noktada daralır. Daralan noktada havanın hızı artar ve havanın basıncı düşer. Bu noktaya açılan vakum portunda vakum oluşur ve atmosferden hava emilmeye başlanır. Atmosferden emilen hava ile beslenen basınçlı hava egzoz portundan atmosfere atılır.

Vakum üreteçlerinin vakum pompalarına göre avantajı çok daha kompakt, hafif, bakımı ve değişimi kolay olmasıdır. Vakum pompalarının vakum ejektörlerine göre avantajı ise, yüksek vakum debisine sahip olmaları, sürekli vakum yapılması gereken noktalarda tesisin hava ve elektrik maliyetlerine bağlı olarak enerji tasarrufu sağlayabilmeleridir.

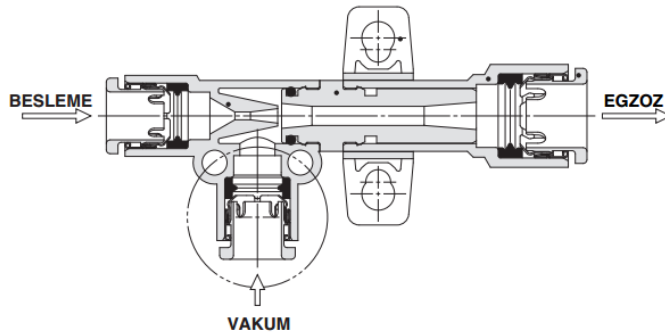
İş parçalarının taşınmasında veya transferinde kullanılan diğer yöntem ise temassız tutma teknolojisidir. Taşınacak iş parçası çok geçirgen, pürüzlü, üzerinde delikler mevcut ise veya taşınacak parçaya mekanik olarak temas istenmiyorsa temasız tutucular kullanılır. İki farklı prensiple çalışan temasız tutucu vardır. Bunlardan ilki siklon prensibine dayanır. Siklon tutucu, iş parçasını tutmak için dairesel olarak dönen bir hava akımının merkezinde negatif bir basınç oluşturur. Bernolli prensibiyle çalışan tutucu ise yüksek hızlı havanın iş parçasıyla tutucu arasında oluşturduğu düşük basınç sayesinde iş parçasının tutulmasını sağlar. Bu tip tutucuların kullanıldığı başlıca sektörler, gıda, tekstil, yarı iletken sektörleridir.

2. PNÖMATİK VAKUM EJEKTÖRLERİ

Bir vakum ejektörü, basınçlı hava kullanarak vakum oluşturabilir. Bir vakum pompasına kıyasla vakum ejektörü, hareketli parçası olmayan basit bir yapıya sahiptir. Bu nedenle vakum pompasından çok daha küçük ve daha hafiftir. Ejektörün kendisi bir güç kaynağı gerektirmez. Vakum pedile iş parçalarının tutulmasını sağlar.

2.1 Vakum Ejektörlerinin Çalışma Prensibi

Vakum ejektörleri ventüri prensibine dayanır. Sıkıştırılmış hava, Fig 1. deki SUP portuna bağlanır. Hava tek kademeli jeneratörün içindeki dar orifisten geçtikten sonra aniden genişleyen difüzöre ulaştığı anda, basınç düşer ve hız artar. Bu noktada, bir vakum oluşur. Sonrasında VAC portundan emilen hava ile SUP portundan beslenen hava EXH portundan dışarı üflenir.



Şekil 1. Tek kademeli ejektörün iç yapısı

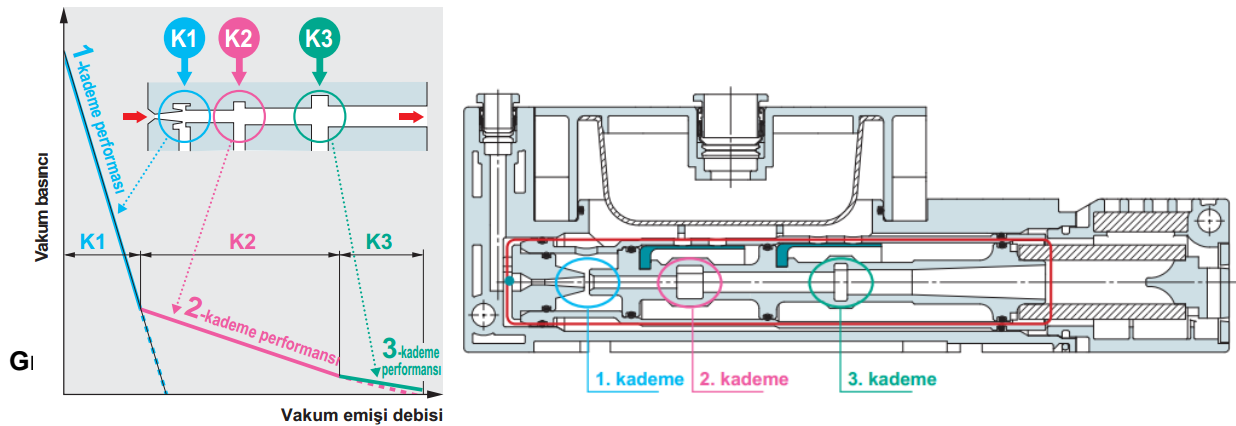
Vakum jeneratörünün birçok avantajı vardır[1]:

- Titreşim yok
- Isı üretimi yok
- Hareketli parça yok
- Vakum, hava beslemesi ile hemen açılır ve kapanır
- Agresif koşulları çok iyi tolere eder
- Düşük maliyetli
- Hızlı onarım veya değiştirme
- Ejektör vantuzuna olabildiğince yakın konumlandırıldığında hortumlardan kaynaklanan ölü hacim azaldığından çok daha hızlı çevrim süreleri yakalanır
- Hafif ve mobildir
- Elektrik gerektirmez
- Servis ve/veya komponent değişimi için hızlı değişim süresi

Yukarıda bahsedilen ejektör en temel tek kademeli vakum ejektörüdür. Bu ejektörler ile vakum basıncı -90 kPa değerlerine kadar ulaşır. Üretilen vakum debisi ise tüketilen havanın yaklaşık yarısı kadar olacaktır. Bu noktada enerji verimliliği konusunda çok daha geliştirilmiş çok kademeli ejektörler de mevcuttur.

2.2 Çok Kademeli Vakum Ejektörleri

Enerji verimliliği artırmak için çok kademeli vakum jeneratörleri geliştirilmiştir. Çok kademeli üreteçler, kademeli olarak basınçlı havanın genişlemesine izin veren bir dizi ejektör ve nozul kullanır. Fig 2. de gösterilen 3 kademeli vakum ejektörünün 3. ve 2. kademesinde bir çekvalf mevcuttur. Vakum basıncı yükseldikçe önce 3. kademedeki çekvalf daha sonra 2. Kademedeki çekvalf kapanır. Belli bir vakum basıncı değerinden sonra tek kademeye vakum üretilmeye devam edilir. Çekvalfler sayesinde vakum basıncının düşmesi sağlanır. Çok kademeli ejektörler genellikle sıkıştırılmış hava tüketiminin vakum akışına oranını yaklaşık 1:2 veya daha iyi bir düzeye yükseltir. Çok kademeli üniteler önemli ölçüde sessizdir ve daha düşük basınçta vakum üretebilir. Bu performans, aynı koşullar altında tek kademelilere oranla gerekli olan basınçlı hava miktarını azaltacak ve/veya tepki süresini azaltarak üretkenliği artıracaktır.



Şekil 3. Üç kademeli ejektörün iç yapısı

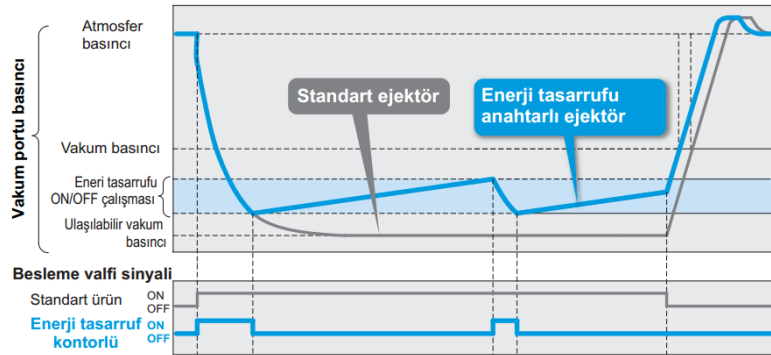
Çok kademeli ejektörler sayesinde hava daha verimli kullanılsa da iş parçasının tutulacağı süre boyunca havanın harcanması gerekmektedir. Bu durumu engelleyen daha kompleks vakum ejektörleri de mevcuttur.

2.3 Enerji Tasarruf Fonksiyonlu Vakum Ejektörleri

Enerji tasarruf fonksiyonlu ejektörleri, özellikle geçirgen olmayan ve pürüzsüz, vantuz ile iş parçası arasındaki sızdırmazlığın sağlanabildiği uygulamalarda hava tasarrufunu maksimum düzeye çıkartan komponentlerdir. Genellikle bu ürünler sadece ejektörden oluşmaz. Kendi içerisinde dahili, vakum valfi, üfleme valfi, vakum sviçi mevcuttur. Vakum valfi tetiklendikten sonra vantuz ile iş parçası arasında sızdırmazlık sağlandığında vakum basıncı düşmeye başlar. Vakum basıncı sviç üzerinden ayarlanan değere ulaştığında vakum valfinin tetiği otomatik olarak kesilir ve hava tüketimi durur. Bu anda ejektörün içindeki çekvalf sayesinde ejektörle vantuz arasında oluşturulmuş vakum hapsedilir. Böylece ürün tutulurken hava tüketimi sıfırlanır. Eğer vantuzda yada vakum hattında kaçak oluşursa vakum sviçi üzerinde okunan değer belirlenen değerinin altına düşer ve vakum valfi tekrar otomatik olarak tetiklenir. Bu sayede vakum basıncı tekrar istenilen değere ulaşır.

Enerji tasarruflu ejektörler fabrikalardaki hava tüketimini düşürür. Ayrıca ürün taşınırken hava tüketimi olmadığı için sessiz bir çalışma ortamı sağlar.

Uygulama örneği olarak plastik enjeksiyon makinelerinin olduğu bir fabrikada enjeksiyondan çıkan plastik parçaların robotla kalıptan alınıp bırakılması yaklaşık 10 saniye sürmektedir. Dakikada 100 litre harcayan bir vakum üretici kullanılmış makinada sadece vakum için 10 saniyelik bir çevrimde yaklaşık 16.6 litre hava tüketir. Enerji tasarruf fonksiyonlu üreticinin basınçlı hava tüketimi bir çevrimde yapılan ölçümlerle yaklaşık 2.5 litre ölçülmüştür. Bu durumda günlük 5000 parça üreten bir plastik enjeksiyon makinasında standart üretilen hava miktarı günde 83m³ iken, enerji tasarruflu üretilen 12.5m³ olacaktır. 1m³ havayı üretmek için tüketilen enerjinin maliyeti 0.02 Euro alındığında, 1 günde 1 makina için 1.4 Euro tasarruf edilmiş olur.



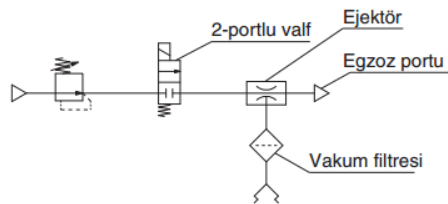
Grafik 2. Enerji tasarruflu ejektörün çalışması

2.3 Vakum Ejektörlü Sistemler İçin Örnek Devre Şemaları

Pnömatik vakum ejektörlerinin kullanılabileceği örnek devre şemaları aşağıdadır.

2.3.1 Besleme valfi (2 yollu valf) + Vakum filtresi

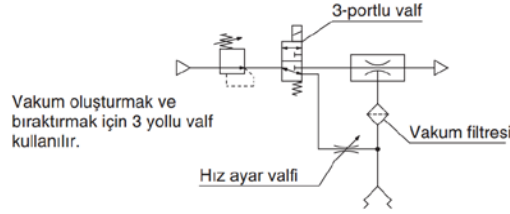
Vakum oluşturmak ve durdurmak için 2 yollu valf kullanılır. Vakum atmosfere bırakılır. Ejektörü korumak için bir emme filtresi takılmıştır. [2]



Şekil 4. Örnek devre şeması 1

2.3.2 Besleme valfi (3 yollu valf) +Hız ayar valfi + Vakum filtresi

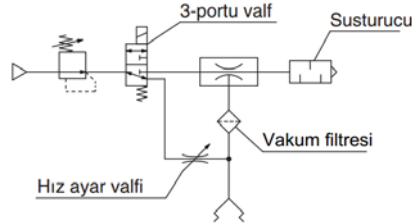
Vakum oluşturmak ve durdurmak için 3 yollu valf kullanılır (vakum tahliyesi aynı anda gerçekleştirilir). Bıraktırma akışı ayarı için hız ayar valfi takılıdır. Bir vakum filtresi ejektörü kullanılır. [2]



Şekil 5. Örnek devre şeması 2

2.3.3 Besleme valfi (3 yollu valf) +Hız ayar valfi + Vakum filtresi + Susturucu

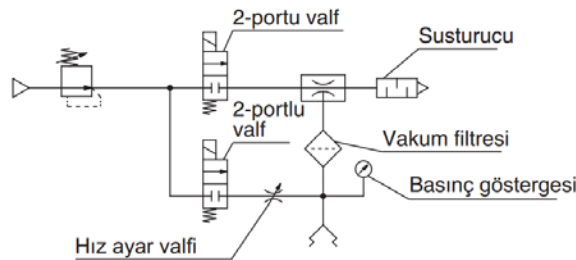
2. örnekteki valfin hortumlaması değiştirilerek valf normalde açık olarak çalışır. Böylece elektrik kesintisi durumunda parça düşürme engellenir. Hız ayar valfi ve vakum filtreleri takılıdır. Egzoz portuna bir susturucu monte edilmiştir (egzoz gürültüsünü azaltmak için). [2]



Şekil 6. Örnek devre şeması 3

2.3.4 Besleme valfi (2 yollu valf) + Bıraktırma valfi (2 yollu valf) + Hız ayar valfi + Susturucu + Vakum filtresi + Manometre

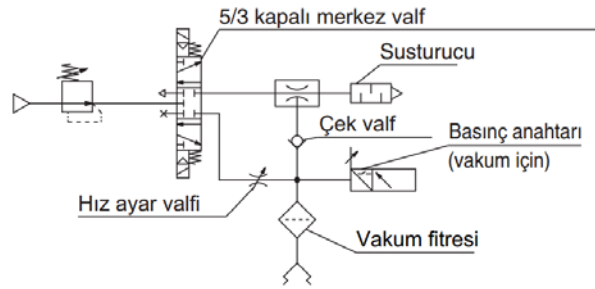
Vakum üretimi ve vakum tahliyesi, bir besleme valfi ve üfleme valfi tarafından kontrol edilir. Taşıma sırasında vakum basıncını görsel olarak kontrol etmek için bir basınç göstergesi takılıdır. Emiş filtresi, toplanan tozun hava çıkışından dolayı geri akmayacağı yere monte edilmelidir. (3 portlu valf kullanılırsa, üfleme valfinin R portunu körleyin.) [2]



Şekil 7. Örnek devre şeması 4

2.3.5 Besleme/Bırakma valfi (3 konumlu 5 portlu valf) + Hız ayar valfi

3 konumlu kapalı merkezli 5 yollu valf, vakum oluşumunu ve tahliyesini kontrol etmek için kullanılır. Besleme valfi KAPALI olduğunda vakum basıncının düşmesini önlemek için vakum portuna bir çek valf takılıdır. Basıncı algılamak için vakum devresine bir basınç anahtarı takılmıştır. Üfleme havası ile filtrede toplanan tozun, üflenen hava ile dışarı atılabileceği bir konuma vakum filtresi monte edilmiştir. [2]



Şekil 8. Örnek devre şeması 5

3. TEMASSIZ TUTUCULAR

Teknolojinin gelişmesiyle beraber temassız tutucular endüstride gün geçtikçe daha önemli ve kilit rol almaya başlamıştır. Bu tip tutucular ile vakum üretici kullanılmaz. Vakum hava akışı sayesinde tutucuyla iş parçası arasında oluşur. Ürün üzerindeki deliklerden vakum yerine basınçlı hava çıkması sayesinde tozlu yada üzerinden parça kopabilecek iş parçaları tutulduğunda tıkanma problemleri yaşanmaz.

Standart vakum ürünleriyle taşınamayan iş parçalarına çözüm olarak temassız tutucular kullanılabilir. Taşınacak iş parçası çok geçirgen, pürüzlü, üzerinde delikler mevcut ise veya taşınacak parçaya mekanik olarak temas istenmeyen ince ve narin bir ürünse temassız tutucular kullanılır.

İki farklı prensiple çalışan temassız tutucudan bahsedilecektir. Bunlardan ilki siklon prensibine dayanır. Siklon tutucu, iş parçasını tutmak için dairesel olarak dönen bir hava akımının merkezinde negatif bir basınç oluşturur. Bernolli prensibiyle çalışan tutucu ise yüksek hızlı havanın iş parçasıyla tutucu arasında oluşturduğu düşük basınç sayesinde iş parçasının tutulmasını sağlar. İki tipte de tutucu ve iş parçası arasında bir hava yastığı oluşur. Bu sayede özellikle rijit ve düz iş parçalarına tutucu temas etmez. Bu yüzden mekanik olarak temas nedeniyle kırılacak ince iş parçaları, yada taşıma sırasında üzerinde istenmeyen iz oluşabilecek iş parçaları bu ürünlerle taşınır.

Bu tip tutucuların kullanıldığı başlıca sektörler, gıda, tekstil ve yarı iletken sektörleridir.

3.1 Siklon Tipi Temassız Tutucular

Farklı prensiplerle çalışan temassız tutuculardan birisi siklon prensibiyle çalışan tutuculardır.

Besleme portundan gelen hava, içbükey tutma yüzeyi tarafındaki nozuldun üflenir ve bir kasırga akışı oluşturur. Kasırga akışı, temassız tutucu ve iş parçası arasındaki boşluktan atmosfere boşaltılır. [3] Sonuç olarak, siklon etkisi nedeniyle spiral akış içinde bir vakum bölgesi oluşturularak iş parçasının fiziksel temas olmadan kaldırılması sağlanır. Spiral akışın merkezkaç etkisi, daha büyük bir kaldırma kuvvetinin üretilmesine izin verir. [3]



Şekil 9. Siklon tutucunun hava yönü



Şekil 10. Siklon tutucu ile uygulama örnekler

Siklon tip tutucuların kaldırma kuvveti bernolli tutuculara göre daha yüksek olmasına karşın, bernolli tip tutuculara göre daha fazla titreşim oluşturur. Ayrıcı hava akışının spiral olması nedeniyle iş parçasını tutarken döndürme eğilimindedir.

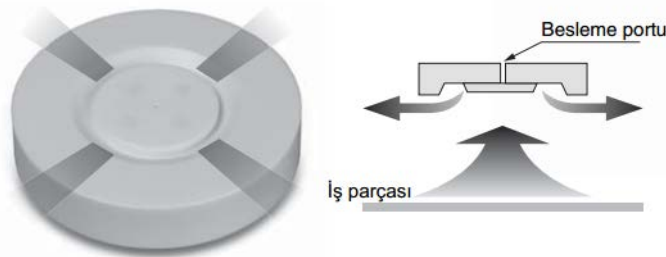
3.2 Bernolli Tipi Temassız Tutucular

Bernolli tipi tutucular siklon tipine göre daha az tutma kuvveti sağlamasına karşın iş parçası üzerinde daha az titreşim yaratır. Bernolli tutucuların siklondan farkı üzerindeki nozulların radyal şeklinde olması ve basınçlı havayı 360 derece olarak radyal yönde dışarı atmasıdır.

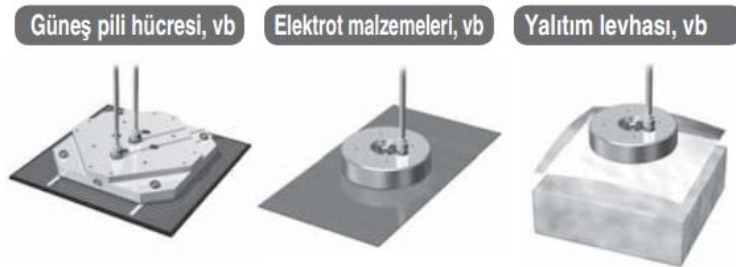
Besleme portundan gelen hava, nozülden radyal olarak üflenir. Dışbükey emme yüzeyi tarafı. Radyal akış, temassız tutucu ile iş parçası arasındaki boşluktan atmosfere boşaltılır ve temassız tutucu ile iş parçası arasındaki hava çevresel yönde çekilir. Sonuç olarak, ortada bir vakum bölgesi oluşturularak iş parçasının fiziksel temas olmadan kaldırılması sağlanır. [3]

Ayrıca, oluk-kanal tasarımı, havanın radyal olarak boşaltılmasına izin verir, böylece titreşimler ve kasırga akışının neden olduğu dalgalanmaları bastırır. [3]

Uygulama örneği olarak solar panel hücrelerinin taşınmasında vakum pedleri kullanıldığında vakumun etkisiyle hücre üzerinde mikro çatlaklar oluşup hücre kullanılamaz duruma gelebilir. Bu durumda temassız olarak minimum titreşimle iş parçasını tutabilen bernolli tutucular kullanılır.



Şekil 11. Bernolli tutucunun hava yönü



Şekil 12. Bernolli tutucu ile uygulama örnekleri

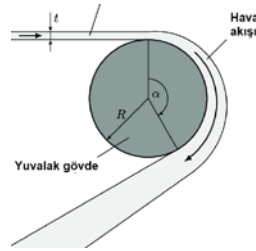
3.3 Temazsız Tutucularda Coanda Etkisi

Bernolli gripperlerden radyal şekilde çıkan yüksek hızlı hava, tutulacak iş parçasının etrafındaki hafif ürünleri istenmeyen bir şekilde dağıtabilir. Bu durumu engellemek için yüksek hızlı radyal yönde çıkan havayı yukarı doğru yönlendirmek faydalı olabilir. Bunu sağlamak için coanda prensibi kullanılır.

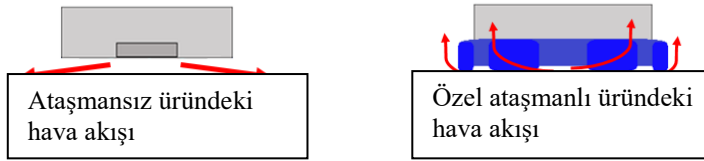
Coanda etkisi, hızla ilerleyen hava akımının doğru bir yol izlemek yerine, yakınındaki bir düzeye yapışarak, düzeyin eğimlerini izleyerek ilerlemesi olayıdır.

Bu etkinin en yaygın uygulaması havacılıktır. Uçak kanatlarında inerken ve durmak için aşağıya, kalkışta da yukarıya bükülen kanatçıklar bu etki temel alınarak tasarlanmıştır.

Bu özelliğin kullanılabileceği uygulama örneklerinden biri yanyana duran tekstil parçalarının toplanması sırasında etraftaki iş parçalarını dağıtılmasını engellemek olabilir.



Şekil 13. Coanda etkisi

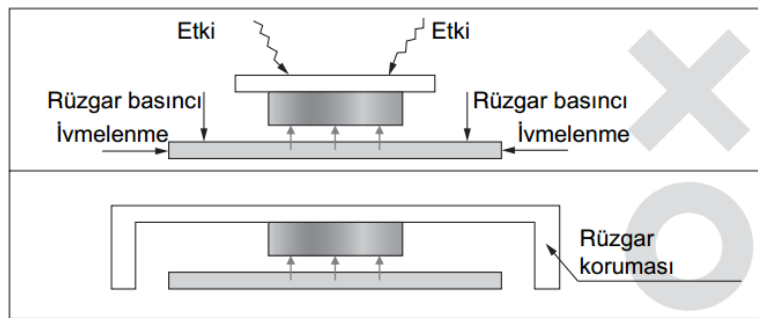


Şekil 14. Coanda etkisinin bernolli tutucuya uygulanması

3.3 Temazsız Tutucu Kullanırken Alınacak Önlemler

3.3.1 Hızlanma/Rüzgar basıncı/Darbe

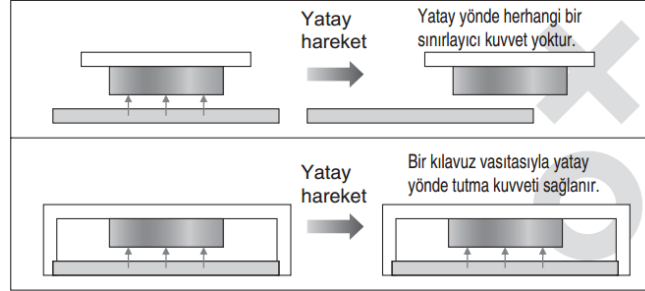
İş parçasını aktarırken sadece iş parçası kütlesini değil, aynı zamanda ivmeyi, rüzgar basıncını ve darbeyi de dikkate alın. (Bkz. Şekil 15.) Geniş bir alana sahip düz plaka taşınması durumunda özel dikkat gösterilmelidir. Rüzgar basıncı önleme korumasının takılması gibi tedbirlerin alınması gerekmektedir. Ayrıca, geçici kaldırma kuvveti \geq iş parçası kütlesi ilişkisi yeterli olsa bile, bir derece marj sağlayan daha büyük bir boyut seçin. [3]



Şekil 15. Rüzgar etkisinin azaltılması için alınması gereken önlem

3.3.2 Yanal kuvvetler

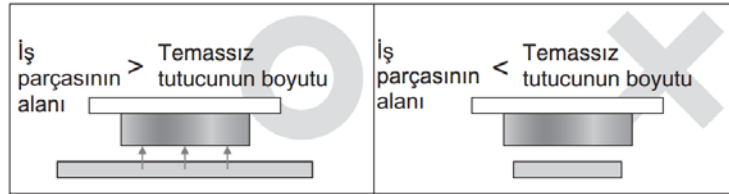
Temassız bir tutucu, iş parçasının yatay hareketini önleyen bir kısıtlama kuvveti üretmez. İş parçasının sonuna bir kılavuz takmak gerekir. (Bkz. Şekil 16.) [3]



Şekil 16. Yanal kuvvetlere karşı alınacak önlem

3.3.3 Temassız tutucunun ve iş parçasının boyutu

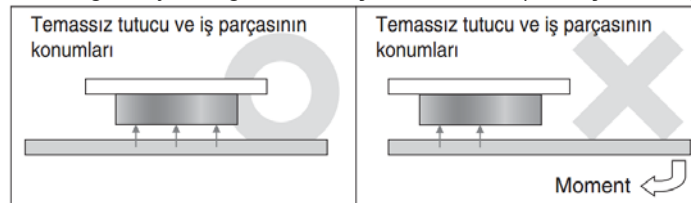
İş parçasınıninkinden daha az alana sahip temassız bir tutucu kullanın. Tutucunun alanı iş parçasınıninkinden daha büyükse, bir vakum bölgesi oluşmayacak, dolayısıyla bir kaldırma kuvveti üretilmeyecektir. (Bkz. Şekil 17.) [3]



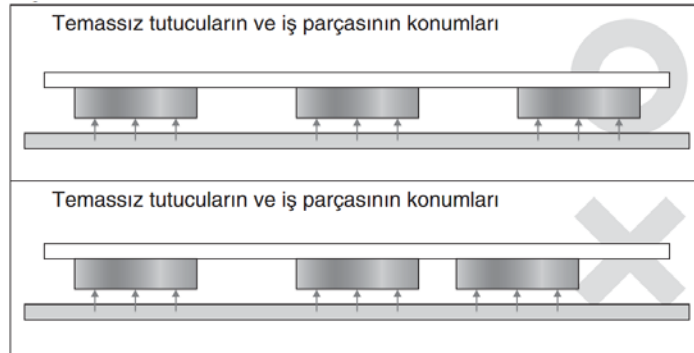
Şekil 17. Temassız tutucu ile tutulacak iş parçasının boyutlarının ilişkisi

3.3.4 İş parçasının dengesi

Temassız kavrayıcıyı, iş parçasından bir moment oluşturulmayacak bir konuma takın. (Bkz. Şekil 18.) Ayrıca, birden fazla temassız kavrayıcıya sahip geniş bir alana sahip düz bir plakayı kaldırırken, tutucuları iş parçası kütlelerine göre iyi dengelenecek şekilde takın. (Bkz. Şekil 19.) [3]



Şekil 18. Tutucunun iş parçası üzerinde konumlandırılması



Şekil 19. Adetli kullanılan tutucuların iş parçası üzerinde konumlandırılması



3.3.5 Montaj yönü

Tutucunun temel montaj yönü yataydır. Kavrayıcı eğik veya dikey olarak monte edilmişse, ayrıca bir kılavuz takmalı ve yeterli bir güvenlik faktörü (2 veya daha fazla) kullanılmalıdır. [3]

4. SONUÇ

Makinalaşma ve robotlaşmanın gün geçtikçe daha da arttığı günümüzde vakum otomasyonu da sürekli gelişmeye devam etmelidir. Maliyetlerin düşürülmesi, kalitenin artması, insan sağlığını korumak için her geçen gün üretimi otomatikleşmeye başlayan ürün çeşidi arttığından dolayı standart vakum ekipmanlarıyla taşınamayan ince ve narin ürünlerin de taşınması ihtiyacı doğmaktadır. İlerleyen teknoloji ve ihtiyaçlar doğrultusunda temassız tutucular hakkında yapılan akademik ve ticari çalışmalar her geçen gün artmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Utilizing Venturi Vacuum Generators Efficiently, Hank van Ormer, Air Power USA
- [2] SMC ZH-C Serisi Kataloğu
- [3] SMC XT661 Serisi Kataloğu

ÖZGEÇMİŞ

Cenan Pekdemir

1992 yılı İstanbul doğumludur. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü bitirmiştir. Ardından İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü MBA yüksek lisansını tamamlamıştır. Yaklaşık 4.5 yıldır SMC Türkiye'de Teknik Destek Mühendisi görevindedir.