



Bu bir MMO yayınıdır

PNÖMATİK TAŞIMADA SİSTEM BİLEŞENLERİNİN ÖNEMİ

H.Sevil ERGÜR¹
Yaşar PANCAR¹

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

PNÖMATİK TAŞIMADA SİSTEM BİLEŞENLERİNİN ÖNEMİ

H.Sevil ERGÜR¹, Yaşar PANCAR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Batı Meşelik-ESKİŞEHİR

¹hsergur@ogu.edu.tr Gsm Tel 0544983964

ÖZET

Pnömatik taşıma sistemleri genelde çok basit ve toz ve taneli malzemelerin taşınması için uygundur. Diğer mekanik taşıma sistemlerine göre, pnömatik sistemler daha az sorun oluştururlar. Sistem için sıkıştırılmış gaz (genelde hava), besleme ünitesi, taşıyıcı boru, siklon gereklidir. Hareketli parçalara temas olmaksızın malzeme nakli mümkündür. Taşımada yüksek, düşük veya negatif basınç kullanılabilir. Nem tutucu malzemeler için kuru hava, patlayıcı malzemeler için asal gaz önerilir. Pnömatik sistemler her geçen gün daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca, basınçlı havanın sahip olduğu bazı karakteristiklerinden dolayı, modern imalat sanayisinde aranılan sistemler haline gelmişlerdir. Teknik elemanların pnömatik sistemler, havalı el aletleri ve avadanlıklar hakkında yeterli bilgiye sahip olmaları yüksek performans için şarttır. Pnömatik sistemlerde optimal verimi devam ettirmek için basınçlı havanın üretim ve kullanım noktaları arasındaki basınç düşümü minimum olmalıdır. Pratikte taşıyıcı hava ve boru tesisatı ile ilgili sorunlarla karşılaşılabilir.

Anahtar Kelimeler: Pnömatik taşıma, basınçlı hava, star besleyici, filtreleme, vakum sistemleri.

ABSTRACT

Pneumatic conveying systems are suitable for powdered and granular materials. Comparing with the other mechanical systems, pneumatic systems are trouble free. In general, for conveying compressed gas (generally air), feeding units, pipelines and cyclons are necessary for pneumatic conveying and it is possible to convey without the contact to movable parts. High, low and negative pressure can be used for conveying. Dry air is advised for hygroscopic materials and inert gas is preferable for explosive materials in conveying. The usage of pneumatic conveying has an increasing importance. Pneumatic system designers must give more importance for the pressure drop which must be kept low for optimum efficiency between source and usage point. For high efficiency, designers must have sufficient knowledge about pneumatic systems, handtools and auxiliary equipments.

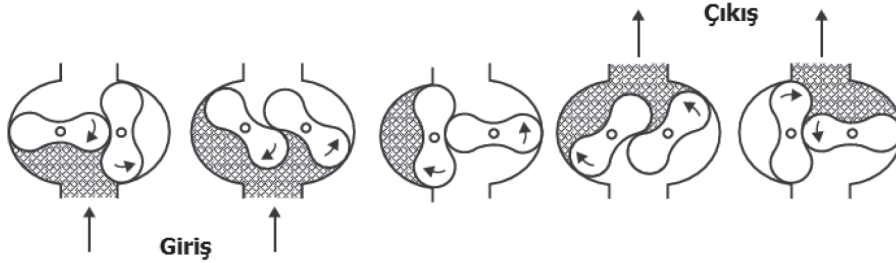
Key Words: Pneumatic conveying, compressed air, star feeder, filtration, vacuum systems.

GİRİŞ

Pnömatik taşımada malzemeler, boru aracılığıyla hava veya benzeri akışkan kullanılarak taşınabilir. Malzeme, hava ile istenilen noktaya taşındıktan sonra, hava atmosfere atılmadan önce, filtrasyon gerekir [1]. Pnömatik taşıma sistemleri, akış hızı genellikle 20–40 (m/s) olan vakumlu sistemler, düşük basınçlı sistemler (1.8 bar), orta basınçlı sistemler (4 bar), yüksek basınçlı sistemler (10 bar), negatif ve pozitif basınçlı sistemlerin birlikte kullanıldığı bileşik sistemlerden oluşmaktadır [2]. Enerji maliyetinin sürekli artışı endüstrinin her dalında olduğu gibi, basınçlı hava ile malzeme taşınmasında da maliyet düşürücü önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Bu aşamada, sorunların çözümü için pnömatik taşıma sistemindeki elemanların, yani sistem bileşenlerinin çok iyi bilinmesi gerekir. Sistemin özelliğine bağlı olarak, sistem tasarımı doğru yapılmış ve sorun oluşturabilecek noktalar tasarım aşamasında belirlenmiş ise, sistem sürekli ve düzenli biçimde çalışacaktır [3].

1. BLOVERLER

Düşük basınç ve büyük debilere de, malzeme taşınmasında kullanılan hava pompaları olarak bilinirler. Şekil 1'de roots tipi pozitif yerdeğiştirmeli bloverin çalışma prensibi gösterilmiştir. Diğer tip bloverler ise, düşük basınçlarda büyük debilerin aktarıldığı, genellikle fan blover veya turbo makine olarak adlandırılan rotorlu tiplerdir. Roots bloverinde iki benzer rotor (lob) aynı gövde içinde birbirlerine ters yönde dönerler (Şekil 1).



Şekil 1. Pozitif Yerdeğiştirmeli Blover [4]

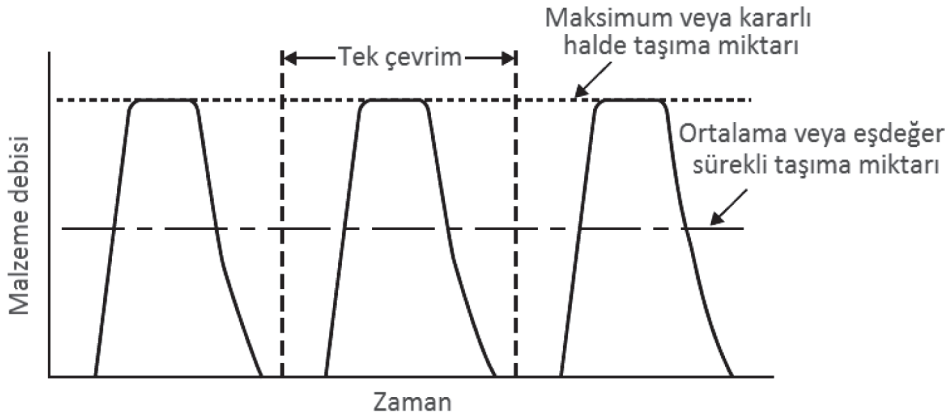
Eş rotorlar arasındaki aralık, bunlara kumanda eden dişli grubuyla sağlanabilir. Eliptik gövde içindeki elemanların yağlanması gerekmediği için, basılan hava yağdan arınmış haldedir. Yüksek hızlarda çalıştıklarından debi oldukça büyük, basınç ise düşüktür. Tek kademeli bloverler için 1 bar'ın altındadır. Dar toleranslarda işlenen rotatif lobların arasına giren toz ve malzeme, sistemin taşıma performansını düşürecektir. Blover veya bir başka hava hareketlendirici çıkışına yerleştirilen çek valf, malzeme geri dönüşünü, dolayısıyla boru hattının tıkanmasını önleyecektir.

Blover veya [3,4] bir başka pozitif deplasmanlı bir hava hareketlendirici tozlu ortamda çalıştırılacak ise, hava girişine mutlaka filtre monte edilmelidir. Filtrasyon ünitesi %100 güvenilir değilse, bir takviye filtresi kullanılmasında yarar olacaktır. Tıkanma tehlikesi ve ek direnç getireceğinden, filtrelerin belirli periyotlarda temizlenmesi ve/veya kontrol edilerek değiştirilmesi gerekir. Bu tür bir sistemde çok fazla ses üreten bloverlerin tesisten uzak veya bina dışına yerleştirilmesi önerilir. Tozlu ortamda

çalışan blowerin zamanla aşınmasına bağlı olarak, taşıma sistemindeki performansın etkileneceği bilinmelidir [5].

2. PNÖMATİK TAŞIMADA BLOW TANK KULLANIMININ ÖNEMİ

Pnömatik sistem elemanları içinde çalışması ve kontrolü en az bilinen Blow tank'dır. Malzeme debisi ve hava ihtiyacı dikkate alınarak, çalışma aralıkları belirlenebilir. (Şekil 2). Blow tank kullanımının en büyük özelliği hareketli elemanının olmayışıdır. Çünkü, aşındırıcı malzemenin taşınması için hareketli parça kullanılmaması ideal bir haldir.



Şekil 2. Dökme Malzeme Taşımada Debi ve Zaman İlişkisi [6]

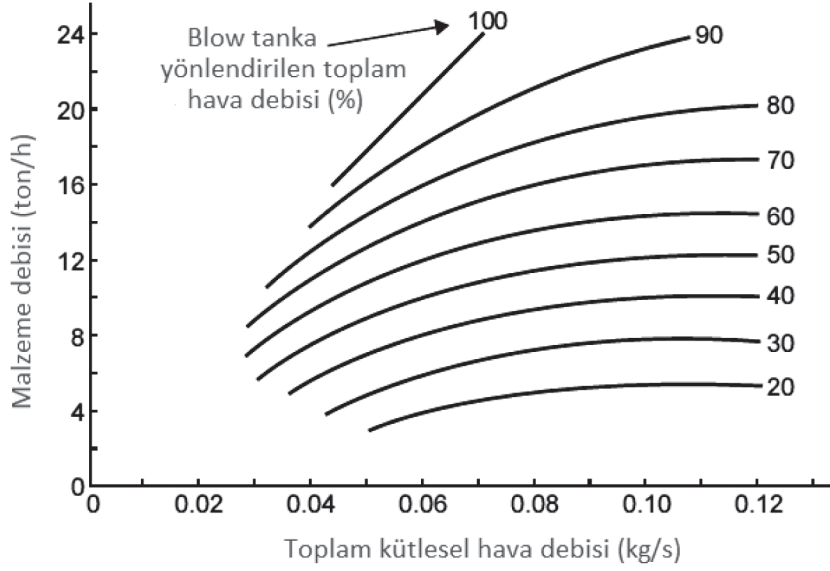
2.1. Debi Kontrolü

2.1.1 Debi Kontrolünün Taşıma Performansına Etkisi

Şekil 2.1'de gösterilen blow tank kontrol sisteminde, tank çıkış debisinin kontrolü hava debisiyle sağlanır. Tam sistem kontrolü için [7], blow tank karakteristiklerinin boru hattı taşıma karakteristikleri ile birlikte ele alınması gerekir. Şekilde gösterildiği üzere, blow tanka yönlendirilen toplam hava debisiyle birlikte artan malzeme debisi, toplam kütleli debideki artışı sağlamaktadır.

2.1.2. Debi Sınır Değerleri

Hava, blow tanka doğrudan gönderildiğinde, debinin üst sınır değerine ulaşmak mümkündür. Malzeme debisinin artması, boru hattındaki malzemenin asılı kalmasını zorlaştıracak için, volümetrik hava debisinin de artırılması gerekir. Bir başka çözüm ise, blow tank çıkışındaki boru çapının büyütülmesidir [5, 7]. Tank çıkışındaki boru çapı, taşıma hattındaki boru ile aynı değerde olamayabilir. Üstten boşaltmalı bir tankta düşük debide hava gönderilerek, malzeme debisi düşürülmek istendiğinde, tanka gelen malzeme akışı durabilir. Bunun sebebi, çıkış borusundaki hava hızının, malzeme toplama noktasındaki hızdan çok daha düşük olmasıdır. Düşük geçirgenliğe ve hava tutma özelliklerine sahip malzeme, taşıma hattında tıkanmaya yol açabilir. Böyle bir durumda, küçük çaplı çıkış borusu kullanılmalıdır [7, 8].



Şekil 2.1. Tipik Blow Tank Debi Karakteristikleri [8]

2.1.3 Taşıma Mesafesi ve Malzeme Değişiminin Önemi

Mevcut sistemde, taşıma mesafesi tasarlanan değerden daha büyük ise, blow tank içinde hava oranının değiştirilmesi gerekir. Aksi durumda, kısa hatlarda performans düşüklüğü, uzun hatlarda ise tıkanmalar görülecektir. Besleyici tipine bağlı olarak, uzun taşıma aralığı için besleyici debisinin kontrol altında tutulması gerekir. Özellikle, Şekil 2.2' de verilen malzemelerin blow tank yardımıyla taşınması durumunda da, sistemin otomatik kontrol performansını artırmak için aynı tavsiyeler geçerlidir [8,9].

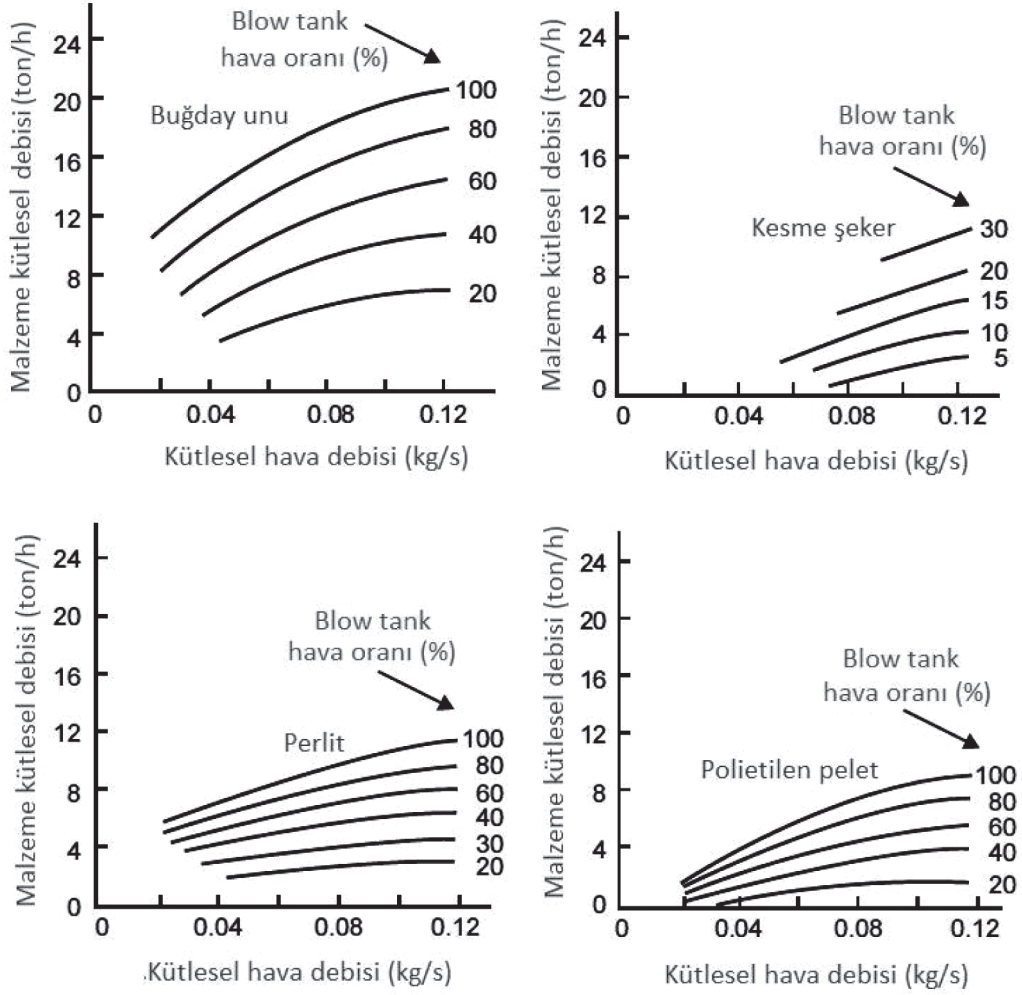
2.1.4. Boşaltma Vanasının Önemi

Taşınacak malzeme aşındırıcı ise, taşıma hattı aşınma etkisi altındadır. Şekil 2.3'te gösterildiği üzere, üstten boşaltmalı blow tanklarda tahliye valfinin kullanımı zorunlu değildir.

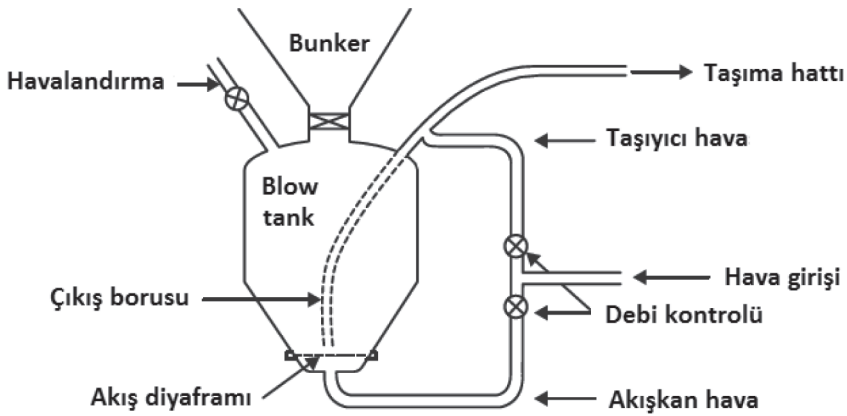
Ancak, kullanılması durumunda tankın hızlıca basınçlandırılmasını sağlayacaklarından, taşıma verimi ve taşınan malzeme debisi artacaktır. Alttan boşaltmalı tanklarda ise, boşaltma vanası mutlaka gerekir[9,10]. Ters durumda, malzemenin taşıma hattına taşması mümkündür. Taşma önleminde, taşıma hattının aşırı yüklenmesi de engellenmiş olur.

2.1.5. Taşıma Havaındaki Nemin Etkisi

Hava sıkıştırılınca su buharı taşıma kapasitesi düşer ve kuru hava doyma noktasına ulaşır. Basıncı artıran bu durum, yoğunlaşmayı hızlandırır. Böylece, nemli hava ile çöken su miktarı artar ve bu artış sıcaklık değişimi ile daha da belirginleşir. Bu sudan kurtulmak için, gerekli önlemler alınmazsa, mevcut su damlacıkları hava ile boru içine taşınacaktır. Blow tanktaki sudan etkilenen diyafram devre



Şekil 2.2. Blow Tank Yardımıyla Taşınan Farklı Malzemelerin Maksimum Debi Değerleri [9]

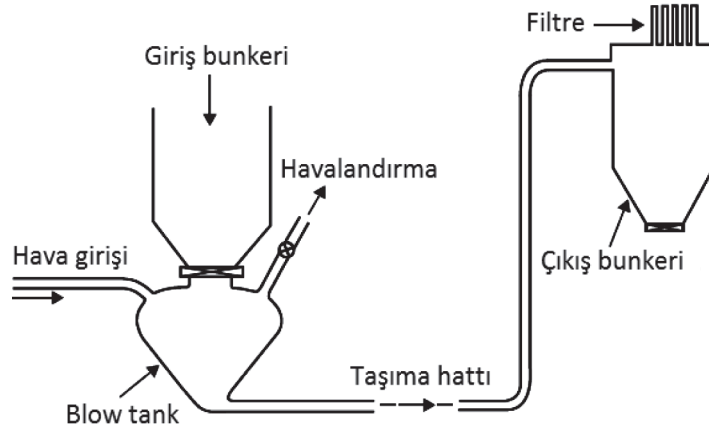


Şekil 2.3. Boşatma Vanası Olmayan Bir Blow Tank Ünitesi [10]

dışı kalabilir. Kesikli çalışma halinde, su taşıma hattında birikebilir ve ilk çalışmada [5, 10] blow tanka aktarılan su, çimento veya kül gibi malzemelerin taşınmasında büyük sorunlar yaratabilir. Nemin doğuracağı sorunlar, genelde havanın kurutulmasıyla çözülebilir. Malzeme nem çeken türden ise, kurutucu madde kullanılmalıdır. Nem veya yoğuşma kaçınılmaz ise, soğutucu akışkanlı kurutucu birçok uygulamada yeterli olacaktır.

2.2. Tekli Kör Tapanın Kullanıldığı Blow Tank Sistemleri

Bazı malzemelerin taşınmasında tercih edilen ve boru hattındaki ivmelenmeyi artıran malzemenin tapalanması Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



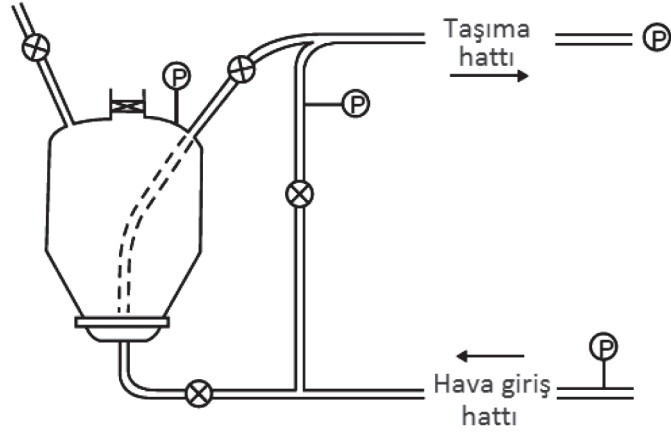
Şekil 2.4. Tekli Kör Tapanın Kullanıldığı Blow Tank Sistemleri [11]

Volümetrik havanın girişinde çek valf kullanılmıyor ise, malzeme için daha fazla hava ve dolayısıyla enerji harcanır. Volümetrik hava debisinin kontrolünde, jigleli akış nozulu veya orifis plakası kullanılmalıdır. Boru hattında her zaman belli değerde malzeme kalabilir. Bir sonraki taşıma öncesi, bu artığın atılması şarttır. Tapalanmış malzeme atıldığında, tesisattaki basınçlı hava aniden havalandırılacaktır. Böylece, ilave enerji kaybı oluşur. Havalandırma sırasında hava hızı yükseleceğinden, tortulaşmış malzemeyi de beraberinde götürerek, aşınmaya neden olur [11, 12]. Bu aşınma, taşınan malzeme abrasif olduğunda çok daha sık görülür.

2.3. Blow Tank Taşıma Performansının Gözlenmesi

Blow tanktaki taşıma performansının kolaylıkla gözlenmesi için basınç ölçerlerden yararlanılır. Bir blow tanktaki manometrelerin yerleşimlerine ait düzenleme Şekil 5'de gösterilmiştir.

Basınç ölçer, tamamlayıcı hava giriş hattına bağlanarak, basınç düşümü değeri belirlendikten sonra, blow tank sistemi, malzeme taşınmasında kullanılır. Blow tanktaki basınç ölçerin değeri, tanktaki basınç düşümünü vermektedir. Tankta akışkanlandırıcı diyafram varsa mevcut ölçerler ile diyaframın durumu da izlenebilir [13].



Şekil 2.5. Blow Tank Kullanımında Basınç Ölçerlerin Yerleşim Noktaları [13]

2.4. Basınç Düşümünün Taşıma Performansına etkisi

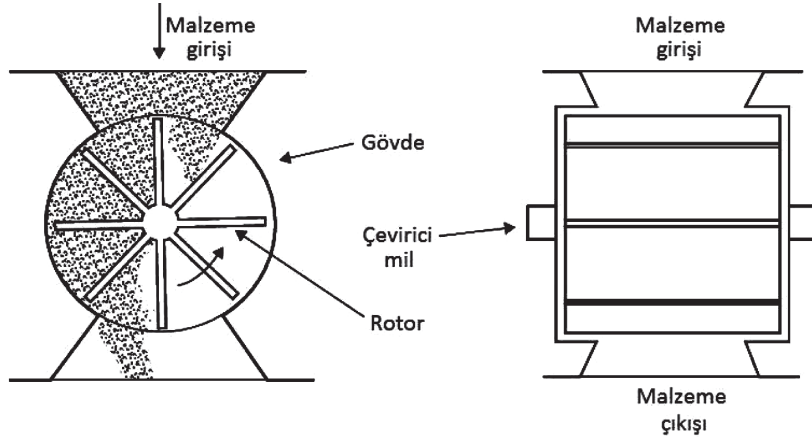
Akışkanlandırıcı diyafram ve boşaltma borusundaki direnç, ilave basınç düşümü yaratır. Besleyicide basınç düşümü artacak olursa, boru hattındaki basınç düşümü azalacağından taşıma kapasitesi de düşecektir. Basınç düşümünün bir kısmı malzeme boşaltılırken oluşur. Uzun boşaltma hattı gerektiğinde, sorunla karşılaşılabilir. Basınç düşümünü en aza indirmek için, hava kaynağının mümkün olduğunca blow tanka yakın tutulması gerekir. Ayrıca, uzun blow tanklarda boşaltma hattı yandan verilerek, boy kısaltılabilir [11–13].

2.5. Taneli Malzemelerin Taşıma Performansına Etkisi

Taneli malzemelerin blow tanktan boşaltılması sırasında sorunla karşılaşılabilir. Bu malzemeler için den hava kolayca geçeceğinden, malzeme çıkışında yetersiz direnç oluşur. Bu nedenle, alttan boşaltmalı blow tankların kullanımı, taneli malzemeler için daha uygundur. Taneli malzemelerde toz yüzdesi yüksek, geçirgenlik düşüktür. Bu malzemelerin, bilinen sistemlerle yoğun fazda taşınmaları, genelde mümkün değildir. Bu malzemelerin blow tanktan çıkması için düşük debi yeterlidir. Ayrıca, çıkış hattının yatay yönde uzun olması, hattın kolaylıkla boşalmamasına ve tıkanmasına neden olacaktır [5, 12].

3. YILDIZ BESLEYİCİLER

Boru hattı beslenmesinde, özellikle düşük basınçlı pnömatik sistemlerde en çok tercih edilen yıldız tipi besleyici, Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu besleyiciler değişik boyutlarda olup, taneli ve yapışkan malzemeler için farklı tiplerde imal edilirler.



Şekil 3. Yıldız (Star) Besleyici [8]

3.1. Yıldız Besleyicilerde Debi Kontrolü

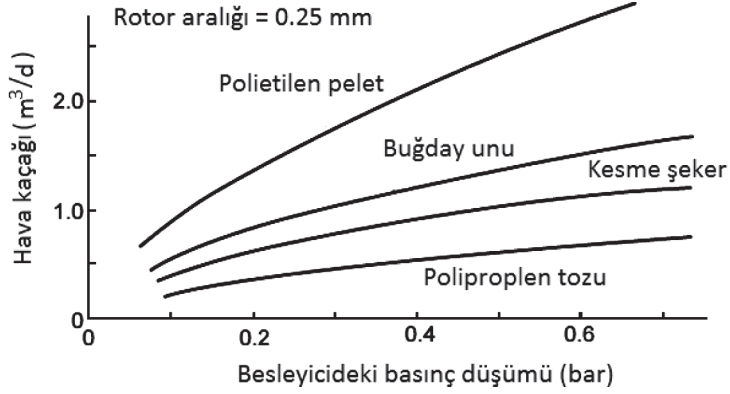
Taşıma borusunun doğru oranda beslenmesi şarttır. Besleyici kesiti düşük ise, boru hattından taşınan malzeme kapasitesi düşerken, kesitin çok büyük olması durumunda da hat tıkanması söz konusu olabilir. Debi kontrolü, rotor dönüş hızıyla sağlanır. Her besleyici için bir üst sınır debi değeri vardır. Dönüş hızı artıçça, cep doldurma verimi düşecektir. Blow tankta olduğu üzere, değişken devirli çevirici kullanılırsa debi değişme aralığı oldukça geniş olacaktır. Tek bir malzemenin belirlenen mesafede taşınmasında, kullanılan besleyici için hız kontrolüne gerek yoktur. Malzeme farklı mesafelere taşınacak ise, debi değişikliği gerekebilir. Farklı malzemelerin taşınması durumunda, boru hattı ve yıldız besleyicinin çalışma karakteristikleri farklı olacaktır. Volümetrik bir besleyici olan yıldız besleyiciler [8,9] malzeme yoğunluğundan etkilenirler.

3.2. Yıldız Besleyicilerde Hava Kaçağının Taşıma Performansına Etkisi

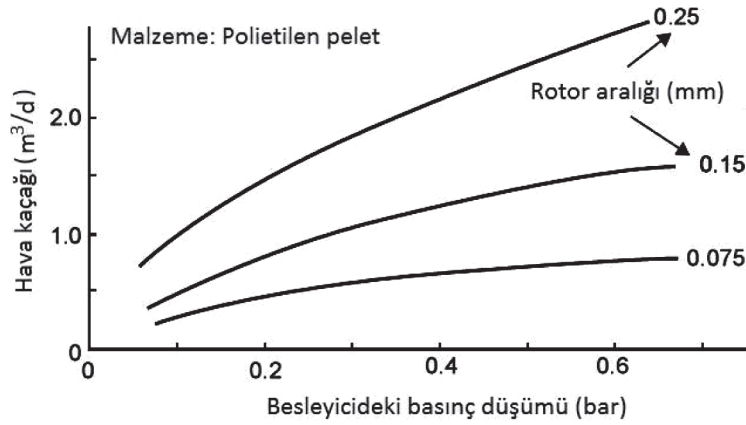
Yıldız besleyicideki hava kaçağı, rotor uç aralığına ve basınç düşümüne bağlıdır. Kaçak aynı zamanda, beslenen malzemenin türüne de bağlıdır. Yapışkan malzeme, aralık küçültmede başarılı olacağı için, kaçak miktarı düşecektir. Farklı malzemelerin, hava kaçağı ve basınç düşümü üzerindeki etkisi, Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere, basınç farkına bağlı olarak tane yapısı arttıkça basınç farkı artmakta, kaçak da büyümektedir [9,13].

3.3. Yıldız Besleyicilerde Havalandırmanın Önemi

Vanada olabilecek hava kaçağı ters yöndeki akışdan dolayı yıldız besleyiciye malzeme beslenmesini engelleyebilir. Ters akış, malzeme akışını durduracağı gibi, tam dolmayı da engelleyecek olan cepler oluşturacaktır. Bu hava aynı zamanda akışkanlanmaya neden olacak ve böylece dökme malzemenin yoğunluğunu düşürerek, debiyi de azaltacaktır. Böyle bir durumda, sorun havalandırma ile giderilebilir. Havalandırma sırasında, hava ceplerinden bir miktar malzeme kaçağı olabilir. Bu nedenle, havalandırma hattının temiz tutulması şarttır. Havalandırma, filtrasyonun daha kolay olduğu besleme

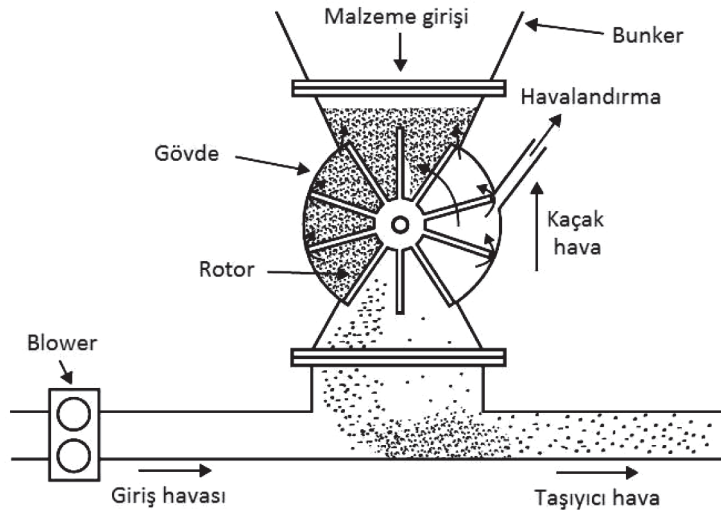


Şekil 3.1. Basınç Düşümü ve Malzemenin Yıldız Besleyicideki Hava Kaçağına etkisi [9]



Şekil 3.2. Basınç Düşümü ve Rotor Aralığının Yıldız Besleyicideki Hava Kaçağına Etkisi [9]

bunkerinin üzerinden yapılır. Küçük kapasiteli bir pnömatik taşıma sistemi gibi tasarlanmalı ve havalandırma hattının tıkanmasına kesinlikle izin verilmemelidir [6, 8, 13]. Yıldız besleyicideki havalandırma sistemi Şekil 3.3' de gösterilmiştir. Taşımada kullanılan hava debisi, girişteki hava debisinden, kaçak hava debisinin çıkartılmasıyla bulunur.



Şekil 3.3. Star Besleyicinin Havalandırma Sistemi [13]

3.4. Yıldız Besleyicilerde Meydana Gelen Tutukluğun Önemi

Taneli malzemeler, yıldız besleyicilerde tutukluğa neden olabilir. Sıcak malzeme taşınması durumunda, malzemelerin farklı ısı iletim katsayılarına sahip olması nedeniyle meydana gelen genişleme, tutukluğun sebebidir. Tutukluğun önlenmesi için, ilk harekette besleyicinin soğuk olmasına özen gösterilmelidir. Kanat uç aralığı, izolasyon ve yüzey ısıtma ile korunmalıdır. Kanat aralığının büyümesiyle kaçak artacağından tıkanma görülür. Yataklar, korumasız ve bakımsız ise toz girişi ciddi sorunlar yaratacaktır [13, 14]. Yataklardaki aşırı ısınma, kıvılcım ve sonuçta toz patlamasına neden olur.

3.5. Yıldız Besleyicilerde Aşınma

Aşındırıcı malzeme taşınmasında, yıldız besleyiciler genelde tercih edilmez. Kayar yüzeylerdeki aşınmadan farklı olarak, valfdeki kaçak nedeniyle ortaya çıkan yüksek akış hızı çok ciddi erozif aşınmaya neden olur. Aşınma rotor uçlarında aralığın büyümesine, dolayısıyla kaçak artışına sebep olur. Hava kaçağı, sistem debisinin düşmesine [15] ve sonuçta tıkanmaya yol açar.

4. Filtreleme İşlemi

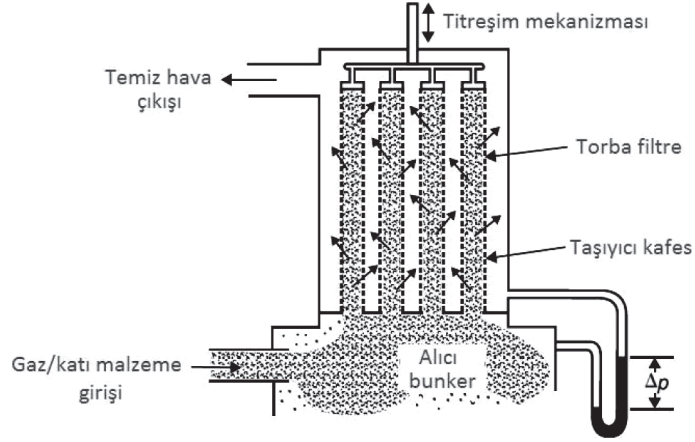
Filtreleme sistemlerinde, genellikle hatalı filtre seçimi ve partikül boyut dağılımından meydana gelen sorunlarla karşılaşmaktadır.

4.1. Filtre Malzemesindeki Parçalanmanın Önemi

Küçük taneli toza ait beklenmeyen yüksek debili uygulamalarda, filtre bezleri ve elekler hızlıca tıkanacak ve filtredeki basınç kaybı artacaktır. Kullanılacak sisteme uygun filtre seçimi için imalatçıya malzeme numunesi verilir [14, 16]. Ancak, uygulamada farklı malzeme için farklı filtre gerekebilir. Taşınan malzeme kırılabilir ve taşıyıcı hava hızı yüksek ise, taşıma hattı sonunda malzeme yapısı değişim gösterebilir.

4.2. Filtre Malzemesinin Bakım ve Onarımı

Bez kullanan filtreli pnömatik sistemlerde, ince taneli partiküllerin tutulduğu bez filtrenin titreşimle temizlenmesi oldukça zordur. Bu nedenle, belli periyotlarda değiştirilen torba filtreler tercih edilir [11,13]. Tesisattaki basınç kaybı kontrol edilerek, filtre performansı izlenebilir. Basınç kaybı, filtre ve taşıyıcı boru hattı ile ilgilidir. Boruda malzeme olmaması durumunda, basınç değişiminin filtreden kaynaklandığı anlaşılır. Basınç kaybının yüksek olması, filtrenin iyi temizlenmediğini gösterir. Ayrıca, filtrenin temizlendiğini daha iyi kontrol etmek amacıyla, alıcı bunkerine basınç ölçer yerleştirilir. Şekil 4.1'de mekanik titreşimli bir filtreleme ünitesi gösterilmiştir. Ters akımlı jet filtreler ile torba filtreler için havanın debisinin yeterli olduğu kontrol edilmeli ve titreşim düzeninin yeterli kapasitede ve doğru biçimde monte edildiğinden emin olunmalıdır. Bunu sağlamak için, bir temizlik zamanlayıcısından yararlanılabilir [13, 16].



Şekil 4.1. Titreşim Mekanizmalı Torba Filtre Ünitesi [11]

4.3. Filtre Boyutlarının Analizi

Filtre bezinin yüzey alanı, kullanılan volümetrik hava debisine bağlıdır. Lokal basınç ve sıcaklık şartlarında, hava debisinin bez alanına bölünmesiyle, alın hızı hesaplanır. Keçeli bezlerde ince taneliler için alın hızı 0.025 m/s iken, kaba taneli malzemelerde bu değer 0.050 m/s'ye kadar çıkmaktadır. Filtre, negatif basınçlı sistemlerde kullanılırken, volumetrik hava debisinin kontrolü çok daha önemlidir. Negatif basınçlı sistemlerdeki alın hızının, pozitif basınçlı sistemlerle eşdeğer olması için, filtredeki akış kesit alanının çok daha büyük olması gerekir [11–13]. Bu durum, yüksek kotlar ve sıcak malzemeler için de geçerlidir.

4.4. Filtreleme Sisteminde Şarj Çevrimlerinin Önemi

Blow tanklarda olduğu üzere, dökme malzeme taşıyan çevrimlerde hava debisindeki değişim zamanla doğru orantılı değildir. Çevrim sonunda, blow tankın boşalmasıyla, büyük hacimli basınçlı hava, blow tankta ve boru hattında depolanır. Bu havanın kompresör havasıyla birlikte kullanımı sırasında, filtrede çalışma şartlarını ağırlaştacağından, taşıma hattındaki filtre seçiminde bu durum dikkate alınmalıdır. Bu tip bir sorun, blow tankın taşıma hattından izole edilmesi ve tankın ayrı olarak boşaltılmasıyla çözülebilir. Ancak, tank üzerindeki malzeme alıcı bunkerine yerleştirilen filtre, kesikli yüksek debiye göre boyutlandırılmalıdır. Bundan farklı olarak, blow tank boşaldığında [11, 17], hareketlendiriciden ayrı tutulan basınçlı hava, taşıma hattındaki dalgalanmayı destekler.

5. VAKUM NOZULLARI

Açık depolama alanlarından, negatif basınçlı sistemle malzeme taşınmasını kolaylaştıran vakum nozulları Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Stok alanları veya gemilerin boşaltılmasında da bu nozullardan yararlanır. Ayrıca vakum nozulları, yıldız besleyiciler ve vidalı besleyicilere alternatif olarak, bunkerlerde de başarıyla kullanılabilirler.

SONUÇLAR

Günümüzde enerji tasarrufu büyük bir önem taşımaktadır. Enerjinin büyük bir kısmının ithal edildiği ülkemizde, pnömatik taşıma projelerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Enerji maliyetindeki sürekli artış, sanayinin tüm dallarında olduğu gibi, pnömatik taşıma sistemlerinde de maliyet azaltıcı önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır. Bu sistemlerde karşılaşılan sorunların kısa sürede çözümü için, çalışan sistem elemanlarına ait bileşenlerin çok iyi tanınması gerekir. Sistemin özelliğine bağlı olarak, sistem tasarımı doğru yapılmış ve sorun oluşturabilecek noktalar tasarım aşamasında belirlenirse, sistem sürekli ve düzenli çalışacaktır. Pnömatik taşıma sistemlerinde, ana elamanlar filtrasyon sistemleri, besleyiciler ve blow tanklardır. Bunların tasarımına ve kullanımına verilecek önem, sistem performansını büyük ölçüde etkileyecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Onley J.K., Firstbrook J., The practical application of pneumatic transport techniques to the raising of mineral from deep shafts. Proc. Pneumotransport 4. BHRA Conf., California, June 1978.
- [2] Firstbrook J., Operation and development of the pneumatic pipeline coal transportation system. Proc. Pneumotransport 5. BHRA Conf., London, April 1980.
- [3] Sheer T.J., Ramsden R., Butterworth M., The design of pipeline systems for transporting ice deep mines. Proc. 3rd Israeli Conf. for Conveying and Handling of Particulate Solids. pp 10.75–10.80. Dead SEa. May/June 2000.
- [4] Speltz K., Dehumidification in manufacturing—methods and applications Proc. 23rd Powder and Bulk Solids Conf. pp 83–93. Chicago. May 1998.
- [5] Mills D., Pneumatic Conveying Design, 2nd Ed., Elsevier 2004.
- [6] Mills D., Similarities and differences between conventional and innovatory systems for dense phase pneumatic conveying. Powder and Bulk Handling, Vol 3. pp 15–23 July–September 1999.
- [7] Geldart D., Types of gas fluidization. Powder Technology, Vol 7. pp 185–292, 1973.
- [8] Reed A. R., Mills D., The effect of rotary valve air leakage on the performance of pneumatic conveying systems. Proc. Pneumotransport 5. pp 197–207. BHRA Conf., London, April 1980.
- [9] Reed A. R., Mason J. S., The effect of suction nozzle design on the performance of vacuum pneumatic conveying systems. Journal of Powder and Bulk Solids Techniques. Vol 7, No 4. pp 9–14. 1983.
- [10] Jones M. G., Mills D., Mason J. S., A comparison of top and bottom discharge blow tank systems. Bulk Solids Handling, Vol 7, No 5. pp 701–706, October 1987.
- [11] Woodcock C. R., Mason J. s., Bulk Solids Handling—An Introduction to the Practice and Technology. Leonard Hill: Blackie & Son. 1987.
- [12] Hanrot J. P., Multi-point feeding of hoppers, mounted on aluminium smelter pots, by means of potential fluidization piping. Proc. 11th An Mtg, The Metallurgical Soc. of AIME. pp 103–109, New Orleans, March 1986.
- [13] Mills D., Agarwal V.K., Bharathi M.D., The pneumatic conveying of fly ash and cement at low velocity. Proc 24th Powder and Bulk Solids Conf. pp 147–163. Chicago. May 1999.

- [14] Agarwal V.K., Mills D., Mason J. S., A comparison of the erosive wear of steel and rubber bends in pneumatic conveying system pipelines. Proc. 6th ELSI Conf., Paper 60, Cambridge, September 1983.
- [15] Tilly G. P., Erosion caused by impact of solid particles. Treatise on Materials Science and Technology, Vol 13, pp 287–319, Academic Press Inc., 1979.
- [16] Tilly G. P., Erosion caused by airborne particles. Wear, Vol 14, pp 64–69, 1969.
- [17] Palmer K. N., Dust Explosions and Fires. Chapman and Hall, London, 1973.
- [18] Agarwal V. K., Kulkarni N., Mills D., Influence of expanded bends on wear and particle degradation in pneumatic conveying system pipelines. Proc. IMechE Conf. on Powder and Bulk Solids Handling, pp 307–317, London, June 2000.
- [19] Bradley M.S.A., Mills D., Approaches to dealing with the problem of energy losses due to bends. Proc. 13th Powder and Bulk Solids Conf. pp 705–715, Chicago, May 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Hayriye Sevil ERGÜR

Lise öğrenimini Eskişehir Tepebaşı Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1997 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden "Makine Mühendisi"; 2000 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden "Makine Yüksek Mühendisi"; 2007 yılında "Doktor"; 2011 yılında ise Yrd. Doç. Dr unvanlarını almıştır. İlgili alanları; Kompresörler, Hidrolik-Pnömatik Transport, Hidrolik Makineler, Hidrolik Makineler Tasarımı, Hidrolik ve Pnömatik Devreler ile Akışkanlar Mekaniğidir.

Yaşar PANCAR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde lisans ve yüksek lisans eğitiminde, Hidrolik Makineler, Hidrolik Devreler I-II, Pnömatik, Hidrolik Makine Tasarımı I-II ve Hidrolik Transport Derslerini yürütmektedir.