

VAROL, A.; ESEN, M.; VAROL, N.: Pnömatik Katı Taşınımında Aşınmanın Tespiti, 6. Denizli Malzeme Sempozyumu, 12-14 Nisan 1995, Bildiri Kitabı, S: 478-487, Denizli

PNÖMATİK KATI TAŞINIMINDA AŞINMANIN TESPİTİ

**Asaf VAROL
MehmetESEN
Nurhayat VAROL**

ÖZET

Katı taşımacılığında pnömatik sistemler son yıllarda sıkça kullanılmaktadır. Örneğin gıda endüstrisinin önemli sektörlerinden olan un ve irmik fabrikalarında buğday, un veya irmiğin bir silodan diğerine veya işlem görmek üzere başka bir üniteye taşınmasında pnömatik sistemlere rastlanabilmektedir

Pnömatik katı taşımacılığında, özellikle abrasiv ve erozyon aşınma mekanizmaları etkili olmaktadır. Bu aşınma mekanizmaları sistem elemanları üzerinde önemli hasarlara ve malzeme kaybına neden olabilmektedir.

Bu çalışmada pnömatik katı taşımacılığında oluşan problemler incelenmiş ve dizaynı yapılan bir mekanik deney seti üzerinde denenmiştir. Kum malzemesi pnömatik enjektör ile emilerek, metal saç bir kanal içerisinde hareket ettirilmiştir. Kanal iç cidarı farklı renklerdeki plastik boyalarla boyanmış ve yüzeyde meydana gelen aşınma zamana bağlı olarak manyetik endüksiyon prensibi ile çalışan bir cihaz ile ölçülmüş ve sonuçta deneysel verilere dayanan bazı önemli öneriler sunulmuştur.

ABSTRACT

Pneumatic transportation systems are largely used at carrying the solid materials. For example at flour and semolina factories which are important parts of food industries, wheat, flour and semolina are transported from one silo to one another.

Especially abrasive and erosion wear are effectual in pneumatic carrying methods. These wear mechanisms cause important damages and material losses at system elements.

In this study, the problem occurred by pneumatic transportation of the solid materials were investigated and a test rig was designed and mounted in order to examine the test results. The material of sand was lifted with a pneumatic injector and moved in a metal constructed channel. The inside walls of the channel were painted with the different color layers and the abrasive wear of surfaces were measured with a magnetic inductive instrument at different time periods and finally the experimental results are evaluated and some important proposals are given.

1. GİRİŞ

Maden cevherleri, kum vs. gibi katı maddeler genellikle demiryolu, karayolu, bantlar, teleferik, nehir ve deniz yolu ile bir yerden diğer bir yere taşınmaktadır. Bazen bu tür taşıma pahalı olmasına karşın kullanılması kaçınılmazdır. Ancak günümüzde katı madde taşımacılığı için hidrolik ve pnömatik taşıma yöntemlerinin kullanımı günden güne yaygınlaşmaktadır. Cevherin taşınma sisteminin seçiminde farklı taşıma yollarının ekonomik açıdan incelenmesi gerekir.

Boru hattı taşımacılığı denilince, içinde basınçlı ve taşıyıcı akışkan bulunan bir boruya katı madde verilerek, katı maddenin bir yerden diğer bir yere sürekli olarak taşınması anlaşılır. Taşıyıcı madde olarak gaz kullanılırsa, bu taşıma türüne "*Pnömatik Taşıma*" denir.

Pnömatik taşıma sisteminin Türkiye'de en yaygın kullanıldığı sahaların başında un ve irmik fabrikaları gelmektedir. Bu sistemlerde un veya irmiğin düşey, yatay veya horizontal taşınımları söz konusudur [1].

Pnömatik taşınımın yaygınlaşmasının nedenleri şöyle sıralanabilir:

-Bir boru hattında ilk yatırım, toplam yatırımın %70-80'i civarındadır. Bu yüzden işletme ve bakım giderleri toplam yatırımın içerisinde az bir pay almakta ve sistem ülkedeki parasal değişimlerden bağımsız kalmaktadır.

-Demiryolu hattı döşenmesine göre, boru hattı döşenmesi daha ucuz ve bakım masrafları azdır.

-İklim koşullarından bağımsızdır. Pnömatik olarak sürekli taşınımın sağlanabilmesi ve sistemdeki bozukluklarla ilgili olarak bakım işlerinin kısa sürede ve bazı durumlarda kesintisiz yapılabilmesi nedenleriyle işletme verimliliği çok yüksektir.

-Otomatik işletme ve kontrol sistemleri ile çalışan bir pnömatik taşıma tesisinde gerekli yetenekli personel sayısı azdır.

2. PNÖMATİK TAŞIMA TEKNİĞİ

Borularda katı madde taşınım sistemlerinde; özellikle taşıyıcı akışkan, katı madde tane çapı, işletme hızı ve yük kayıpları çok iyi belirlenmelidir. Gerek işletme emniyeti gerekse ekonomik açıdan en uygun akım hızının saptanması gerekmektedir. Boru tabanında katı maddenin çökmeden sürekli taşınmasını sağlayacak, aynı zamanda sistem elemanlarını ve enerji maliyetini minimum düzeyde tutacak olan *kritik hız* belirlenmelidir. İşletme hızı, kritik hızdan %10-30 daha büyük seçilmelidir. Kritik hız birçok parametreye bağlı olduğundan, güvenilir bir kritik hız bağıntısı vermek oldukça güçtür.

Güvenilir bir şekilde kritik hızı belirlemek amacıyla yapılacak deneysel çalışmada iki yol izlenir. Birincisi boru hattının belli bir yerindeki şeffaf boru kesiminde çökmenin başladığı ana karşı gelen hızı, kritik hız olarak almaktır. İkincisi ise farklı hızlarda boruda meydana gelen yük kaybını belirleyerek, yük kaybını minimum yapan akım hızını kritik hız olarak kabul etmektir. İkinci yöntem diğerine göre daha güvenli olmakla beraber, birinci yöntem pratik olması bakımından yaygın olarak kullanılmaktadır.

Boru taşımacılığında taşıma elemanları ile taşınan katı madde tanelerinde oluşan aşınma miktarı önemlidir. Bu nedenle aşınmanın olduğu yerler ve aşınma miktarını tespit için bir takım deney ve testler uygulanmalıdır.

Katı madde taşınmasındaki aşınma, taşınan katı taneciklerin boruların ve diğer elemanların iç çeperlerine çarpmaları ve oradan malzeme parçalarını koparmaları ile ortaya çıkar. Aşınma olayını etkileyen faktörler arasında aşınan ana malzeme (boru malzemesi), aşındırıcı karşı malzeme (taşınan katı madde) ve ara taşıyıcı akışkan (hava) önemli rol oynar. Genellikle bu üç ana faktöre bağlı kalan aşınma mekanizmalarına *tribolojik sistem* adı verilir. Akış durumunun en önemli parametreleri akış hızı, katı maddenin tane iriliği, katı madde konsantrasyonu ve boru çapıdır.

Bu çalışmadaki amaç, pnömatik katı madde taşımacılığında, taşıma esnasında katı maddenin borularda ve diğer sistem elemanlarında yaptığı aşınma tahribatının araştırılmasıdır. Bu amaçla pnömatik bir enjektör yardımı ile emilen kum kare kesitli bir kanal içerisine püskürtülmüştür. Kanal iç cidarları aynı kalınlıklara sahip farklı renklerde boyanmış ve zamana bağlı olarak meydana gelen aşınma manyetik endüksiyon yöntemiyle çalışan bir cihaz ile ölçülmüştür. Boya aşındırma prensibine dayanan bu ölçme yöntemiyle taşıma elemanlarının hangi noktalarında daha çok aşınma olduğu ve bu aşınmaların sayısal olarak hangi değerlerde kaldığı tespit edilmektedir. Ayrıca aşınmayı etkileyen ana faktörlerle, aşınma oranı arasında ne gibi ilişki olduğu verilmektedir.

3. AŞINMA PROBLEMİ

Temasta olan ve birbirlerine göre izafi hareket yapan yüzeyler arasında, daima harekete ters yönde bir direnç mevcuttur ve bunun sonucu olarak aşınma meydana gelir. Sürtünme ile çalışan fren ve kavrama gibi sistemler hariç olmak üzere genelde sürtünmenin ve aşınmanın azaltılması gerekir. Sürtünme sebebiyle oluşan enerji kayıpları ile aşınan parçaların bakımı ve yenilenmesi için harcanan paranın toplamı büyük rakamlara ulaşmaktadır. Sanayide otomasyonun her gün biraz daha yaygınlaşması, aşınma problemini de artırmaktadır.

Aşınma ile ilgili olarak birçok tanım yapılmıştır. Bunlardan birkaçı aşağıdaki gibidir.

"Birbirlerine göre hareket halinde olan yüzeylerden birinde veya ikisinde ortaya çıkan malzeme kaybıdır".

"Katı cisimlerin yüzeylerinden, tribolojik tesirlerle sürekli malzeme kaybıdır [2]".

"Malzeme yüzeylerinin, daha çok mekanik zorlamalar sebebiyle, bazı hallerde kimyasal tesirlerle küçük parçacıkların ayrılması sonucu değişmesidir [3]".

DİN 50320 (1970)'e göre ise; "Aşınma, teknik anlamda cisimlerin yüzeylerinde, mekanik bir sebep veya mekanik bir enerji verilmesi sonucu ufak parçacıkların kopup ayrılması ile istenmeyen bir değişikliğin meydana gelmesidir [4]".

4. AŞINMA MEKANİZMALARI

Yüzeyde malzeme kaybına yol açan mekanizmalar bir bakıma aşınma türünü gösterirler. Birçok durumlarda bu mekanizmalardan birkaçı aynı anda bulunabilirler. Aşınma mekanizmaları, adhesiv, abrasiv, tabaka, yorulma ve ablativ aşınma olarak adlandırılır [5]. Çeşitli şekillerdeki enerji iletimi veya aşınma olayını etkileyen büyüklüklerin değişik kombinasyonlarına göre aşınma şekilleri sınıflandırılabilir. Yani aşınma çifti arasındaki hareket, aşınma cinsini belirler. Aşınma olayı sırasında bunların büyüklüğü, yönü, süresi, hızı ile yüzeydeki sıcaklık değişimi saptanır. Yük; statik, dinamik veya darbeli olabilir veya bir kaç aşınma çeşidi aynı anda meydana gelebilir. Aşınma şekilleri ise kayma, yuvarlanma, çarpma, püskürtme, erozyon, korrozif, yuvarlanma ve kavitasyon aşınması olarak sınıflandırılabilir.

5. AŞINMA MİKTARININ ÖLÇÜLMESİ

Aşınma miktarını ölçmek için geliştirilen çeşitli yöntemler vardır. Yöntem seçimi, sürtünme çiftlerinin malzeme özelliklerine ve tribolojik sistemin yapısına bağlı olarak yapılmalıdır. Aşınma ölçme yöntemlerini ağırlık tartma, kalınlık ölçme veya aktivite değişimi şeklinde yapılabilir. Ağırlık tartma yönteminde deney öncesi ve sonrası

ağırlık değerlerindeki değişim esas alınır. Kalınlık ölçme yönteminde, aşınma elemanında deney sonunda meydana gelen boyut değişikliğinin ölçülmesi esastır. Aktivite değişimi yöntemi ise, sürtünme yüzeyinin radyoaktif hale getirilmesidir. Aşınma sonucu radyoizotopların yüzey bölgesinden ayrılmasıyla ortaya çıkacak aktivite değişimi ölçülür.

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

6.1. Borularda Pnömatik Katı Madde Taşımacılığı

Pnömatik katı taşımacılığında genellikle taşıyıcı gaz olarak hava kullanılır. Çünkü, hava atmosferden bol miktarda kolay ve çok ucuz temin edilebilmektedir. Yaklaşık 50 mm tane iriliğine kadar katı madde taşınması gerçekleştirilebilir. Pnömatik taşımada elektrokimyasal aşınma mekanizmaları daha az etkili olmaktadır. Ancak pnömatik taşınmada, malzeme kaybı daha fazla olabilir. Pnömatik taşıma yöntemi un, irmik, kum, tahıl, kül ve katı sanayi artıklarının taşınmasında sıkça kullanılmaktadır. Diğer bir pnömatik taşıma yöntemi olan pnömo-kapsül taşınım yöntemiyle posta kolileri, endüstri hammadesi veya mamul maddeler taşınabilmektedir.

6.2. Pnömatik Taşınmada Aşınma Problemi ve Ölçülmesi

Pnömatik taşınmada katı maddenin uzak mesafelere taşınımında, daha yüksek taşıma hızları (8-25 m/s) gerekmektedir [6]. Dolayısıyla katı maddenin çökmeden taşınabilmesi için gerekli büyük işletme hızları aşınma oranını arttırır. Taşıma elemanlarının iç çeperlerine çarpan katı maddeler (örneğin kum taneleri) kazıyıcı etki yaparak önemli aşınmalara neden olmaktadır. Burada etkili olan aşınma mekanizması, püskürtme aşınmasıdır. Aşınmanın ölçülmesi için güvenilir ve sık kullanılan yöntem, model deney setleri kurarak deneysel çalışmaktır. Bu çalışmada da pnömatik taşımadaki aşınmaları tespit amacıyla bir model deney seti kurulmuştur (**Şekil 1**).

^1

NIIRgIIIII İKİ. kıpnk

r

Kum mIIIİ'-s

w

VAROL, A.; ESEN, M.; VAROL, N.: Pnömatik Katı Taşınımında Aşınmanın Tespiti, 6. Denizli Malzeme Sempozyumu, 12-14 Nisan 1995, Bildiri Kitabı, S: 478-487, Denizli

Kumun itflpüüü jU

H.-T.:

Şekil 1: Deney Setinin Şematik Çizimi

Bu deney seti üzerinde kanal boyunca 4'er cm aralıklarla enine ortalama aşınma değerleri ölçülüp tespit edilmiş ve değerler diyagramlara geçirilmiştir. Ayrıca belirli deney sürelerine bağlı olarak, kanal iç yüzeylerindeki aşınmalar kanal boyunca, manyetik endüksiyon ölçme cihazı ile ölçülmüştür.

6.3. Deney Setinin Özellikleri

Deney seti pnömatik kum taşınımını sağlayan 95 cm boyunda kare kesitli (15x15 cm) bir kanal ve dirseğinden oluşmaktadır. Kum kanalına emip sonra püskürtebilmek için kompresör kullanılmıştır. Kumun kanala emilmesini sağlamak için pnömatik bir enjektör imal edilmiştir. Taşıyıcı eleman olarak boru yerine kare kesitli bir kanal kullanmasının sebebi, aşınmaları ölçmede kullanılacak olan cihazın ölçme yapan ucunun (prob), boru gibi dairesel geometriye sahip kıvrımlar üzerinde ölçüm alamayışdır.

Deney serilerinden sonra kanal iç yüzeylerindeki aşınmaların cihazla tespit edilebilmesi için taşıma kanalının üstü açılıp kapatılabilecek biçimde sürgülü yapılmıştır.

Pnömatik katı madde (kum) taşınması esnasında oluşan aşınmaların tespiti için kurulan bu deney setinde, direkt taşıyıcı elemanlardaki gerçek malzeme aşınmalarını belirleme yerine, taşıma kanalının iç yüzeylerine boya atılarak, bu boyanın aşınma miktarı ölçülmüştür.

Ölçümler için kullanılan cihaz, ferromanyetik malzemeler üzerinde manyetik olmayan her türlü kaplama (bakır, çinko, kadmiyum, krom, fosfat, plastik, boya, emaye vs.) kalınlığını ölçebilmektedir. Bu ölçme cihazı manyetik endüksiyon prensibi ile çalışmaktadır. Ölçme aralığı 0-20 mm'dir.

Deneylerde kullanılan kum meş eleğinden geçirilmiş olup tane iriliği 1,2 mm'dir.

Basınçlı havayı temin etmek için 100 kPa basınca sahip bir hava kompresörü kullanılmıştır. Deneyler 80-100 kPa basınç değerleri arasında yapılmış olup, kanal içindeki hava akış hızı 20 m/s olarak tutulmuştur. Hava hızındaki değişmelerde maksimum %10'luk değişmelere müsaade edilmiştir.

6.4. Deneylerin Yapılışı ve Deney Sonuçları

6.4.1. Aşınmanın Zamanla Değişiminin Tespiti

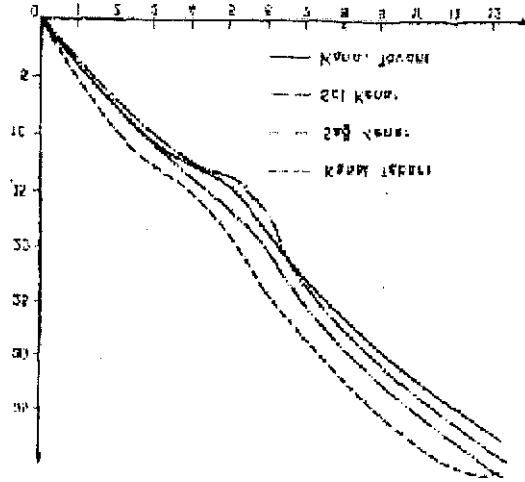
Deney serilerinin yapılmasının amacı, çalışma sürelerine bağlı olarak kanal iç yüzeylerinde ve dirseklerde ne miktar aşınmanın meydana geldiğinin ölçülmesidir. Bu amaçla yukarıda tanıtılan deney setinde, deneylere geçmeden önce kanal taban ve üst kapağı ile kanal kenarlarının iç yüzeylerine üst üste 5 değişik renkte ve eşit kalınlıkta (25'er mikron) boya tabakaları atılmıştır. Her seferinde atılan değişik renklerdeki boyaların kalınlığı cihazla ölçülmüş ve 25 mikron civarında olduğu saptanmıştır. Üst üste eşit kalınlıkta atılan boyaların renkleri alttan üste doğru yeşil, siyah, kurşuni, mavi ve kahverengidir. Kanalın dört cidarında aynı işlemler yapılmıştır.

Kanal iç yüzeylerine değişik renk boyaların atılmasındaki amaç, belirli deney aralıklarında üst kapağı açıp yüzeylerdeki değişik yersel aşınmaların çıkan renklere göre gözlemlenmesidir. Vakumla çekilen kumun kütlesi 2 kg/dak olarak tespit edilmiştir.

6.4.2. Ölçüm Değerlerinin Alınması

Birer saatlik deney sürelerinden sonra ölçme cihazı ile boya kalınlıkları tespit edilmiştir. Boya kalınlıkları ölçülürken şöyle bir yol izlenmiştir. Önce kanalın her yüzeyinde, enine kanal kesiti boyunca yedi noktada olmak üzere, her 2'er cm aralıktaki aşınma sonrası boya kalınlıkları, cihazla tespit edilmiştir. Bu aşınma değerleri toplanıp ölçüm sayısına bölünerek bir kesitteki ortalama aşınma değerleri tespit edilmiştir. Bu işleme kanal uzunluğu boyunca her 4 cm aralıklarla yeni kesitler üzerinde yine 7 noktada olmak üzere değerler alınıp ortalamaları bulunmak suretiyle devam edilmiştir. Böylece kanal boyunca toplam 23 tane enine kesitin ortalama aşınma değerleri bulunmuş ve değerler toplanıp kesit sayısına bölünerek bir enine kanal kesitindeki ortalama tek aşınma değeri tespit edilmiştir. Bu değer 1'er saat aralıklı deney sürelerinde kanalın her yüzeyi için hesaplanmıştır. Toplam 12 saatlik çalışma süresinde her 1 saatlik aralıklarla yukarıda açıklandığı gibi tespit edilen aşınma değerleri, kanal yüzeyleri için ayrı ayrı zamana bağlı olarak **Şekil 2'de verilmiştir.**

VAROL, A.; ESEN, M.; VAROL, N.: Pnömatik Katı Taşınımında Aşınmanın Tespiti, 6. Denizli Malzeme Sempozyumu, 12-14 Nisan 1995, Bildiri Kitabı, S: 478-487, Denizli



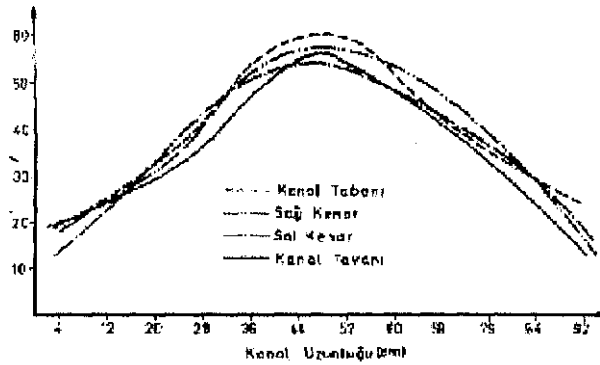
0

Şekil 2: Kanal İç Cidarlarında Aşınmanın Zamana Bağlı Değişimi

Şekil 2'den de görüldüğü gibi 4 saatlik deney süresine tekabül eden bölgede aşınmada bir duraklamanın meydana geldiği veya çok az artış olduğu görülmektedir. Beşinci-altıncı saatten sonraki ortalama aşınmanın tekrar artış gösterdiği fark edilmektedir. 4. saatteki bu duraklamanın nedeni, aşınmayı oluşturan deney kumunun keskin kenarlarının ovalleşmesidir. Çünkü kanal içerisine püskürtülen kum tekrar devridaim ile kanala emilmiştir. Bu nedenle her dört saatte bir deney kumu değiştirilip taze kum verilmiştir.

6.4.3. Aşınmaların Kanal Yüzeylerinde Noktasal Değişimi

Kanal yüzeylerindeki aşınmaların konuma bağlı olarak tespiti, toplam 12 saatlik deney süresi tamamlandıktan sonra yine enine 23 kesitte ortalama aşınmalar ölçülerek yapılmıştır. Yukarıda açıklandığı gibi enine kesitlerin ortalama değerleri her 4 cm aralıklarla kanal boyunca tespit edildikten sonra, kanalın dört yüzeyi için Şekil 3'de verilmiştir.



0

"**ekil 3**: Kanal Uzunluđuna Bağlı Olarak Aşınmanın Değişimi

6.5. Deney Sonuçları

Aşınmanın zamanla değişimini gösteren diyagramlardan da görüleceği gibi ("**ekil 2**), 4 saatlik deney süresi civarında aşınmanın yavaşladığı görülmüştür. Bu durum kullanılan kumun devamlı devridaim yaptırılmasından dolayı tane keskinliğinin giderek azalmış olacağı şeklinde yorumlanabilir. Kullanılan kumun 5 saatten sonra değiştirilmesi ile aşınma miktarı zamana bağlı olarak yine artmıştır. Kumun tane keskinliği 4 saatlik çalışma sonrasında azaldığından, 5. saatten sonra 4 saatlik bir çalışma süresi sonunda yani 9. saatten sonra kum yeniden değiştirilmiştir.

Şekil 2'ye bakıldığında kanal tabanındaki aşınma değerlerinin diğer yüzeylerdeki aşınmalara oranla daha yüksek olduğu görülür. Kanal tabanında aşınmanın yüksek olmasının nedeni, her 20 dakikada bir kum emişinin azalmasından dolayı kompresörün durdurulması esnasında kum tanelerinin kanal tabanına çökmesi ve tekrar çalışmaya geçildiğinde tabanda biriken bu kumların sürüklenmesi (erozyonu) ile aşınmanın daha da artması şeklinde açıklanabilir. Ayrıca yerçekimi etkisiyle alt yüzeye çarpan kum miktarının da diğer yüzeylere çarpan miktardan fazla olacağı açıktır.

Aşınmaların kanal boyunun orta kısımlarında daha yüksek olduğu **şekil 3**'ten görülmektedir. Bu durum ise kumu püskürtme açısı ile açıklanabilir. Kum çekiş borusu çapının küçük olması ve hava akış hızının homojen bir dağılım sağlayacak şekilde tam ayarlanamaması, bu durumu etkilediği tahmin edilmektedir. Örneğin kanal dirseğine kum taneleri doğrudan çarptığından, dirsekte boya tabakaları tamamen kalkmıştır.

7. BULGULAR

Pnömatik katı madde taşınmasındaki aşınmaların incelenmesi amacıyla yapılan deneysel çalışmalar sonucunda şu bulgular tespit edilmiştir.

- Sistemi besleyen kompresörlerin basıncı, katı maddenin çökmesine meydan vermeyecek seviyede olmalıdır. Bu sağlanmadığı takdirde özellikle yatay taşımacılıkta tabanda katı madde birikebildiğinden, bu katı madde borunun tıkanmasına neden olabilmektedir. Tabanda katı madde birikimi, o noktalarda erozyon aşınmasını artırabilmektedir.

- Deney sonuçlarında da belirtildiği gibi 90° lik dirsekte yaklaşık 1 saat içerisinde 125 mikron kalınlığındaki boyanın tümünden kalktığı saptanmıştır. O halde sistemler kurulurken mümkün olduğunca 90°lik dirseklerden kaçınılmalıdır. İdeal dirsek açısının, yatay eksenle 40° yi aşmaması tavsiye edilir.

-Pnömatik taşımacılıkta taşınmanın yapılacağı uzaklık önemli bir husustur.

VAROL, A.; ESEN, M.; VAROL, N.: Pnömatik Katı Taşımında Aşınmanın Tespiti, 6. Denizli Malzeme Sempozyumu, 12-14 Nisan 1995, Bildiri Kitabı, S: 478-487, Denizli

Örneğin hidrolik taşımacılıkta dünyada 450 km mesafeye taşımacılık yapılabilirken, pnömatik taşımacılıkta bu mesafe 3 [km.de](#) bir kompresör istasyonları kurulacak şekilde yapılmaktadır. Çünkü hava genleşebilen özelliklere sahiptir. Basınç çok yükseldiğinde ses üstü hızlara erişildiğinden sistemde titreşimlere ve ara basınç patlamalarına neden olabilecektir.

-Cıvardaki sürtünmelerin asgariye indirilmesi amacıyla sistemde kullanılan taşıma borularının mümkün olduğunca düşey yerleştirilmesi gerekir.

-Aşınmayı azaltmak için boru sistemleri içerisine seramik malzeme kullanılması düşünülebilir.

8. KAYNAKÇA

[1] VAROL, A.: İrmik Fabrikalarında Hedeflenen Üretim

Kapasitelerinin Sağlanmasıdaki Problemler, Orta Anadolu Sanayi ve Problemleri Sempozyumu, 21-22 Mart 1988, Konya

[2] GÜRLEYİK, M.,Y.; Makina Mühendisliğinde Aşınma Olayları, K.T.Ü., Trabzon, 1987

[3] YURDERİ, F.; Aşınmaya Dayanıklı Malzemelerin Aşınma Özelliklerine Metalurjik ve Diğer Faktörlerin Etkileri, İ.T.Ü., İstanbul, 1982

[4] GEDİKTAŞ, M.; Sürtünme ve Aşınma, İ.T.Ü., Cilt 28, Yıl 28, Sayı 3, S.21,26, (1970)

[5] ESEN, M.:(Danışmanı: VAROL, A.): Pnömatik Katı Taşınımında Aşınmanın Boya Yöntemiyle Saptanması, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 1989

[6] EŞİYOK, G.: Borularda Katı Maddenin Hidrolik Taşınımı ve Kritik Hızın Deneysel Olarak Belirlenmesi, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1986