

# LASTİK BANTLI İLETİCİLERİN HESAP ŞEKLİ VE GÜNÜMÜZDEKİ DURUMU.

Mustafa DEMİRSOY(\*)

## ÖZET

*Lastik bantlı ileticiler verimi artırarak maliyeti düşürdüklerinden bugün madencilik sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanılmıştır.*

*Bu tebliğ ile lastik bantlı iletim tesislerinin hesap şekilleri, son zamanlarda kullanılmaya başlanılan lineer tahrik sistemi, bant gerdirme sistemleri ve bantların ivme kontrolü hakkında bilgi vermeye çalışılmıştır.*

## ABSTRACT

*As the conveyors decrease the cost and increase output, today it is widely used in the mining technology.*

*In this paper, the calculation methods of conveyor installations the linear drive system used during the last years, conveyor tightening systems and the control of acceleration of conveyors have been reviewed in detail.*

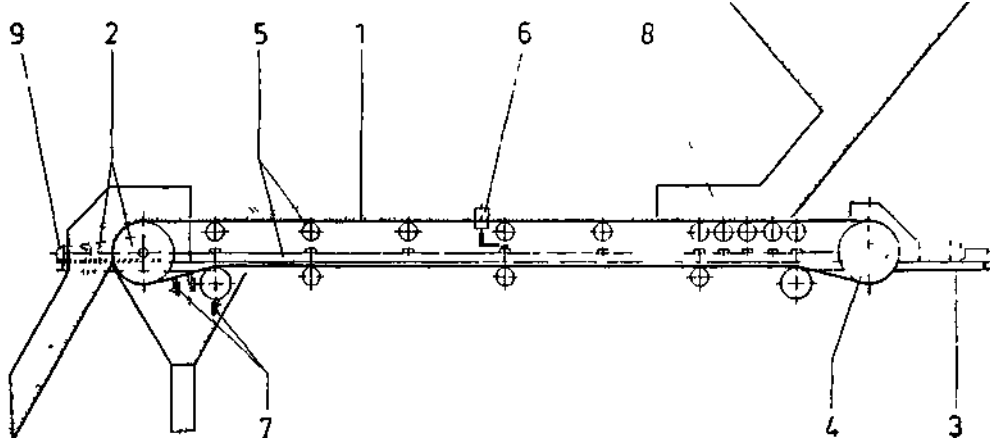
(\*) Doç.Dr. Muh.-Mlm. Fak. Maden Muh. Bölümü, Dokuz Eylül univ. Bornova-İZMİR

## 1. GİRİŞ

Malların iletiminde maliyete, iletimin desibi ve hızı önemli bir şekilde tesir etmektedir. Lastik bantlı ileticiler verimi artırarak maliyet yönünden iyi bir çözüm olmaktadır.

Lastik bantlı ileticilerde bant sonsuz şekilde olup kendisine iki tambur tarafından yön verilir. Tamburlardan birine tahrik diğerine ise gerdirme sistemi bağlanmıştır. İletim hattı boyunca bant makaralar üzerinde desteklenmiştir.

Bandın tamburlar ve makaralar üzerindeki hareketi esnasında ve besleme yerlerinde hareket dirençleri meydana gelmektedir. Bu dirençlerin sisteme bağlanacak olan tahrik sistemi tarafından aşılması gerekmektedir. İleticinin iletim malını yukarı veya aşağı doğru iletiminde kaldırma veya indirme direnci pozitif veya negatif olarak tesir etmektedir.



Şekil 1— Lastik bantlı ileticinin şematik görüşünü  
1 iletim bandı, 2 Tahrik sistemi, 3. Gerdirme istasyonu, 4. Yön  
değiştirme tamburu; 5. Makaralar, 6. Yan yön verne, 7. Temiz-  
leme elementleri, 8. Besleme yeri, 9. Elektrik sistemleri

## 2. BANT ÖN GERDİRME KUVVETİ

Lastik bantlı ileticilerde gerekli güç; motor, dişli kutusu ve tambur üzerinden banda iletilmektedir. Tambur ile hareket eden bant arasında iyi bir iletim ancak yeteri derecede bir kuvvet bağıntısı ve bandın öngendirilmesi ile mümkün olabilir. Kuvvetin dönen bir tamburdan lastik banda iletimi sürtünme ile olmakta ve bu teorik olarak Eytelwein sınır şartıyla ifade edilmektedir. Bandın tambura olan sarım açısı  $OL$ , her ikisinin arasındaki sürtünme katsayısı  $\mu$  ise ve kuvvet bağıntısı kayma sınırına kadar zorlanırsa, tamburun her iki tarafında banda  $T_1$  ve  $T_2$  kuvvetleri tesir eder.

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu \alpha} \quad (1)$$

( $e = 2.7183$ , tabii logaritma tabanı)

Tambur tarafından iletilecek olan çevre kuvveti bandın her iki hattındaki kuvvetlerin birbirleriyle olan farkıdır.

$$P_u = T_1 - T_2 \quad (2)$$

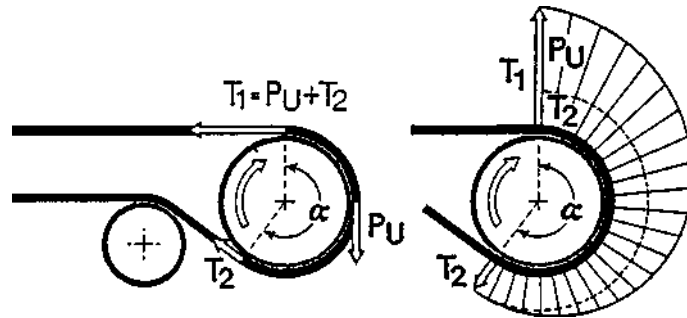
Burada, denklem (1) ve (2)'nin birleştirilmesiyle bandın her iki katındaki kuvvetler

$$T_1 = P_u \left(1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha - 1}}\right) = P_u \cdot c_1, \quad T_2 = P_u \frac{1}{e^{\mu\alpha - 1}} = P_u \cdot c_2 \quad (3,4)$$

elde edilir.

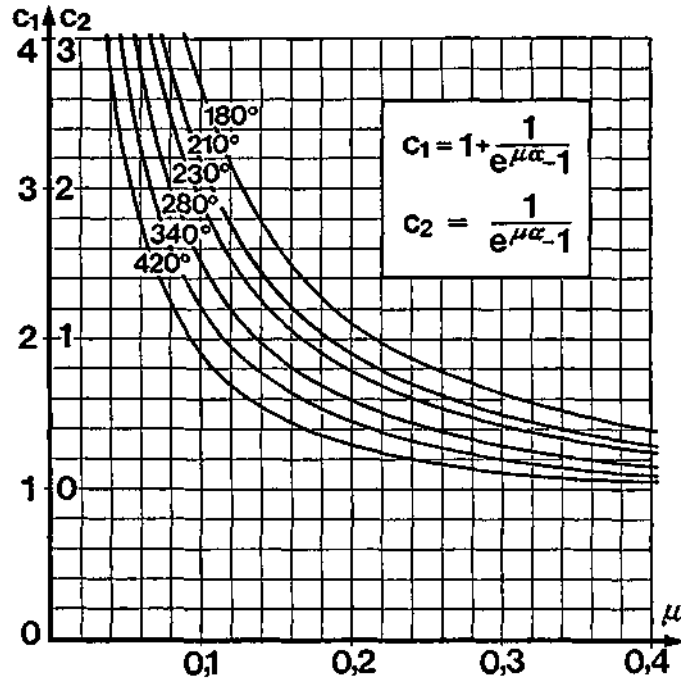
Çevre kuvvetinin iletimi yalnızca  $\alpha$  ve  $JU$  ile bağıntılıdır. Bunların sayısal değerleri atalet durumunda aşılması gereken öngerdirmeye kuvveti ile belirlenmiştir.

Hareket direrçleri ile belirlenmiş olan faydalı çevre kuvveti  $P$  ve bandın en büyük çeki kuvveti  $T_1$ 'e göre seçilmesi gerektiğinden bunun mümkün mertebe küçük tutulmasına çalışılır.  $T_j/P$  oranı faydalanma derecesi olarak isimlendirilmiş olup bu daterce,  $\beta$  ve  $\alpha$  ne kadar büyük seçilir ve öngerdirmeye ne kadar uygun tatbik edilirse, o kadar daha iyi olur. Diğer taraftan en iyi değerlerden kaçınılarak öngerdirmeye kuvvetinin büyütülmesiyle iletim kabiliyeti artırılabilir.



Şekil 2— Bant kuvvetleri ve kayma sınırına kadar kuvvet bağıntısı ile iletlen çevre kuvveti

Şekil 3,  $C_j$  ve  $C_2$  tahrik faktörlerinin  $\alpha$  ve  $n$ 'ye bağılı olarak değişimlerinin  $T_1$  ve  $T_2$  bant kuvvetlerine olan tesirlerini belirtmektedir, örneğin, büyük bir sarım açısında sürtünme katsayısının  $p = 0.3$  ve  $0.4$  arasında değiştirmek tahrik faktörlerinde fazla bir azalma meydana getirmemektedir. Diğer taraftan yüksek sürtünme katsayılarında sarım açısını büyütmenin bir mana ifade etmediği anlaşılmaktadır. Ayrıca küçük sürtünme katsayısı çifti, büyük sarım açısı ile elde edilen netice büyük sürtünme açısı, küçük sarım açısı ile elde edilenin aynı olmaktadır.



Şekil 3—  $C_1$  ve  $C_2$  tahrik faktörlerinin tambur ile bant arasındaki sürtünme katsayısı  $\mu$  ve sarım açısı  $\alpha$  arasındaki bağıntı

a) Yatay iletim ve baştan tahrik sisteminde öngerdirmeye kuvvetleri

Öngerdirmeye kuvveti  $T_1$ 'nin büyüklüğü, çevre kuvveti  $P_u$ 'nun iletilebilmesi için Denk. (4) verilen  $T_2$  kuvveti ile belirlenir. Bu ise çalışma durumuna (durma, kalkış veya işletme) bağlıdır.  $T_1$ 'nin değeri gerdirmeye tertibatının cinsi ile bağlantı yerine bağlantıdır.

Kısa iletim bantlarında ön gerdirmeye kuvveti çok kere yön değiştirme tamburunun yatakları kayıcı veya hareketli olarak düzenlenerek vidalarla veya ağırlıklarla gerdirilerek elde edilir. Çekme kuvveti gerdirmeye tamburuna bir çıkırık ile tatbik edilebilir. Bu uzun tesislerde, öngerdirmeye kuvvetini yaratacak olan ağırlıkların çok büyük olduğu veya öngerdirmeye kuvvetinin kalkış ve işletme durumuna bir ayar sistemi ile uygun duruma getirilmesi halinde de kullanılır.

Bütün herşeye rağmen öngerdirmeye kuvvetinin gerekli olan büyüklüğü en kolay Şekil 4'de yatay bir iletimde işletmedeki duruma göre hesaplanır; gerekli olan öngerdirmeye kuvveti hareketli, sabit bir ağırlıkla yön değiştirme veya tahrik tamburu ile elde edilir. Tahrik tamburunda alt hattaki bant kuvveti  $T_2$  ile bandın alt hattında aşılması gereken hareket dirençleri dikkate alınırsa yön değiştirme tamburundaki giriş kuvveti  $T_2$  ve  $T_1$  kuvvetlerinin toplamıdır. Yön değiştirme tamburundaki bazı hareket dirençlerinin ihmal edilmesi halinde yön değiştirme tamburunda bandın üzerine gelen kuvvetler sarım açısı

boyunca herhangi bir değişme göstermezler. Yön değiştirici tamburundan çıkış kuvveti aynı şekilde  $T_2 + T_{wu}$ 'dur. Bu kuvvet tahrik tamburuna doğru üst hattın hareket dirençlerinin aşılması nedeniyle  $T_{wo}$  kadar artarak  $T_i$  kuvvetine yükselmektedir.  $T$  ve  $T''_{wu}$  kuvvetlerinin toplamı  $P$  çevre kuvvetini vermektedir. Tahrik tamburundaki asarım açısı ile kuvvetler Eytelwein denklemine gere birbirlerini tamamlamaktadırlar. Bandın öngerdirme kuvveti, dış bir gerdirme sistemi tarafından verileceğinden

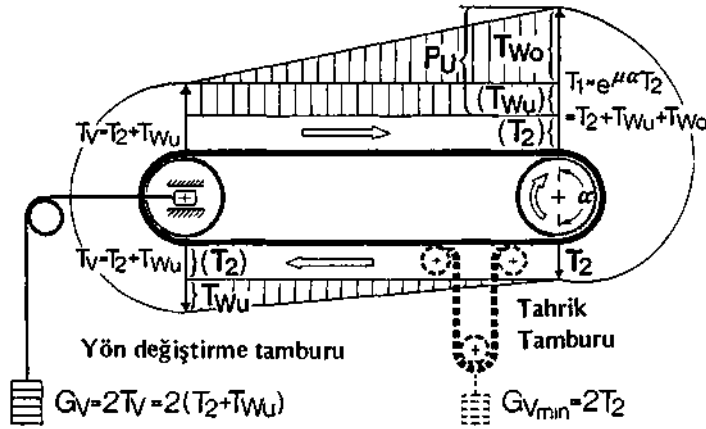
$$T_v = T_2 \pm T_{wu} \quad \text{ve} \quad G_v = 2T_v = 2(T_2 + T_{wu}) \quad (5,6)$$

o|ur.

Böyle bir gerdirme düzeni ile en küçük olan gerdirme kuvveti elde edilememektedir. Minimum gerdirme kuvveti, gerdirme sisteminin tahrik tamburunun çıkış kısmına yerleştirilmesiyle elde edilir. Böylece Şekil 4'den

$$T_v = T_2, \quad G_{v \min} = 2T_2 \quad (7)$$

elde edilir.



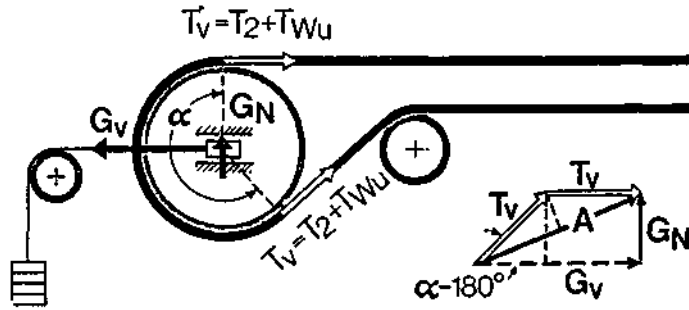
Şekil 4— Gerdirme kuvveti  $T$  'nin elde edilmesinde bir bant boyunca tesir eden kuvvetler

Kısa ileticilerde bu fark pek fazla değildir. Bu durumda özellikle birçok 100 m'lik iletim bandlarında önemli olmaktadır. Hareketli bir gerdirme sisteminin tahrik tamburunun çok yakınına yerleştirilmesi uzun iletim tesislerinde de kalkış esnasında meydana gelen öngerdirme kuvveti değişmeyen bir büyüklükte meydana gelerek düzgün bir kalkış sağlanmış olur. Kalkış esnasında yenilmesi gereken atalet kuvvetleri nedeniyle tahrik tamburu tarafından lastik banda iletilen çevre kuvveti

$$P_{uA} = (1,2 \text{ ila } 1,5) \cdot P_u \quad (8)$$

olmakta, böylece çalışma esnasındaki daha büyük bir gerdirme kuvveti gerekli olmaktadır. Bu ise kalkış için gerekli olan çıkış kuvveti  $T_{2A}$  Denk. (4)'e  $P_{uA}$ 'nın yerleştirilmesiyle elde edilir. Bu durum için gerekli olan öngerdirmme kuvveti  $T_{VA}$  çalışma durumunda gerekli olanından daha büyüktür. Bu kuvvet bir otomatik kontrol sistemi ile ayarlanarak kalkışın bitiminden sonra çalışma esnasındaki değere indirilir.

Lastik bantlı iletim sistemlerinde yön değiştirme tamburunda meydana gelen bant çeki kuvvetleri birbirlerine paralel olmayıp bir açı altında tesir etmektedirler (Şekil 5). Öngerdirmme kuvveti  $T_2 + T$ 'nin elde edilmesi gerekli yay, ağırlık ve çıkırık kuvveti  $G_v$  kuvvet poligonundan hesaplanabilir. Her iki öngerdirmme kuvvetinden doğan bileşke kuvvet ile yatay bileşen  $G_v$  yay, ağırlık veya çıkırık kuvvetini ve dikey bileşen  $G_N$  ise yataklardaki basıncı belirtmektedir. Yön değiştirme tamburu hareketli bir düzen üzerine oturtulmuş ise arabanın, yatakları ve yön değiştirme tamburunun ağırlığı  $G_N$ 'den daha büyük olması gerekir ki, arabanın kalkması önlenesin.



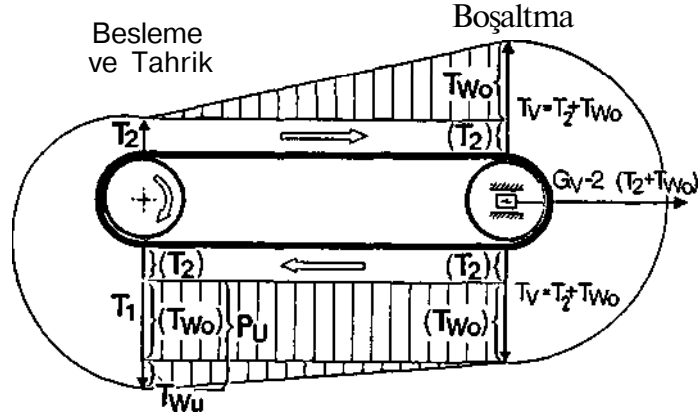
Şekil 5— Paralel olmayan bant sarımında yay, ağırlık veya çıkırık kuvvetleri

Şekil 5 ile verilen kuvvet poligonundan  $G$ ,  $G_N$  ve  $A$  kuvvetleri hesaplanabilir. Aynı şekilde  $T_j$  ve  $T_2$  kuvvetleri ile tahrik tamburunun aksını zorlayan  $G_N$  kuvveti de geometrik toplam ile bulunabilir.

#### b) Yatay iletim ve sondan tahrik sisteminde öngerdirmme kuvvetleri

Tahrik sistemi iletim tesisinin boşaltma yerine (baş kısmına) değil de besleme yerine (son kısmına) yerleştirilirse bu durumda iletilmesi gereken tahrik kuvveti için daha büyük bir öngerdirmme kuvvetine gerek vardır. Bandın boyuna yönünde ve alt hattında üst hattına nazaran daha büyük bir bant kuvveti meydana gelmektedir.

Bu nedenle bant uzaması da daha büyük olmakta ve bu uzamanın gerdirmme yolunda öngörülmesi gerekmektedir. Bu durum Şekil 6'da çalışma durumu için gösterilmiştir. Tahrik sisteminde hareket dirençleri  $T_{wo}$  ve  $T_{wu}$  iletebilmek için sistemin baş kısmında her bant hattına



Şekil 6— Sondan tahrikte öngerdirmе kuvveti ve bant çeki kuvvetleri

$$T_v = T_2 + T_{w0} \quad (9)$$

öngerdirmе kuvvetinin tatbiki gerekir. Tahrik ve gerdirmе istasyonunun son kısma yerleştirilmesi halinde ise

$$G_v = T_1 + T_2 \quad (10)$$

olur.

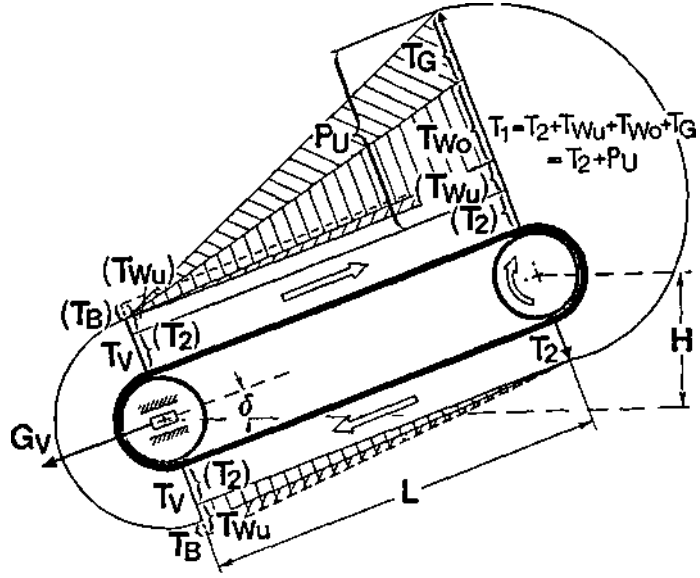
Bu düzenlemelerde özellikle hesaplanan çıkış kuvveti  $T_2$ 'nin besleme yerinde bant yeteri derecede gergin tutup tutamayacağına dikkat etmek gerekir ki, bu da bantın diğer çeki kuvvetlerinin artmasını ortaya çıkarır.

### c) Eğik iletim ve baştan tahrik sisteminde öngerdirmе kuvvetleri

Bant hareket yönüne bağlı olarak bantın boyuna yönündeki çeki kuvvetleri ile öngerdirmе kuvveti hesaplanabilir. Burada  $5^\circ$  eğim açısında yukarıya doğru ileten lastik bantlı iletinin çalışma durumu örnek olarak alınmıştır (Şekil 7). Yön değiştirme ve gerdirmе tamburunun girişinde meydana gelen kuvvet, bantın alt hatta aşağı doğru hareketi nedeniyle  $T_g$  miktarı kadar azalmaktadır. Her metredeki bant ağırlığı  $G_{Bm}$ , tesisin uzunluğu  $L$  ve iletim yüksekliği  $H$  olduğuna göre, aşağı doğru tesir eden bileşen, aşağıda verildiği gibidir.

$$T_B = G_{Bm} \cdot L \cdot \sin \delta = G_{Bm} \cdot H \quad OD$$

Bu durum bantın üst hattında da meydana gelmekte ve tahrik tamburunun girişindeki  $T$  tam değerinde mevcut bulunmaktadır. Bu kısımda bantın üst hattındaki hareket direnci ( $T$ ) ve malın ağırlığını kaldırmak için gerekli  $T_g$  kuvveti tesirlidir. Malın her metredeki ağırlığı  $G_{\zeta m}$  ve iletim hattının uzunluğundan



Şekil 7— Yukarı iletmede öngerdirme ve bant çeki kuvvetleri

$$T_G = G_{Gm} \cdot L \cdot \sin \delta = G_{Gm} \cdot H \quad (12)$$

bulunur.

Şekil 7'den öngerdirme kuvveti ile en büyük gerdirme kuvveti

$$T_V = T_2 + T_{wu} - T_B, \quad G_V = 2(T_2 + T_{wu} + T_B) \quad (13,14)$$

olarak bulunur.

Denklem (4) ile hesaplanan ve Denklem (14) konulacak  $T_2$  değerinin  $T_g$ 'den daha küçük olması halinde  $T_y = T$  alınmalı ve geri harekette  $T_i$  değeri  $T_g + P_u$ 'dan hesaplanmalıdır.

Aşağı doğru ileten tesislerde malın aşağı doğru itmesiyle sürtünme dirençlerinin daha büyük (küçük eğimlerde) veya daha küçük (büyük eğimlerde) olması nedeniyle çeşitli durumlar ortaya çıkabilmektedir.

Dikkat edilecek diğer bir husus, eğik çalışan tesislerde sürtünme dirençleri  $T$  ve  $T_{wo}$ 'nun hesaplanmasında sadece iletim yönüne dik tesir eden bant ağırlığı veya bant mal ağırlığı beraberce dikkate alınmalıdır.

$$G_{Bm} \cdot L \cdot \cos \delta \text{ veya } (G_{Bm} + G_{Gm}) \cdot L \cdot \cos \delta$$



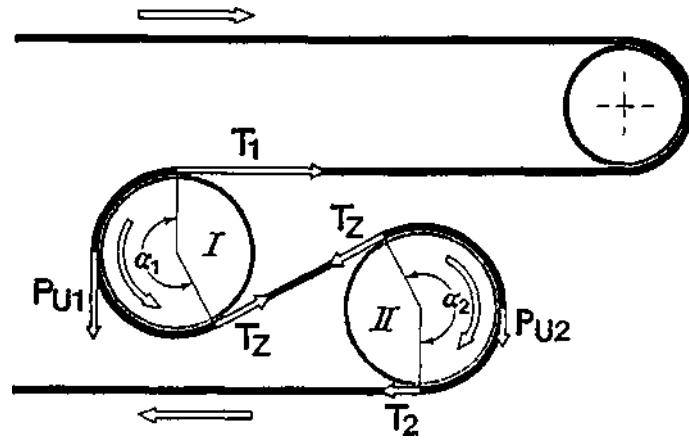
Bu hareket dirençleri yatay iletimdekinden biraz daha küçük olmaktadır. Hareket eden taşıyıcı makara ağırlıkları direnç hesaplarında tam olarak dikkate alınmaktadır.

### 3. İKİ TAMBURLU BANT TAHRİK SİSTEMİ

Bandın ölçülendirilmesinde rol oynayan en büyük çekme kuvveti olan tahrik tamburu girişindeki  $T_1$  kuvvetidir. Bu nedenle, yüklü bir iletim hattında tatbik edilen çevre kuvveti  $P$  ile hareket dirençleri ve yokuş direncini yenebilmek için bu kuvvet ( $T_1$ ) mümkün mertebe küçük tutulmaya çalışılır.

Bunun anlamı bant ile tambur (balata) arasında büyük bir sürtünme katsayısı  $M$  veya büyük bir sarım açısı  $\alpha$  'nın seçimi veya her iki tedbirin birleşimiyle küçük bir  $C_1$  faktörü ile çalışılmasıdır.

Tek bir tahrik tamburunun kullanılması halinde en büyük sarım açısı  $\alpha = 230^\circ$  olabilmektedir. İki tahrik tamburunun (iki tamburlu tahrik veya tandem tahrik olarak isimlendirilir) arka arkaya yerleştirilmesiyle  $\alpha = 420^\circ$  lik bir sarım açısı elde edilir. Böyle bir tahrik sisteminde kuvvet iletiminin düzgün olabilmesi, kuvvet ve hareket durumlarının dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 8— İki tamburlu tahrik sisteminde kuvvet durumları

İki tamburlu tahrik sisteminde toplam sarım açısı  $\alpha$  birinci tamburun sarım açısı  $\alpha_1$  ile ikinci tamburun sarım açısı  $\alpha_2$  'den meydana gelmektedir. Her iki tamburun iletim kabiliyetlerini, daha doğrusu sarım açılarını tam kullanabilmede daha küçük değerlerdeki  $T_1$   $T_2$   $T_2$  bant çekme kuvvetleri ve çevre kuvvetleri  $P_u$ ,  $P_{u1}$ ,  $P_{u2}$  arasında aşağıda verilen bağıntılar mevcuttur.

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu_1 \alpha_1} \quad T_1 - T_2 = P_{u1}$$

$$\frac{T_2}{T_2} = e^{\mu_2 \alpha_2} \quad T_2 - T_2 = P_{u2}$$

$$P_u = P_{u1} + P_{u2} = T_1 - T_2$$

Buradan toplam çevre kuvvetinin bölünmesi (aynı tambur çapında ve toplam tahrik momentinin ML | ) oransal olarak;

$$\frac{P_{u1}}{P_{u2}} = \frac{M_1}{M_2} = e^{\mu_2 \alpha_2} \frac{e^{\mu_1 \alpha_1} - 1}{e^{\mu_2 \alpha_2} - 1} \quad (15)$$

veya sarım açısının eşit olarak bölünmesi halinde

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha/2 \quad \text{ve} \quad \mu_1 = \mu_2$$

$$\frac{P_{u1}}{P_{u2}} = \frac{M_1}{M_2} e^{\mu \alpha/2} \quad (16)$$

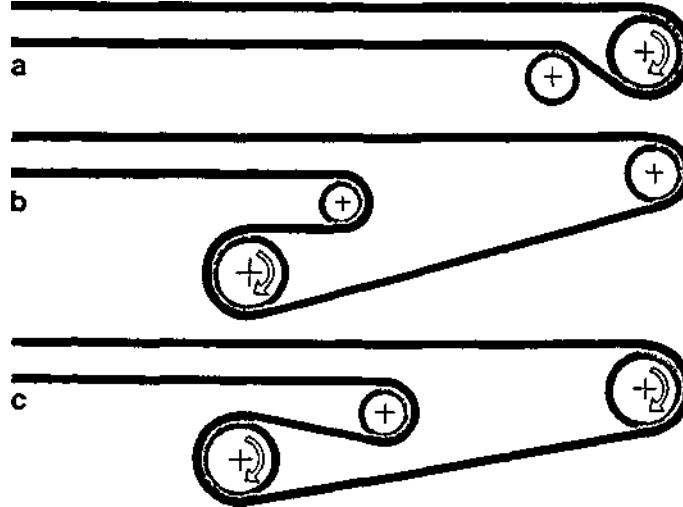
olur.

Denk. (15) ve (16) ile verilen çevre kuvvetleri ve döndürme momentlerinin dağılım oranları tahrik şekli ve yerine getirilmesi gereken ilk şartı teşkil etmektedir. İkinci bir şart ise hareket durumlarından ortaya çıkmaktadır. Bant'ta meydana gelen elastik değişimlerin yarattığı kayma nedeniyle bandın ikinci tamburundaki giriş hızı, birincidekine nazaran biraz daha düşüktür. Bu nedenle 2. tambur 1. tambura nazaran biraz daha düşük bir çevre hızı ile çalışmak mecburiyetindedir. Burada çevre hızları bandın nört lifine göre olup bandın orta eksenindeki ile daima aynı olmamaktadır (örneğin; bandın üst ve alt tabaka kalınlıklarının farklı olması).

Tek veya çift tamburla tahrik sisteminden uygun olanın seçilmesinde, gerekli olan çevre kuvvetinin tek tamburla iletiminin ekonomik olup olmadığının, yani giriş kuvveti  $T_j$ 'in çevre kuvvetine olan  $C_t$  oranının bandın temini için kabul edilebilir olmasının önce hesaplanması gerekir. Tamburun kaplanmasıyla (ok şeklinde kanallarla tambur üst yüzeyinin lastik ile) sürtünme katsayısının  $f_i$  artırılması çok daha fazla kullanılan bir durumdur. Şekil 3 ile verilen tahrik faktörleri eğrilerinden, üzeri kaplanmış tek tamburla

tahrikte  $\beta = 0,4$  ve sarmı açısı  $a = 230^\circ$  için faktör  $C_1 = 1,25$  olmaktadır. İki tamburla tahrik sisteminin kullanılması ve aynı şekilde tamburun kaplanması ( $M = 0,4$ ) ve  $a = \alpha_1 + \alpha_2 = 420^\circ$  sarmı açısında faktör  $C_1 = 1,06$  olmakta, yani bant kuvveti  $T_j$  iletilen çevre kuvvetinden sadece % 6 daha büyük olabilecektir. Buna rağmen, tek tamburla tahrik sisteminde bant maliyetinin daha büyük tesis masrafını içeren iki tamburla tahrik sistemini aşması veya özellikle bant çeki kuvvetinin azaltılabilmesi için yüksek çevre kuvvetinin en son imkana kadar artırılmasının sözkonusu olduğu durumda, iki tamburla tahrik sistemine gidilir. Düşünülmesi gereken diğer bir husus da büyük bir sarmı açısı ile büyük bir bant kuvveti  $T_j$ 'in  $T_2$ 'y' azaltılması uzun bir yol ve zamanda gerçekleşmektedir. Böylece bant'ta faydalı bir iç zorlanma meydana gelmektedir.

Genel olarak, tek tamburlu tahrik sisteminde bandın yönlendirilmesi ve bandın bir dönüşteki kıvrılma sayısı iki tamburlu tahrik sisteminden daha uygun olmaktadır. Bu ise bandın zorlanmasına daha uygun bir şekilde tesir etmekte ve böylece bandın ömrü artmaktadır.



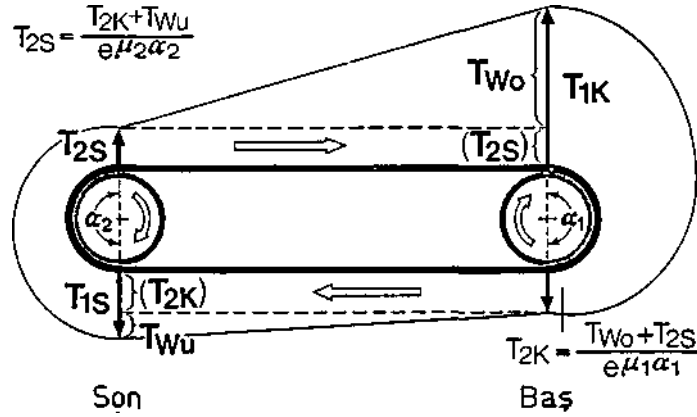
Şekil 9— Bandın sadece hareket yüzeyinden yapılan kuvvet iletilimi ile bandın tahrik edilmesi  
a Tek tamburlu tahrik, baştan boşaltma  
b Tek tamburlu tahrik, one kaydırılmış boşaltma  
c İki tamburlu tahrik, baştan boşaltma

Hesaplarda öngörülen tahrik tamburu ile bant arasındaki sürtünme kuvvetleri işletme esnasındaki uymakta ve iletimde herhangi bir şekilde büyük dalgalanmalar meydana gelmediği gibi tahrik kuvvetinin tahrik tamburundan banda iletilimi, bandın mal ile temas ettiği yüzey ile değil hareket yüzeyinden olduğundan belirli bir emniyet mevcut olmaktadır. Şekil 9 bu nedenle bu şartları yerine getiren birkaç tahrik düzenini göstermektedir.

#### 4. BAŞTAN VE SONDAN TAHRİK

Bandın boyutlandırılması yönünden önemli olan en büyük bant kuvveti  $T_{1K}$  bandın baş ve son kısmına yerleştirilen tahrik sistemi ile küçültülebilir. Böyle bir tedbir, bandın satınalma fiyatının bölünmüş tahrik sisteminden veya çevre kuvvetinin iletiminde iki tamburlu tahrik sistemine gerek duyulması halinde düşünülebilir. Böyle bir durum uzun lastik bantlı iletim sistemlerinde söz konusudur.

Bu şekildeki bölünme, iki tamburlu tahrik sisteminin özel bir durumu olarak görülebilir. Her iki tahrik sistemi arasındaki elastik bant hattında iki tamburlu tahrik sisteminde tavsiye edilen tedbirlere gerek olmayabilir. Bant çeki kuvvetinin tek tamburlu tahrik sistemine nazaran oldukça azaltılmış olması sarım açısının artmasından ileri gelmektedir.  $T_1$  kuvveti iki tamburlu tahrik sistemindekinden biraz daha küçük olur.



Şekil 10—Tahrik kuvvetinin baştan ve sondan tatbik edilmesi halinde bant boyunca meydana gelen kuvvet dağılımı

Şekil 10'da yatay bir iletimde baştan ve sondan tahrikte kuvvetlerin dağılımı gösterilmiştir. Bu durumda her iki tahrik sistemi için Eytelwein sınır şartları yazılırsa, iletilecek olan toplam çevre kuvveti  $P$  'nin ve aynı şekilde başta ve son kısımda gücün daha uygun bir şekilde dağılımı böylece her iki tamburun tam olarak iletimi elde edildiği gibi en küçük bant kuvveti elde edilir.

Kuvvetler arasındaki bağıntı şimdiye kadar yapıldığı şekilde bulunabilir. Baştan tahrik için  $K$  ve sondan tahrik için ise  $S$  indeksi kullanılacaktır. Toplam çevre kuvveti  $P_u$  ile baştan ve sondan tahrik sistemi tarafından iletilen paylar  $P_{uK}$  ve  $P_{uS}$  'tir.

Böylece,

$$P_u = P_{uK} + P_{uS} \quad (17)$$

yazılır.

$$T_{1K} - T_{2K} = P_{uK} ; T_{1S} - T_{2S} = P_{uS} \text{ ve } T_{1S} = T_{2S} \cdot e^{\mu_2 \alpha_2}$$

Bu üç denkleme Şekil 10'dan alınan aşağıdaki ifadeler yerleştirilir.

$$T_{1K} = T_{wo} + T_{2S}$$

$$T_{2K} = \frac{T_{wo} + T_{2S}}{e^{\mu_1 \alpha_1}} ; T_{1S} = \frac{T_{wo} + T_{2S}}{e^{\mu_1 \alpha_1}} + T_{wu}$$

ve birleştirilirse çevre kuvvetlerinin oranı yazılabilir.

$$\frac{P_{uK}}{P_{uS}} = \frac{\left( T_{wo} + \frac{T_{wo} + T_{wu} \cdot e^{\mu_1 \alpha_1}}{e^{(\mu_1 \alpha_1 + \mu_2 \alpha_2) - 1}} \right) \cdot (e^{\mu_1 \alpha_1} - 1)}{T_{wo} + T_{wu} \cdot e^{\mu_1 \alpha_1} - \frac{T_{wo} + T_{wu} \cdot e^{\mu_1 \alpha_1}}{e^{(\mu_1 \alpha_1 + \mu_2 \alpha_2) - 1}} \cdot (e^{\mu_1 \alpha_1} - 1)} \quad (18)$$

Sayısal hesaplar için üst ve alt hattaki hareket dirençleri  $T$  ile  $T_{w(u)}$  gereklidir. Bu nedenle bunlar birbirlerinden ayrı hesaplanmalıdır.  $T_{wo}/T_{wu}$  oranının da bilinmesi yeterlidir.

Pratikte çok kere  $\mu_1 = \mu_2 = \mu$  ve  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$  olduğundan Denk. (18) şu şekle dönüşür.

$$\frac{P_{uK}}{P_{uS}} = \frac{\left( T_{wo} + \frac{T_{wo} + T_{wu} \cdot e^{\mu \alpha / 2}}{e^{\mu \alpha} - 1} \right) \cdot (e^{\mu \alpha / 2} - 1)}{T_{wo} + T_{wu} \cdot e^{\mu \alpha / 2} - \frac{T_{wo} + T_{wu} \cdot e^{\mu \alpha / 2}}{e^{\mu \alpha} - 1} \cdot (e^{\mu \alpha / 2} - 1)} \quad (19)$$

Örneğin;  $T_{wo}/T_{wu} = 5/1$ , sürtünme katsayısı  $\mu = 0,3$  (çıplak tambur) ve sarım açısı  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha/2 = 210^\circ$  kabul edilirse  $T_{wo} = 5T_{wu}$ ,  $e^{\mu \alpha / 2} = 3$ ,  $e^{\mu \alpha} = 9$  ve böyle Denk. (19)'den optimal dağılım oranı  $P_{uK}/P_{uS} = 2/1$  olur.

Düzgün bir şekilde yukarı doğru ileten lastik bantlı iletim tesislerinde iletilecek olan çevre kuvvetinin veya tahrik gücünün baştaki ve sondaki tambura dağılımında bandın alt hattaki kendi kendine geriye doğru hareketi nedeniyle iki tamburlu tahrik sistemine nazaran en büyük bant kuvveti biraz azalmaktadır. Çünkü, yukarı doğru iletimde bandın alt hattında  $T_g$  hareket dirençleri  $T$ 'ya eşit ise baştaki tamburun çıkışı ile sondaki tamburun arasındaki başka kuvvet meydana gelmemekte ve böylece iki tamburlu tahrik sistemi durumu yaratılmış olmaktadır. Bu denk. (18) ve (19)'den de görülmektedir. Bu durumda  $T = 0$  alınmalıdır. Böylece çevre kuvvetlerinin dağılım oranı,

$$\frac{P_{uK}}{P_{uS}} = e^{\mu_2 \alpha_2} \cdot \frac{e^{\mu_1 \alpha_1} - 1}{e^{\mu_2 \alpha_2} - 1} = e^{\mu \alpha / 2}$$

iki tamburlu tahrik sistemlerine eşit olacaktır (Denkl. 15 ve 16 ile karşılaştırınız).

Aşağı doğru iletimde, tahrik gücünün baştaki ve sondaki tambura dağılımındaki tesir araştırılırsa, yatay iletim hattına nazaran daha uygun durumlar elde edilir. Aşağı doğru artan eğim ile sondan tahrik daha ağır basmaya başlar. Aşağı doğru iletimde gücün bölünmesi pratikte sadece yüzde birkaç değerlerindeki eğimler için uygundur. Artan eğim ile nominal yük için iletilmesi gereken çevre kuvveti, iletim malının aşağı doğru hareketi esnasında üst ve alt hattaki hareket dirençlerini yenmesi nedeniyle, azalmakta ve hatta sıfır olabilmektedir.

Şekil 10'dan görüleceği üzere gerdirme ağırlığı alt hatta baştan tahrik sisteminin yanında banda yerleştirilirse, yatay iletimdeki örneğe uygun olarak  $G_y = 2T_{2K}$  değerini alır.

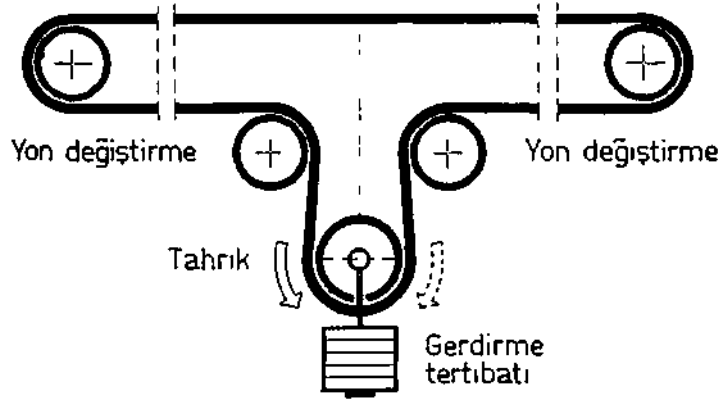
Sondan tahrikte olduğu gibi baştan ve sondan tahrikte de özellikle dikkat edilecek husus yüklü bandın başlangıcında meydana gelen en küçük çıkış kuvveti -burada T a - bandın müsaade edilen sarkma sınır değerinin altına düşmemelidir. Daha önce belirtilen öngerdirmeye kuvvetinin artırılması için gerekli tedbirlerin alınması halinde ise daha yüksek bant çeki kuvvetleri meydana gelmekte ve tahrik tamburunun tahrik kabiliyeti tam olarak kullanılmamakta olup artık bunun böyle kaale alınması gerekmektedir, öngerdirmeye kuvvetinin uygun seçilmesiyle tahrik kuvvetleri diğer bir şekilde dağıtımı ile bant artık mümkün olan en küçük çeki kuvvetleri ile hareket etmemekte ve her iki tamburun tahrik kabiliyetinden de kısmen faydalanılmaktadır.

## 5. İLERİ-GERİ HAREKET EDEN LASTİK BANTLI İLETİM TESİSLERİNDE BAŞTAN VE SONDAN TAHRİK

Kömür veya cevher yerlerindeki depolama ve besleme durumlarında meydana gelen, çok kere yükleme köprülerine yerleştirilen ileri-geri hareketli lastik bantlı ileticilerde -yalnız çok uzun olmayan durumlarda- tahrik gücünün ileticinin baş ve son kısmına dağıtılması düşünülebilir. Alt bant hattının ortasına yerleştirilmiş, gerdirmeye ağırlığı tesir eden ve ideal durumları veren tek bir tahrik sistemi vardır (Şekil 11).

Bu tamamen simetrik düzen ile her iki yönde aynı kuvvet durumları elde edilir. Aynı tesir, yön değiştirici tamburlarda iki eşit gerdirmeye ağırlığı ile gerdirmeye kuvveti elde edilir. Fakat böyle bir ortadan tahrik sistemi ve öngerdirmeye düzenleri için yer yoktur. Bu nedenle küçük bant kuvvetlerine ulaşmak için her iki uçtaki yön değiştirici tamburun tahrik edilmesi gerekir ve yatay iletimde şarttır.

Her iki motor, her iki yönde eşit olarak yüklenerek, dağıtım oranı  $P_{uK}/P_{uS} \sim 1/1$  ve her biri tek bir tahrik sisteminin yarı gücünü karşılayacak şekilde düzenlenir. Meydana gelen max bant kuvveti, daha önce de belirtildiği üzere uygun bir dağıtım oranından daha büyük olmakta ve  $a_1 + a_2$  sarım açılardan tam olarak faydalanılamamaktadır. Kuv-

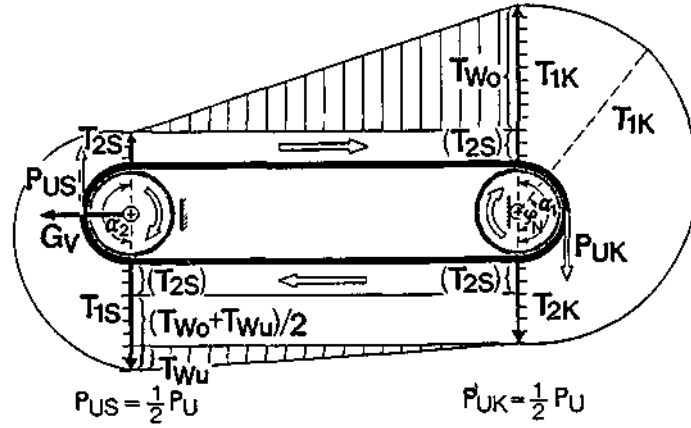


Şekil 11—Ortadan tahrik sistemli ileri-geri hareketli lastik bantlı iletim tesisi

vetlerin bu şekilde zorlanarak dağıtım oranındaki değişimini göstermek için aşağıdaki verilere göre Şekil 12 çizilmiştir.

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 210^\circ \quad ; \quad \mu = 0,3 \quad ; \quad e^{\mu\alpha_1} = e^{\mu\alpha_2} = 3$$

$$T_{wo}/T_{wu} = 10/2 \quad ; \quad T_{2S} = 3 \text{ birim}$$



Şekil 12—Baştan ve sondan tahrikte tahrik güçlerinin 1:1 olarak dağılımında bant çeki kuvvetleri (ileri-geri hareketli bant tesisi)

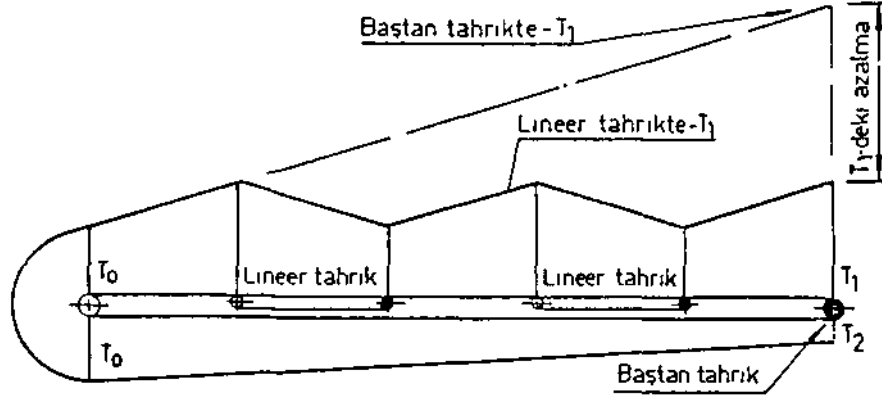
Makara takımlarının birbirlerine olan mesafeleri uzun lastik bantlı tesisin fiyatı yönünden büyük bir rol oynamamaktadır. Makara takımlarının mesafelerine tesir eden büyüklükler müsaade edilen lastik bandın enine titreşimlerin doğal frekansına ve tesisin enerji ihtiyacına tesir etmektedir.

## 6. LİNEER TAHRİK SİSTEMİ

Daha önce de belirtildiği üzere tahrik kuvveti bantlı ileticilerde baştan, sondan, baş-

tan ve sondan veya çift tamburla yapılmaktadır. Bu sistemlerde, tahrik kuvveti banda bir noktadan iletilmekte ve bu ise daha yüksek mukavemetli lastik banda olan gereksinmeyi ortaya çıkarmaktadır.

Lineer tahrik sisteminde sonsuz uzunluktaki banda kuvvetin iletimi bandın üst taşıyıcı hatının alt yüzeyinden sürtünme ile gerçekleşmektedir. Lastik bant boyunca orta kısımdan tatbik edilen kuvvet, baştan tahrikli sistemlerle karşılaştırılınca, çalışma esnasında meydana gelen max bant gerilimi azalmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13—Lineer tahrik sistemi

Bu sistemin bant gerilimini azaltacak yönde tesiri, daha az güç ihtiyacını, ileticinin çalışmasında ve tahrik kuvvetinin iletimindeki fleksibilite, fiziksel büyüklüklerin küçültülmesi ve kapital masraflarının azaltılmasını sağlamaktadır. Bütün bu avantajlar lineer tahrik sistemine olan ilgiyi artırmaktadır.

Potasyum cevherinin iletiminde kullanılan lineer tahrik sistemli lastik bantlı iletici ( $L = 1704$  m,  $H = 284$  m,  $Q_t = 1009$  t/s,  $N = 1050$  kW) normal lastik bantlı ileticiye (kontrol mekanizması dahil) göre yatırımda % 17'lik bir tasarruf sağlayabilmektedir.

Bu sistem kapitalin kullanılması yönünde çok avantajlı olmaktadır.

Ayrıca lineer tahrikli sistemin, mevcut lastik bantlı sistemleri değiştirmeden de kullanılmaları mümkündür. Yapılan hesaplar yeraltı tesislerindeki mevcut olan lastik bantlı iletim sistemini değiştirmeden lineer tahrik sisteminin kullanılmasıyla potansiyelin % 30-40 artırılacağı tespit edilmiştir.

## 7. BANT GERDİRME TESİSLERİ VE BANDIN KONTROLÜ

Lastik bantlı iletim sisteminin yapılışı ve bandın tespiti yönünden bandın gerdirilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Tahrik sisteminin doğru seçilmesiyle bandın gerilmesi



mümkün mertebe küçük tutulmalıdır. Fakat tesisin kalkışı esnasında meydana gelen ivme kuvvetleri ile bant ek olarak zorlanır. Bu nedenle kalkış zamanı içinde bant ile tahrik tamburu arasındaki kuvvet bağıntısının tam olarak elde edilmesi için gerdirmenin ivmelendirme esnasında meydana gelen kuvvetlere göre düzenlenmesi gerekir.

Kalkış ivmesi için doğrusal olarak hareket eden bandın alt ve üst hattının ağırlığı, iletim malı ve bütün tamburlar ile makaraların dönen kütleleri dikkate alınmalıdır. İvmelendirme zamanı kullanılan elektrik motorlarının, kavramaların cinsine ve kalkıştaki hareket dirençlerine bağlıdır. Motor ve kavrama tarafından banda iletilen moment kalkışta nominal motor momentinin 1,3 ila 1,6 katıdır.

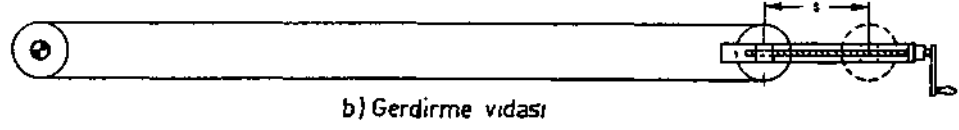
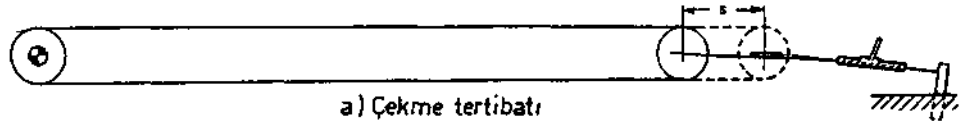
Bandın ön gerdirme kuvvetini elde etmek için çeşitli bant gerdirme sistemleri geliştirilmiştir ve bunlar tesir ve çeşit yönünden aşağıda verildiği şekildedir (Şekil 14).

1. Sabit gerdirme tesisleri
  - a) Çekme tertibatı
  - b) Gerdirme vidası
2. Kendi kendine ağırlıkla gerdirme tesisleri
  - a) Gerdirme ağırlıklı yön değiştirici makara
  - b) Ağırlıkla yüklenmiş gerdirme kuyruğu
  - c) Gerdirme ağırlıklı gerdirme arabasındaki yön değiştirici tambur
3. Kumanda edilen veya ayarlanabilen gerdirme tesisleri
  - a) Elektrikle tahrikli gerdirme kuyruğu
  - b) Basınçlı hava silindirli gerdirme kuyruğu
  - c) Elektro-hidrolik ile çalıştırılan gerdirme kuyruğu

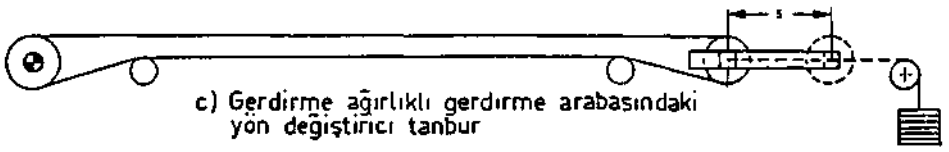
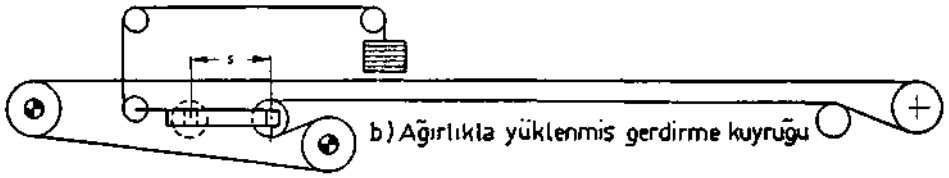
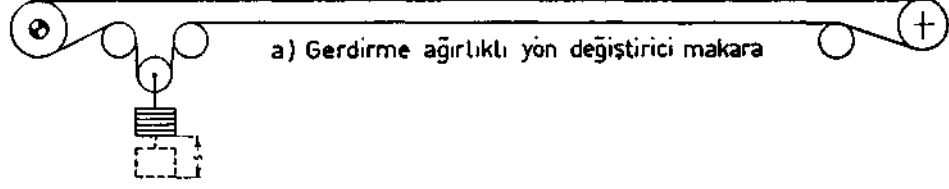
Sabit gerdirme tesisleri esas olarak kısa lastik bantlı tesisler ile tel halatlı bantlarda kullanılır. Kendi kendine ağırlıkla gerdirme sistemleri uzun tesislerde ve tekstil bantla bağlantılı olarak kullanılır. Birçok durumlarda gerdirme tesisi tahrik tamburunun arkasına yerleştirilir. Yer darlığı nedeniyle tahrik tamburunun hemen arkasına bir gerdirme tamburu yerleştirilir ve böylece kalkış esnasında önce alt hattın kütlesi ivmelendirildikten ve geçiş sağlandıktan sonra gerdirme ağırlığından geri çekilen uzama miktarı dengelenir. Bu ivmelendirme kalkış esnasında tahrik sistemindeki ön gerdirme kuvvetini, tahrik tamburu tamamen kayıncaya kadar azaltır ve gerdirme dengesi sağlandıktan sonra tekrar kuvvet bağıntısı gerçekleşir.

Kumanda edilen veya ayarlanabilen gerdirme tesislerinin faydalı yönü lastik bantlı iletim tesisinin ivmelendirilmesi esnasında işletme esnasındakinden daha fazla bant gerdirilebilir. Bandın gerdirilmesi ivmelendirme esnasında bile ayarlanabilir.

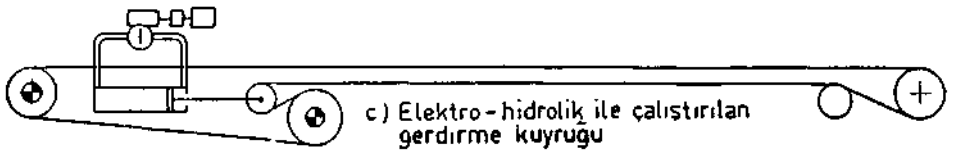
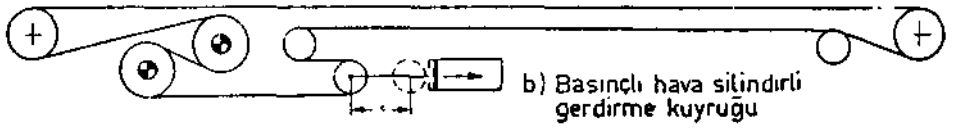
Açık işletmelerde, özellikle tekstil bantlarda kullanılacak otomatik bant gerdirme sistemleri geliştirilmiştir. Bant gerilmesi gerdirme halatına bağlanan kuvvet ölçme kutusu ile yapılır.



2. Kendi kendine ağırlıkla gerdirme tesisleri



3. Kumanda edilen veya ayarlanabilen gerdirme tesisleri



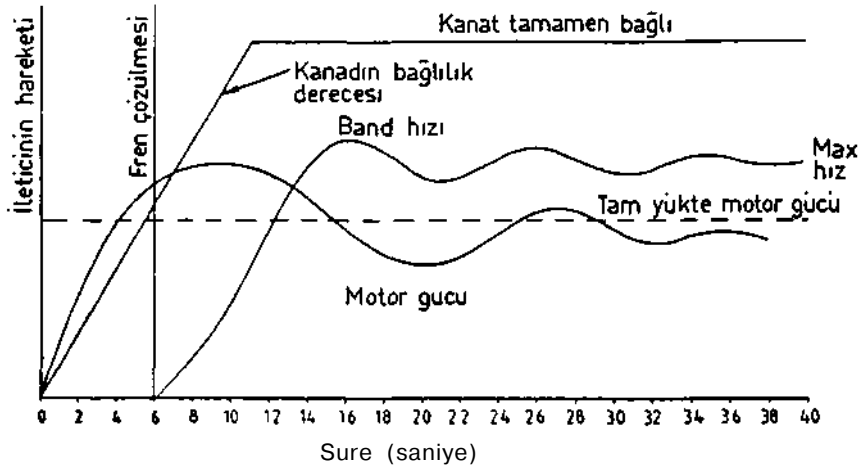
Şekil 14—Bant gerdirme tesisleri (Eickhoff)

Kapalı işletmelerde kullanılan lastik bantlı ileticilerde ağırlıklı gerdirme tesislerinin kullanılması yer darlığı nedeniyle mümkün değildir. Bu tesisler ağır şartlar altında çalıştıklarından ve çok kere uzatılmaları gerektiğinden iyi çalışan otomatik ayarlanan gerdirme tesisleri arzu edilir. Elektrikle tahrikli gerdirme sistemleri basınçlı hava veya hidrolik silindirli sistemlere tercih edilmelidir. Çünkü bunlar hem enerjiye gereksinme duymakta ve hem de gerdirme yolları sınırlı bulunmaktadır. Bunlara karşılık elektrik enerjisi daima mevcut olduğu gibi piston yoluna da bağımlı değildir.

Lastik bantlı ileticilerde lastik bant maliyet yönünden büyük bir önem taşımakta ve bu nedenle bandın max geriliminin efektif olarak kullanılması gerekmektedir.

Birçok lastik bantlı iletim sistemlerinde atalet kuvvetlerinin belirli bir derecede kontrolü yapılmaktadır. Fakat bu oldukça kaba bir kontrol olup bant'ta geçici kuvvetlerin doğmasına sebep olmaktadır. Bu kuvvetler için bant'ta faydalı bir sınıra müsaade etmek gereklidir ve bu nedenle emniyet faktörü tekstil bantlarda 10 ve çelik halatlı bantlarda 7 olarak alınmaktadır.

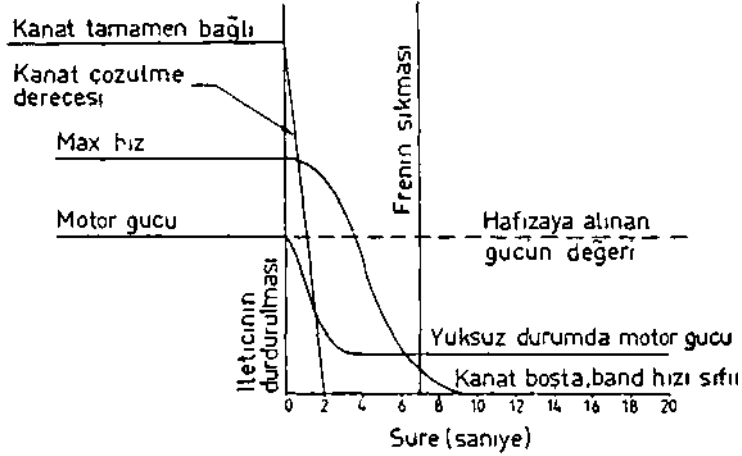
Lastik bantlı ileticiler pozitif ve negatif ivmelendirmeye göre donatılarak bant'ta meydana gelebilecek gerilmeler minimize edilmiştir. Bu, bilinen sincap kafesli motorlar ile kanatları kontrollü hidrolik kavramaların kullanılması, yüksek maliyetli hızı değiştirilebilir elektrik tahrik sistemine gereksinme duyulmadan tatbik edilebilmiştir. Kumanda sistemi lastik bantlı iletilici tarafından çekilen gücü kontrol ederek, topladığı bilgileri sürekli olarak son duruma göre düzenler. İletici durdurulduğu zaman bilgiler hafızada kilitlenir ve mikro prosesor bu bilgileri kullanarak negatif ivme değerini hesaplar. Bu şekilde, bandın durması esnasında frenin tatbik edilmesini emniyet altına alarak, bandın tek taraflı yüklenmesi halinde frenin çok erken kullanılmasıyla meydana gelebilecek sert kuvvetler elemine edilir.



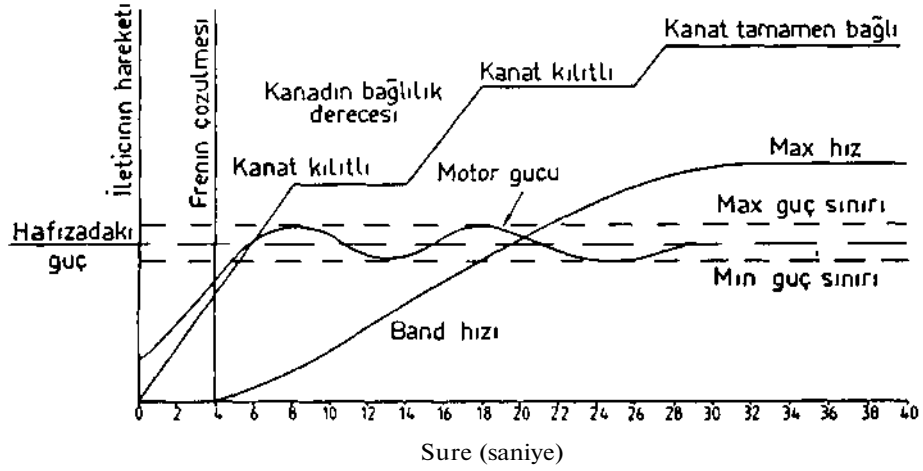
Şekil 15—Yüklü bir iletim tesisinde gücün kumandasız (ikazsız) olması halinde kalkış durumu (BCI)

İletici durduğu zaman, hafıza tahrik sisteminden istenen bilgileri saklar ve tekrar kalkış anında bu bilgiler frenin çözülmesi için gerekli momentin tatbiki ve kontrolünde kullanılarak geriye hareketi önleyebilecek yeterli moment saklı tutulur. Bu şekilde frenin gerektiğinden önce çözülmesiyle meydana gelebilecek istenmeyen kuvvetler ve geriye dönüş tehlikesi önlenmektedir.

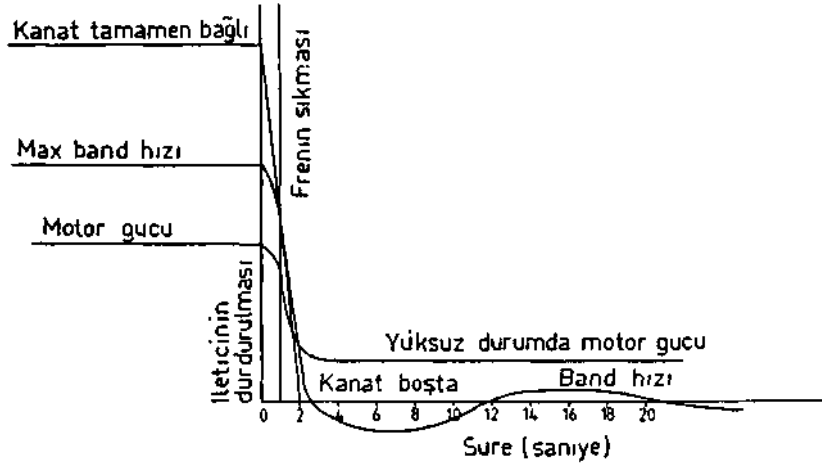
Tahrik sisteminin pozitif ivmelendirilmesi esnasında motor sürekli ikaz edilerek ve hidrolik kavramanın kanatları kontrol edilerek gücün öngörülen seviyeyi aşmaması temin edilir. Tahrik sistemi devir sayısının artması halinde, kumanda sistemi sürekli olarak gücü hafızada en son duruma getirir ve sistemi aşırı yüklemelerden korur. Kalkış ve duruş şartlarında iletim sistemine olan tesirler Şekil 15,16,17 ve 18 ile gösterilmiştir.



Şekil 16—Yuklu bir iletim tesisinde gücün kumandasız olması halinde duruş durumu (BCI)



Şekil 17—Yuklu bir iletim tesisinde gücün kumanda edilmesi halinde kalkış durumu (BCI)



Şekil 18—Yuklu bir iletim sisteminde gücün kumanda edilmesi halinde duruş durumu (BCI)

## 8. SONUÇ

Lastik bantlı iletim sistemleri, damperli kamyonlar, halat 11 havai iletim yollarına, raylı iletim sistemleri gibi birçok iletim sistemlerine nazaran birçok avantajlara sahiptir. Bu avantajlar sırasıyla düşük kapital maliyeti, düşük tahrik gücü, düşük çalışma ve bakım masrafları, gürültünün azalması ve Diesel motorlarının zararlı eksoz gazı emisyonlarının ortadan kalkması gibi çevre temizliği ve istenilen bir boşaltmanın uygulanabilmesi olarak belirtilebilir.

Yapılan maliyet hesapları yerüstü iletim tesislerinin aynı tonajın kamyonlarla iletiminde insangücü ve yakıt masrafı yönünden % 50'lik bir tasarrufun olabileceğini ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle lastik bantlı ileticilerin kullanılmasındaki artışın nedeni kolayca anlaşılmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. DEMIRSOY, M.-Transport Tekniği, Cilt 1 ve 2, Birsen Kitabevi, İstanbul, 1984
2. EICKHOFF-Mitteilunger 4/1968, 5/1968, 3/1969, 3 ve 4/1970, Bochum
3. EDWARDS, MJA.: Belt Conveyors Today and Tomorrow British Coal International, London, 1984
4. VIERLING, A.. Zur Theorie der Bandförderung Continental Transportband-Dienst, 3. Auflage Nr. 8, Hannover, 1972

