



**FARKLI YÖNTEMLERLE BİRLEŞTİRİLMİŞ
ENDÜSTRİYEL TESİS KONVEYÖR BANTLARIN
DAYANIM MUKAYESESİ**

Savaş KİRENLİ

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ**

**FARKLI YÖNTEMLERLE BİRLEŞTİRİLMİŞ ENDÜSTRİYEL TESİS
KONVEYÖR BANTLARIN DAYANIM MUKAYESESİ**

Savaş KİRENLİ

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliğı Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ**

**KARABÜK
Haziran 2021**

Savaş KİRENLİ tarafından hazırlanan “FARKLI YÖNTEMLERLE BİRLEŞTİRİLMİŞ ENDÜSTRİYEL TESİS KONVEYÖR BANTLARIN DAYANIM MUKAYESESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ

.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 21/06/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Yusuf Aytaç ONUR (BEÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah UĞUR (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Savaş KİRENLİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI YÖNTEMLERLE BİRLEŞTİRİLMİŞ ENDÜSTRİYEL TESİS KONVEYÖR BANTLARININ DAYANIM MUKAYESESİ

Savaş KİRENLİ

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ

Haziran 2021, 104 sayfa

Yaşadığımız çağda teknolojinin çok hızlı bir şekilde geliştiği aşikar bir durumdur. Bu çağın getirdiği yeniliklerden azami faydalanmayı amaç edinen insanoğlu, sanayileşmedeki gelişmeyi genellikle insan gücünden ziyade makineleşerek yürütmeyi tercih etmektedir. Nakil olayı, günümüzde sanayileşmede sık sık kullanılan bir terimdir. İşte insan gücünün yerini makineye devrettiği nakil işlerinde, bilhassa sanayi sektöründe bantlı konveyör sistemlerinden çokça faydalanılmaktadır.

Bantlı konveyör sistemlerinde taşınacak malzeme ve miktarına göre bant seçimi yapılmaktadır. Bant seçimi yapılırken, bandın güvenle çalışabilmesi için bir emniyet katsayı değeri mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Sanayide bantlar belirli standart genişlik ve boylarda üretilmekte ve tamburlar üzerine sarılmaktadır. Kullanılacağı yere göre istenilen boyda kesilen bantlar nihayetsiz hale getirilebilmeleri maksadı ile uçlarından birleştirilmektedir. Çalışma esnasında bandın

kopmaması ve nakil işleminin sekteye uğramaması için bant ekinin de en az bandın kendisi kadar dayanımlı olması beklenmektedir. Birleştirme sonrası bantların uzun süre sorunsuz çalıştırılması hedeflenirken, genellikle ek yerlerinden kopmalar yaşanması neticesinde çalışan tesislerde üretim kayıpları ile sonuçlanan uzun duruşlar verilmek zorunda kalınmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; tesiste bant bakım personelleri tarafından yapılan vulkanize (sıcak) ve mekanik (raptiyeleme) birleştirme yöntemlerinin birbiriyle karşılaştırılarak tesis için en uygun bant birleştirme yönteminin tespit edilmesi ve konuyla ilgili çalışanların başvurulabileceği önemli bir kaynak haline getirilmesidir.

Bu çalışmada, bantlı konveyörlerin genel hatlarından, avantajlarından, dezavantajlarından, bant ek yeri birleştirme yöntemlerinden, bantlı konveyörlerin kullanım alanlarından, bantlı konveyör elemanlarından, bant tipi ve bandın yapısından bahsedilmiştir. Ayrıca bant birleştirme yöntemlerinin detaylı olarak incelemesi yapılarak uygun yöntemin değerlendirilmesi deneysel olarak yapılmıştır.

Yapılan araştırmalara ve deneylere göre bant ekinde yapılan metotlardan vulkanize sıcak birleştirme yönteminin mekanik birleştirme yöntemine göre daha mukavemetli olduğu görülmüştür. Uygun yöntemin tesiste yapılmasıyla zaman, işçilik ve maliyet açısından tasarruf sağlanacağı vurgulanmıştır.

Anahtar Sözcükler : Bantlı taşıyıcılar, bantlı konveyörler, konveyör bant birleştirme yöntemleri, vulkanizasyon yöntemi

Bilim Kodu : 91419

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

STRENGTH COMPARISON OF INDUSTRIAL PLANT CONVEYOR BELTS COMBINED WITH DIFFERENT METHODS

Savaş KİRENLİ

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Mechanical Engineering**

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Recep DEMİRSÖZ

June 2021, 104 pages

In this age we live in, it is obvious that technology is developing very quickly. Humanity that is aiming to make maximum use of the innovations brought by this age, generally prefer to carry out the development of industrialization by mechanization rather than by manpower. Transport event is a term often used in industrialization today. Here, conveyor belt systems are widely used in transport jobs where manpower is replaced by machinery, especially in the industrial sector.

Belt selection is made according to the material and quantity to be transported in conveyor belt systems. When selecting conveyor belt, a safety coefficient value must be considered in order for the conveyor belt to work safely. In industry, conveyor belts are produced in certain standard widths and lengths and wrapped on drums. The bands that are cut to the desired sizes according to the place where it will be used, are joined at the ends in order to be made without end. It is expected that the conveyor

belt joint will be at least as durable as the conveyor belt itself, so that the conveyor belt does not break during operation and the transfer process is not interrupted. While it is aimed for the bands to run smoothly for a long time after joining, long stops are usually forced to be given in working facilities resulting in production losses as a result of breaks from the joints.

The aim of this study is to compare vulcanized (hot) and mechanical (fastening) joining methods made by belt maintenance personnel in the facility with each other and to determine the most appropriate belt joining method for the facility and to make it an important resource for related employees to apply to.

In this study, the general lines of belt conveyors, advantages, disadvantages, belt joining methods, usage areas of belt conveyors, belt conveyors elements and belt types and structure were mentioned. In addition, by carrying out a detailed examination of the conveyor belt joining procedures, the evaluation of the appropriate method was carried out experimentally.

According to research and experiments have been done, it was seen that vulcanized hot joining method is stronger than mechanical joining method. It is emphasized that the appropriate method will save time, Labor and cost by making it in the facility.

Key Word : Banded pullers, conveyor belts, conveyor belt joining methods, vulcanization method

Science Code : 91419

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ ‘e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bant birleştirme uygulamalarında ve numunelerin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen ve emeği geçen Kardemir A.Ş. Mekanik Bakım Formeni Adem KARABABA’ya, deney ve testlerin yapılmasında emeği geçen Kardemir A.Ş. Kalite Mühendisi Arkin ARGUN’a ve değerli bilgilerinden faydalandığım Osman MEHMET’e teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgmeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
BANTLI KONVEYÖRLER	4
2.1. BANTLI KONVEYÖRLER VE GENEL ÖZELLİKLERİ	4
2.2. BANT YAPISI VE ÖZELLİKLERİ	15
2.2.1. Karkasına Göre Bantlar	16
2.2.1.1. Tekstil Dokulu Bantlar.....	18
2.2.1.2. Çelik Dokulu Bantlar	24
2.2.2. Kaplamasına Göre Bantlar.....	25
2.2.2.1. Kauçuk Malzeme ve Özellikleri	25
2.2.2.2. Alt ve Üst Kaplama Kauçuğu	28
2.2.2.3. A Tipi Aşınmaya Dayanıklı Bantlar	31
2.2.2.4. T Tipi Isıya Dayanıklı Bantlar	31
2.2.2.5. O Tipi Yağa Dayanıklı Bantlar	32
2.2.2.6. F Tipi Aleve Dayanıklı Bantlar.....	33
2.2.3. Tırmanma Açısına Göre Bantlar.....	33
2.3. KONVEYÖR BANT SEÇİMİ	34

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3	36
BANT EKLEME YÖNTEMLERİ.....	36
3.1. KONVEYÖR BANT EKLEME YÖNTEMLERİ	36
3.1.1. Vulkanizasyon Sıcak Birleştirme Yöntemi	42
3.1.1.1. Vulkanizasyon sıcak birleştirme işlem adımları	44
3.1.1.2. Vulkanizasyon preslerde ısının ve sürenin önemi	59
3.1.1.3. Vulkanizasyon preslerde basınç ve önemi	60
3.1.2. Mekanik Birleştirme Yöntemi	60
3.1.2.1. Mekanik birleştirme işlem adımları	62
BÖLÜM 4	68
LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	68
BÖLÜM 5	77
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	77
5.1. METARYAL VE METOT.....	77
5.1.1. Mekanik Birleştirme Yöntemi Deney Metodu	79
5.1.2. Vulkanizasyon Birleştirme Yöntemi Deney Metodu	79
5.2. NUMUNE HAZIRLAMA	81
5.3. ÇEKME DENEYİ	83
BÖLÜM 6	86
DENEYSEL SONUÇLAR	86
BÖLÜM 7	94
GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	94
7.1. GENEL SONUÇLAR	94
7.2. ÖNERİLER	98
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Bir bantlı konveyör genel görünümü	2
Şekil 2.1. İlk bantlı konveyör tasarımı	4
Şekil 2.2. Endüstriyel tesiste yer alan kapalı ve açık bantlı konveyör galerisi.	5
Şekil 2.3. Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılan bantlı konveyör ile malzeme iletimi. .	6
Şekil 2.4. Bantlı konveyörlerde taşınan malzemeler.....	7
Şekil 2.5. Bantlı konveyör sisteminde bulunan ana elemanlar	9
Şekil 2.6. Tahrik tamburu.	10
Şekil 2.7. Altına ağırlık asılmış gerdirme tamburu.....	10
Şekil 2.8. Vidalı gerdirme sistemi.....	11
Şekil 2.9. Sıyırıcı (temizleyici, silici).	11
Şekil 2.10. Emniyet sivici ve siviç teli.....	12
Şekil 2.11. Makaralar (roleler).	12
Şekil 2.12. Tesiste stok yapılan bant ruloları.	14
Şekil 2.13. Bant türleri.	16
Şekil 2.14. Karkas iplikleri	17
Şekil 2.15. Genel olarak bir kort bezi görünümü.	17
Şekil 2.16. Tekstil dokulu bant ve yapısı	18
Şekil 2.17. Dört kat karkas malzemeli bir bant yapısı	20
Şekil 2.18. Çelik dokulu bant.....	25
Şekil 2.19. Hevea Brasiliensis ağacından lateks elde edilmesi.....	26
Şekil 2.20. Tesiste kullanılan A tipi aşınmaya dayanıklı bant.	31
Şekil 2.21. Tesiste kullanılan T tipi ısıya dayanıklı bant.	32
Şekil 2.22. O tipi yağa dayanıklı bant.	32
Şekil 2.23. Tırmanma açısına göre bantlar	33
Şekil 3.1. Bant birleştirme yöntemlerinin uygulama sürelerinin kıyaslanması	38
Şekil 3.2. Mekanik ek yeri hataları.	39
Şekil 3.3. Vulkanizasyon ek yeri hataları.	40
Şekil 3.4. Ek yeri dayanımının azalışına neden olan parametreler	41

Sayfa

Şekil 3.5. Vulkanizasyon kaynak makinesi	44
Şekil 3.6. Bant zaviyeli kesim işlemi	45
Şekil 3.7. Bant ek yeri şematik gösterimi.	45
Şekil 3.8. Kat alma (merdiven, basamak) diyagramı	46
Şekil 3.9. Detay bant ek yeri gösterimi.	47
Şekil 3.10. Bantların köşebentlerle sabitlenmesi.	48
Şekil 3.11. Bant uçlarının markalanması.	48
Şekil 3.12. Bant ek yeri markalama ve kesim işlemi.	49
Şekil 3.13. Bant üst ekleme kauçuk kapağının kesilme işlemi.	49
Şekil 3.14. Üst kaplama kauçuğunun yüzülmesi.	50
Şekil 3.15. Tekstil dokulu bant kademelerinin yüzülmesi.	50
Şekil 3.16. Kademelerin oluşturulması.	51
Şekil 3.17. Bant ucundan kauçuğun alınması.	51
Şekil 3.18. Bant eksen ayarı.	52
Şekil 3.19. Alt ve üst kademelerin işaretlenmesi.	52
Şekil 3.20. Alt ve üst bant uçlarının kademe halinde yüzülmesi.	53
Şekil 3.21. Tekstil özlü bandın raspalanması.	53
Şekil 3.22. Solüsyonlama işlemi.	54
Şekil 3.23. Ara bağlantı kauçuğunun yerleştirilmesi.	54
Şekil 3.24. Bant kapama işlemi.	55
Şekil 3.25. Üst kapama kauçuğunun yapıştırılması.	55
Şekil 3.26. Tesiste kullanılan vulkanize kaynak makinesi ve ekipmanları.	56
Şekil 3.27. Alt vulkanize traverslerin yerleştirilmesi.	56
Şekil 3.28. Üst ve alt ısıtıcı plakaların ayarlanması.	57
Şekil 3.29. Vulkanize pres makinesinin çalıştırılması.	57
Şekil 3.30. Bant kenarındaki fazlalıkların kesilmesi.	58
Şekil 3.31. Vulkanizasyon sıcaklık zaman grafiği	59
Şekil 3.32. Tesiste kullanılan bant raptiyeleri.	63
Şekil 3.33. Mekanik ekleme şablon ve delik merkezlerinin ayarlanması.	64
Şekil 3.34. Delik delme işlemi.	64
Şekil 3.35. Alt raptiye montajı.	65
Şekil 3.36. Raptiye arası bez monte edilmesi.	65

Sayfa

Şekil 3.37. Raptiye sıkma işlemi.....	66
Şekil 3.38. Mekanik birleştirme yöntemi uygulanan bant.	66
Şekil 5.1. Çekme test cihazı (ekstansometre).	78
Şekil 5.2. Çekme test cihazı tırtıklı çeneler	78
Şekil 5.3. Mekanik birleştirme yöntemi şematığı	79
Şekil 5.4. Tip B papyon test parçası.....	80
Şekil 5.5. Papyon numune aparatı.....	81
Şekil 5.6. Papyon şeklindeki normal (N) ve vulkanize (K) bant numuneleri.	82
Şekil 5.7. Mekanik ek bağlantılı bant numuneleri.	82
Şekil 5.8. Gerilim uzama eğri grafiği.....	84
Şekil 5.9. Nomal bant ve vulkanizasyon yöntemi uygulanan bant çekme deneyi. ..	85
Şekil 5.10. Mekanik birleştirme yöntemi uygulanan bant çekme deneyi.	85
Şekil 6.1. Nomal, işlemsiz bant bant çekme deneyi kopması.	87
Şekil 6.2. İşlemsiz, normal bandın kopma uzama eğri diyagramı.	88
Şekil 6.3. Vulkanizasyon yöntemiyle birleştirilmiş bant çekme deneyi kopması. ..	89
Şekil 6.4. Vulkanize birleştirilmiş bandın kopma uzama eğri diyagramı.	90
Şekil 6.5. Mekanik yöntemle birleştirilmiş bant çekme deneyi kopması.	91
Şekil 6.6. Mekanik birleştirilmiş bandın kopma uzama eğri diyagramı.	92
Şekil 6.7. Bant birleştirme yöntemlerinin dayanım mukayesesi.....	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Kardemir A.Ş. demir çelik tesisinde taşınan malzemeler ve özellikleri. .	7
Çizelge 2.2. Tekstil dokulu bantlarda kullanılan ipliğin kısa gösteriliş kodları	19
Çizelge 2.3. Karkas bez kalınlıkları.	20
Çizelge 2.4. Tekstil dokulu bantlar için önerilen bant karkas adet sayıları	21
Çizelge 2.5. Tekstil dokulu bantlar için bant genişlikleri ve toleransları	22
Çizelge 2.6. Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılan konveyör bantları.....	22
Çizelge 2.7. Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılan toplam bant listesi.....	24
Çizelge 2.8. Bantlarda kullanılan kaplama kauçuk türleri	27
Çizelge 2.9. Bantlarda taşınan malzemeler ve kullanım alanları	30
Çizelge 3.1. Bant ek ölçüleri.....	47
Çizelge 6.1. İşlemsiz, normal bant kopma dayanımı numune sonuçları.....	87
Çizelge 6.2. Vulkanize birleştirme yöntemi bant kopma dayanım sonuçları.	88
Çizelge 6.3. Vulkanize birleştirme yöntemi künyesi.	89
Çizelge 6.4. Mekanik birleştirme yöntemi bant kopma dayanım sonuçları.....	90
Çizelge 6.5. Mekanik birleştirme yöntemi künyesi.	91
Çizelge 6.6. Bant birleştirme yöntemleri dayanım ve standart sapma mukayesesi. ..	92

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

C	: Santigrat
°C	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
d/d	: Devir/dakika
F	: Kuvvet
F _{max}	: Maksimum kuvvet
gr	: Gram
h	: Saat
m	: Metre
max	: Maksimum
m/s	: Metre/saniye
mm	: Milimetre
min	: Minimum
N	: Newton
N/mm	: Newton/milimetre
s	: Saniye
t	: Ton
<i>t</i>	: Zaman
t/h	: Ton/saat
T	: Sıcaklık
/	: Bölme
°	: Derece
σ	: Gerilme
σ _k	: Kopma gerilmesi
σ _{max}	: Maksimum kopma gerilmesi
%	: Yüzde

KISALTMALAR

A	: Deney numunesinin genişliği
A	: Kesit alanı
ASTM	: American Society for Testing and Materials
A.Ş.	: Anonim Şirketi
B	: Bant genişliği
BR	: Butadien Kauçuğu
DIN	: Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)
EN	: European Norm (Avrupa Normu)
EP	: Polyester polyamid
EPDM	: Etilen-Propilen-Dien Termopolimeri
EPM	: Etilen Propilen Kopolimeri
IIR	: Butil (zobuten-zopren) Kauçuğu
IR	: Sentetik Zopren Kauçuğu
ISO	: International Organization for Standardization
kg	: Kilogram
L	: Vulkanizasyon boyu
La	: Açık uzunluğu
LC	: Merkez çizgisi
LCO	: Kaplama kesme doğrusu
LR	: Referans çizgisi
Ls	: Ek yeri kat (adım) uzunluğu
Lv	: Ek yeri için tavsiye edilen uzunluğu
NR	: Doğal Kauçuk
PP	: Polyamid polyamide
SBR	: Stiren Butadien Kauçuğu
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüz teknolojisiyle beraber, kurulmakta olan fabrikalar ve tesisler daha modern bir hale gelmiştir. Teknolojinin gelişimiyle birlikte üretim kapasiteleri de buna paralel olarak artmaktadır. Gerek demir çelik fabrikaları gerekse diğer üretim fabrikalarında malzeme ve diğer sanayi ürünlerinin miktarları artmış ve bunların daha kolay, hızlı ve güvenilir bir şekilde taşınması ihtiyacı doğmuştur. Taşıma ve nakil teknolojisi de sürekli gelişme göstererek yüklerin paketlenip iletilmesine kadar süreçte, zaman ve miktar artışı olarak çokça faydalar sağlamaktadır [1].

Günümüzde endüstriyel tesislerde işletme maliyetlerine etki eden parametrelerden biri de malzemelerin taşınmasıdır. Tam da bu hususta işletmelerin bu konudaki yardımına bantlı konveyörler gelmektedir. Bantlı konveyörler, çeşitli ebat ve büyüklükteki malzemeleri sürekli bir şekilde istenilen mesafelere taşımaya yarayan iletim mekanizmalarıdır. Bantlı konveyörler, malzemelerin sürekli taşınmasında genellikle tercih edilen transport yöntemlerin başında gelmektedir. Yüksek taşıma kapasiteleri ve istenilen mesafelere taşıma becerisiyle birlikte endüstriyel tesislerin bantlı konveyörleri tercih etmesi kaçınılmazdır. Ayrıca bantlı konveyör tasarımlarının basit olması, hafif konstrüksiyonlu olması ve güvenli çalışması gibi parametrelerden dolayı da en çok tercih edilen iletim ve taşıma mekanizmaları haline gelmiştir. Bantlı konveyörler ile genel olarak yaş veya kuru malzeme taşındığı gibi bütün veya parça halindeki iri taneli malzemelerde taşınmaktadır [2]. Kardemir A.Ş. tesisinde ağırlıklı olarak sinter malzemesi, kok kömürü, kum, cüruf ve kireç taşı malzemeleri taşınmaktadır.

Bantlı konveyör sistemleri genel itibarıyla iki kasnak tamburu arasında çalışan, altındaki rulolarla desteklenmiş ve taşıyıcı banttan oluşan bir mekanizmadır.

Malzeme bandın üst yüzünde taşınmaktadır. Konveyör banda malzemelerin yüklenmesi ve boşaltılması istenilen noktalardan yapılmaktadır [3].



Şekil 1.1. Bir bantlı konveyör genel görünümü [4].

Bantlı konveyör sistemlerinde tesis ve işletme maliyetlerini en çok etkileyen elemanlardan biri taşıyıcı bantlardır. Fabrika sahasındaki bantlı konveyörlerin ek yerlerinde kopmalar olduğu gözlemlenmiş olup bu arızalar yüzünden istenmeyen duruşlar meydana gelmektedir. Bu çalışmada genel olarak konveyör bandın yapısından ve birleştirme yöntemlerinden detaylı olarak bahsedilip bandın uzun süre çalışması için en uygun birleştirme yönteminin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Sunulan tez çalışması 7 bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm, giriş bölümü olarak verilmektedir. Bu bölümde, genel olarak bantlı konveyörlere kısaca değinilmiştir.

Bölüm 2’de bantlı konveyörlerin tarihsel gelişimi, genel özellikleri, çalışma sistemleri, avantaj ve dezavantajları, konveyör bandın yapısı ve özellikleri yer almaktadır. Ayrıca bant yapısı; karkasına göre bantlar, kaplamasına göre bantlar ve tırmanma açısına bantlar olarak bu bölümde yer almaktadır.

Bölüm 3’te bantlı konveyörlerde uygulanan bant ekleme yöntemleri detaylı olarak yer almaktadır. Vulkanizasyon sıcak birleştirme yöntemi ve mekanik (raptiyeleme) birleştirme yöntemi detaylı olarak yer almaktadır.

Bölüm 4’te bantlı konveyörler ve bant birleştirme yöntemleri ile ilgili literatür çalışmasına yer verilmiştir.

Bölüm 5’te deneysel çalışmalar, deneysel çalışmalarda izlenen işlem basamakları, deneysel çalışma için gerekli olan bant numunelerin temini ve nasıl hazırlandığı, numunelere uygulanan testlerin nerede ve nasıl yapıldığı açıklanmaktadır.

Bölüm 6’da deneysel çalışma sonuçlarına yer verilmiştir.

Bölüm 7’de genel sonuçlara ve tartışmaya yer verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gerekli analiz ve yorumlar yapılmıştır.

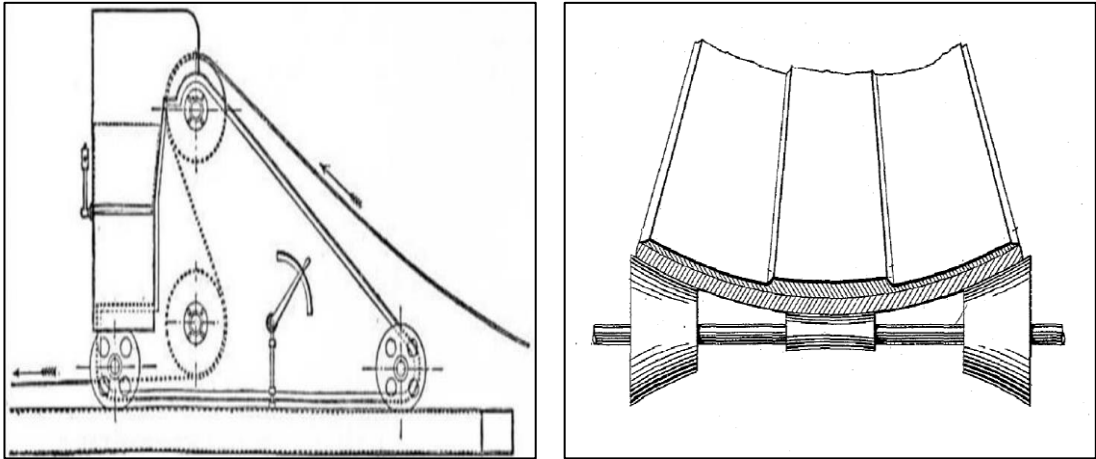
Son olarak ise kaynakça ve özgeçmiş yer almaktadır.

BÖLÜM 2

BANTLI KONVEYÖRLER

2.1. BANTLI KONVEYÖRLER VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Konveyörler, malzemeyi taşıyan devamlı sistemlerdir. Bantlı konveyörler ile malzeme nakil işleri çok eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Bantlı konveyörler ile malzeme nakil işlemi 1868 yılında İngiliz mühendis George Fosbery Lyster tarafından keşfedilmiş olup, bugüne kadar malzeme nakil işlerinde en yaygın kullanılan metotlardan biri olmuştur. Lyster, kauçukla kaplanmış iki kat çadır bezinden yapılan sonsuz bantla malzemeleri taşıma metodunu kullanmıştır. Lyster, günümüzde bantlı konveyörlerdeki birçok özelliği keşfeden kişidir [5]. 1893 yılında Thomas RobinsJr bantlı konveyörlerdeki çalışmalarından dolayı ilk patenti almıştır. Bu patent ile beraber Thomas RobinsJr. bantlı konveyörlerin mucidi olarak kabul edilmektedir [6].



Şekil 2.1. İlk bantlı konveyör tasarımı [6].

İlk bantlı konveyörlerden tahıl taşıma amacıyla yararlanılmıştır. 1800’lü yılların sonlarına doğru kömür ve maden gibi çok daha farklı malzemelerin taşınmasında da bantlı konveyörler kullanılmaya başlanmış olup günümüzde bantlı konveyörler

çoğunlukla farklı malzemelerin uzun mesafelere taşınmasında kullanılmaktadır [7]. Bantlı konveyörler genel olarak malzemeyi bir noktadan başka bir noktaya taşımaya yarayan sistemler mekanizmasıdır. Konveyörler elektrik motorlarıyla tahrik edilerek otomatik kontrol sistemiyle çalışırlar. Konveyörlü bant sistemleri birden çok farklı ürünün hızlı, kolay ve güvenli bir şekilde iletilmesini sağlarlar. Farklı endüstri sanayi dallarına hizmet vermektedirler ve farklı türlerde bantlı konveyör sistemleri de olabilmektedir [8]. Bantlı konveyörler açık sahada yer alıp malzeleri taşıyabildiği gibi kapalı bir galeri içerisinde de yer alabilir ve bu şekilde de sevk edilebilmektedirler.



Şekil 2.2. Endüstriyel tesiste yer alan kapalı ve açık bantlı konveyör galerisi.

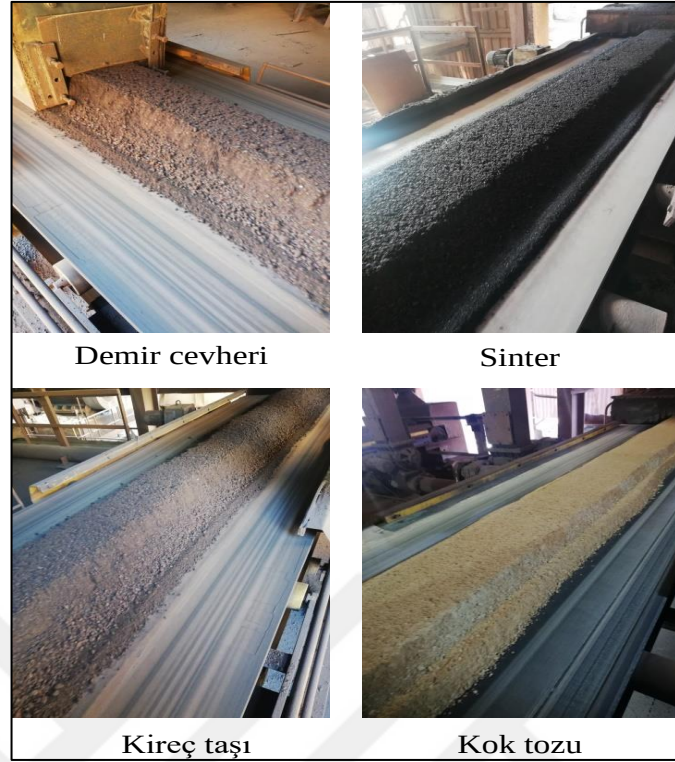
Endüstriyel tesislerde muhtelif malzemelerin bir yerden diğer bir yere nakledilmesi yükün cinsine, büyüklüğüne ve mesafeye bağlı olarak değişmektedir. Bu nakil işleminin enerji, zaman ve maliyet bakımından elverişli bir şekilde yapılması işletme ekonomisine olumlu yönde etki etmektedir. Bu şartlar göz önüne alındığında malzeme iletiminde bantlı, rulolu, zincirli, pnömatik, hidrolik ve helezonlu konveyörler kullanılmakla birlikte elevatörler, asansörler, palanga ve çıkırıklar, gezer köprüler, vinçler, yükleme köprüleri, yer vinçleri ve her tipten yük taşıyan motorlu araçlar gibi birçok transport nakil elemanı kullanılmaktadır [2]. İletilecek malzeme bir veya birkaç tambur tarafından hareket ettirilen bant yardımıyla taşınmaktadır.



Şekil 2.3. Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılan bantlı konveyör ile malzeme iletimi.

Bantlı konveyörlerde, seçim kriterleri belirlenirken taşınan malzemelerin de özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır. Parça malzemeler için kütle, şekil, sıcaklık, fiziksel ve kimsayal nitelikler, sertlik, kırılgenlık ve malzeme ile bant arasındaki sürtünme özellikleri dikkate alınmaktadır. Yığın malzemeler için yoğunluk, tane büyüklüğü, yığın açısı, nem, sıcaklık, korozyon ve insan sağlığına etkisi gibi özellikler dikkate alınmaktadır [2].

Kardemir A.Ş. tesisinde genel olarak sinter malzemesi, kok kömürü, kum, cüruf ve kireç taşı malzemeleri taşınmaktadır.



Şekil 2.4. Bantlı konveyörlerde taşınan malzemeler.

Kardemir A.Ş. tesisinde bantlı konveyörlerde genellikle taşınan malzemelerin özellikleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kardemir A.Ş. demir çelik tesisinde taşınan malzemeler ve özellikleri.

Malzeme	Yoğunluk (gr/cm ³)	Tane Büyüklüğü (mm)	Nem Oranı (%)
Antrasit tozu	1,1	0-3	%10-12
Sinter ve geri dönüş tozu	1,9	6-40	%0 (Sinter makina fırınında pişirildiği için nem yoktur.)
Demir cevheri	2	0-10	%5-6
Kireç taşı	1,78	0-5	%5-8
Kok tozu	0,81	0-3	%12-16

Bantlı konveyörleri kullanmanın tesis için başlıca avantajları şunlardır:

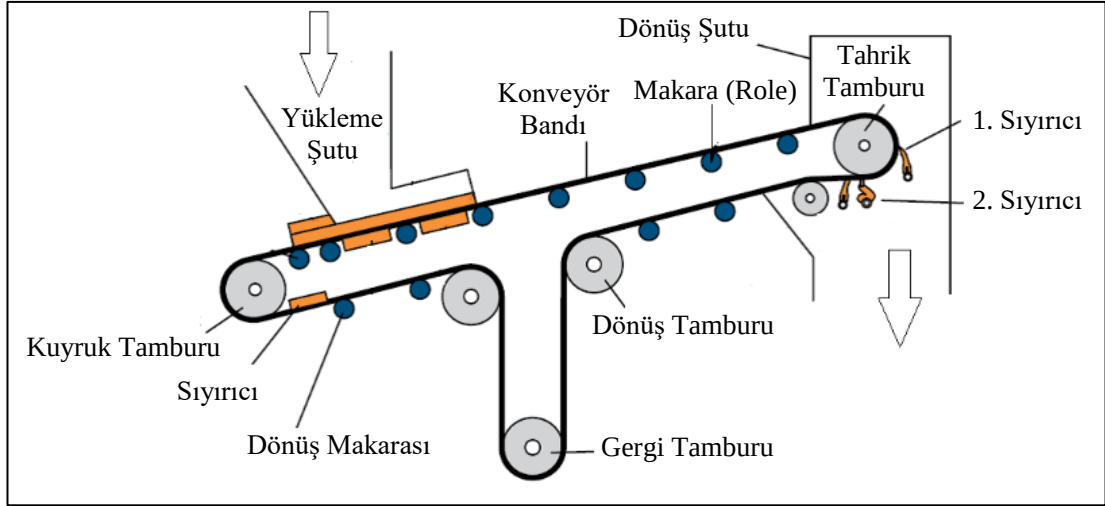
- Enerji gereksiniminin az olması
- Basit konstrüksiyonlu olması
- Malzeme iletiminin fazla olması
- Uzun mesafelere taşımanın kolay olması
- Maliyetinin az olması, ucuz hizmet ve servis masraflarının düşük olması
- Nakledilen malzemenin taşıma sırasında güvenli şekilde korunması
- İnsana duyulan ihtiyacın az olması

Bantlı konveyörlerin avantajlarının yanında az da olsa dezavantajları da mevcut olup bunlar [1]:

- Kısmi yüklerde düşük verimle çalışması
- Kuvvetli toz oluşturmaları
- Yukarı eğimlere doğru sınırlı taşıma yapılması

Bantlı konveyörler ile kısa mesafede taşıma işleri yapılmakla birlikte uzun mesafelere de malzeme nakli yapılabilmektedir. Uzun mesafelere malzeme taşımak için gerekli ayarlamalar ve tasarımlar yapılmaktadır. Bant genişlikleri standartlara ve üretici firmalar ile tesis için gerekli malzeme özelliklerine göre 300 mm ile 3200 mm arasında değişkenlik göstermektedir [9].

Konveyör sistemi; taşıyıcı bant, tahrik tamburu, kuyruk tamburu, sıyrıcılar (temizleyici), çelik konstrüksiyon taşıyıcı sistemi, motor - redüktör şasesi, elektrik motoru, tahrik redüktörü, bant taşıyıcı makaralar, yükleme ve boşaltma şutları, emniyet elemanları, iş güvenliği tertibatları ile gerdirme sisteminden oluşmaktadır.



Şekil 2.5. Bantlı konveyör sisteminde bulunan ana elemanlar [10].

Bantlı konveyör sisteminin önemli elemanlarından birisi de tamburlardır. Tambur, dairesel hareketiyle üzerindeki konveyör bandın ileri ve geri doğrusal hareketini sağlayan ve bunun yanında bant üzerinde malzeme taşınmasını sağlayan konveyör elemanlarıdır.

Tahrik tamburu; Konveyör bandını hareket ettirmeye yarayan elemanlardır. Tahrik tamburu ve tahrik mekanizması çelik konstrüksiyon bir şase üzerine yerleştirilmiştir. Tahrik tamburu, konveyör bandını kavrayarak sürtünmenin de etkisiyle hareket ettirir ve hareketi alan bant, üzerindeki malzemeyi taşır. Bantlı konveyörler eğimli olarak tasarlandığında tahrik tamburları bant ile olan kavramasını arttırmak amacıyla kauçuk malzemeyle kaplanmaktadır. Tahrik tamburları, bandın uzunluğuna, taşınacak malzeme miktarına ve ağırlığına göre seçilmektedir.



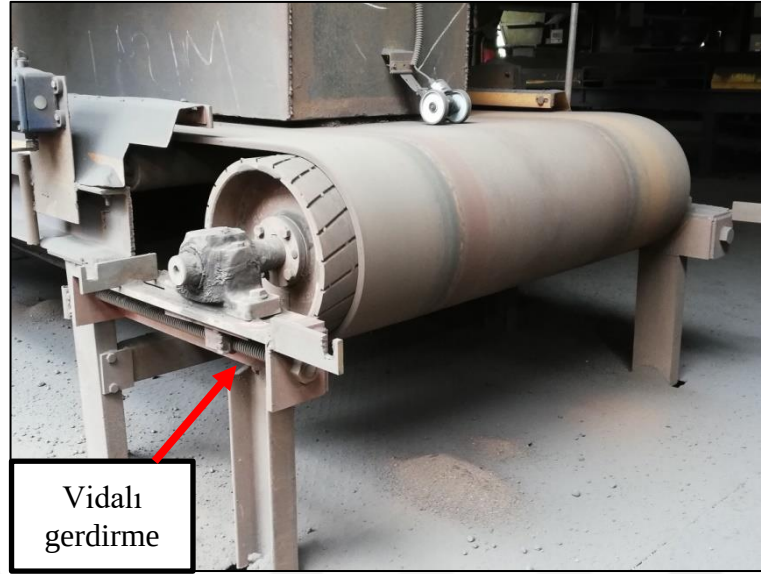
Şekil 2.6. Tahrik tamburu.

Gerdirme tamburu, konveyör bandın kaymasını önlemek amacıyla gerdirme işlemini yapmaya yarayan elemanlardır.



Şekil 2.7. Altına ağırlık asılmış gerdirme tamburu.

Endüstriyel tesislerde ve Kardemir A.Ş.'de genellikle bant gerdirme işlemi, altına ağırlık asılmış gerdirme tamburları ve vidalı gerdirme tamburları ile yapılmaktadır.



Şekil 2.8. Vidalı gerdirme sistemi.

Saptırma tamburu, konveyör bandın yana kaymasını önleyen ve roleler üzerinde dengeli hareket etmesini sağlayan elemanlardır. Saptırma tamburları yataklarla çelik konstrüksiyon şase üzerine monte edilebilir ve ihtiyaca göre demonte edilebilmektedir.

Sıyırıcı, tamburların üzerine monte edilen ve bantlarda taşınan malzemelerin bant üzerinden temizlenmesi amacıyla çalışan elemanlardır. Tesiste sıyırıcılar; temizleyici, silgi ve silici olarakta adlandırılmaktadır.



Şekil 2.9. Sıyırıcı (temizleyici, silici).

Emniyet teli, bantlı konveyör sistemini otomatik olarak durdurmaya yarayan elemanlardır.



Şekil 2.10. Emniyet sivici ve siviç teli.

Makaralar (roleler), bantlı konveyörlerde banda mesnetlik yapmaya ve oluk şeklinde form vermeye yarayan elemanlardır. Çelik, plastik veya lastik kaplı borulardan imal edilmektedirler [11].



Şekil 2.11. Makaralar (roleler).

Malzemeler bant üzerinde taşınmaktadırlar. Malzemelerin geri dönüşü ise konveyör bandın alt tarafından ve boş şekilde yapılmaktadır. Bakım onarım işlerinde yüklerin bantlı konveyör üzerinden kaydırılarak alınması gerekebilir. Bu işlem sırasında bantlara zarar vermemek için azami dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, bantlı konveyörlerin, arıza durumlarında yükün boşaltılması gerekmeksizin, en kısa sürede ve en dayanıklı bakım yöntemi belirlenerek tekrar devreye alınması gerekmektedir. Bunun için bakım onarım ve montaj-demontaj kolaylığına daha en başından düşünülerek karar vermek önem taşımaktadır [12].

Bantlı konveyörler tesiste uygun şekilde desteklenerek bir bant tertibatı rulosuna yerleştirilmiş vaziyette taşınmakta ve sevk edilmektedir. Bant rulosu uygun şekilde ambarlarda depolanmalı ve sabit bir sıcaklıkta korunmalıdır. Kapalı alanda depolanan bantlar rutubete maruz bırakılmamalıdır. Zira nem banda zarar veren bir unsurdur. Tekstil dokulu konveyör bandının mekanik özellikleri, sıcaklık gradyanı ve nem gibi çevresel koşullara çok duyarlı olabilmektedir. Yüksek nem seviyelerine sürekli maruz kalma, malzemelerin mekanik davranışında bir değişikliğe neden olabilmektedir. Ayrıca, neme maruz kalma, bant yapısının performansını bozabilir ve erken hasara neden olabilir. Sevkiyat veya depolama sürecinde bant rulosu üstünün su, ışık ve ozon ışınlarına karşı korunaklı bir brandayla kapatılması bandın maruz kalacağı olumsuz etkilerden korumaya yardımcı olabilecektir. Bantlar kapalı alanda karanlık bir ortamda bekletilmelidir. Aşırı sıcaklık değişimleri uzun süre depolanan bantta olumsuz etkiler yaratabilmektedir [13].

Konveyör bandın ışığa, ısıya, neme, kimyasallara ve gaz halindeki kirleticilere maruz kalması, ömürlerinde bir azalmaya neden olmaktadır. Özellikle ışık ve ultraviyole radyasyonu, kauçuk yapısında bozulmaya yol açabilmektedir. Ozon ve oksijen hasarının hızlanmasını tetikleyebilir. Ozon, kauçuk üzerinde spesifik bir etkiye sahiptir ve bu, kauçuk bandın ömrünü etkileyebilecek enine çatlakların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ayrıca ozonun varlığı, kauçuktaki polimer bağlarının farklı oranlarda yırtılmasını belirleyen zararlı reaksiyonlara neden olabilir. Bu değişiklikler viskozite ve mukavemet özelliklerini etkilemektedir [14].

Ayrıca konveyör bantları çok uzun süreler ambarlarda bekletilmemelidir. Çünkü bu durum bantta mukavemet kayıplarına yol açabilmektedir. Bandın uzun süre stokta bekletilmesi bandın hizmet ömrünün kısılmasına neden olmaktadır [15].



Şekil 2.12. Tesiste stok yapılan bant ruloları.

Bantlı konveyörler; sanayi tesislerinde birçok yerde kullanılmaktadır. Bantlı konveyörlerin genel olarak kullanıldığı alanlar şunlardır [7]:

- Demirçelik fabrikaları
- Kireç ocakları
- Tuğla fabrikaları
- Kum ocakları
- Cam fabrikaları
- Taş ocakları
- Maden ocakları
- Termik santralleri
- Cevher hazırlama tesisleri
- Tahıl siloları
- Liman yükleme ve boşaltma tesisleri
- Hafriyat ve beton tesisleri
- Kimya, kağıt, çimento ve şeker tesisleri

Bantlı konveyörlerde malzemeyi taşıyan bant, ana eleman olarak görev yapmaktadır. Bant üzerinde taşınacak olan malzemeler devamlı olarak bantta çekme ve gerdirmeye kuvveti oluşturmaktadır. Konveyör bandından yüksek mukavemet, uzun çalışma ömrü ve bükülmeye karşı direnç gibi özellikler göstermesi beklenmektedir. Çünkü bantta istenmeyen bir durum meydana geldiğinde çalışan sistemin durmasına yol açabilir ve bunun sonucunda ekonomik kayıplar meydana gelmektedir [1].

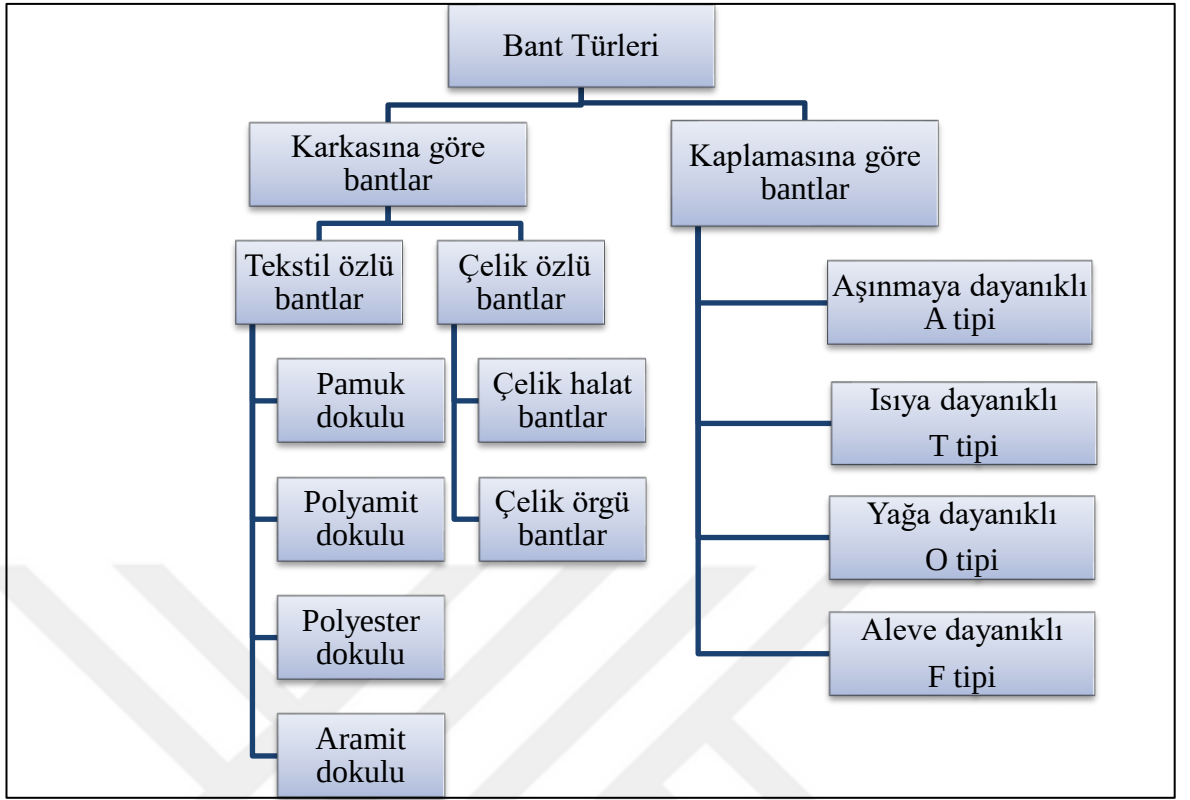
Bantlı konveyörlerde bandın en önemli yapısını karkaslar (kort bezleri) oluşturmaktadır. Karkaslar çeşitli malzemelerden yapılmakla birlikte genellikle pamuk, ipek, polyamit, polyester ve çelikten imal edilmektedirler. Bandın kullanım yerine göre kullanılacak karkas malzemeleri de değişmektedir. Konveyör bantları iç yapılarına (karkaslarına) göre iki ana grupta incelenebilir. Bunlar; tekstil dokulu (özlü) bantlar ve çelik dokulu (özlü) bantlar olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmanın konusunu teşkil eden tekstil özlü bantlar için TS EN ISO 14890 standardı kullanılan malzemelerle ilgili özellikleri vermektedir.

Bandın hareketi sırasında bantta çekme ve basma gerilmeleri oluşur. Buna bağlı olarak bandın kalınlığı, genişliği, karkas yapısı ve adedi taşınacak malzeme özelliklerine göre sistem açısından önemli hale gelmektedir. Ayrıca çelik özlü bantlar gerilmelere karşı daha dayanıklıdır ve ömürleri de diğer karkas tiplerine göre uzundur. Ancak bu çalışmamızda daha yaygın kullanılan tekstil dokulu bantlar incelenmiştir [1].

2.2. BANT YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Bantlı konveyör sistemleri birden çok sistemden meydana gelmekte olup taşıyıcı bant en önemli elemanıdır. Bantlı konveyörlerde maliyetin en önemli unsurlarından birini de bantlar oluşturmaktadır. Bantların verimli ve sağlam bir şekilde çalışması tesisin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple bantlar uygun çalışma şartlarına göre seçilmeli, bakımları tam ve eksiksiz yapılmalıdır.

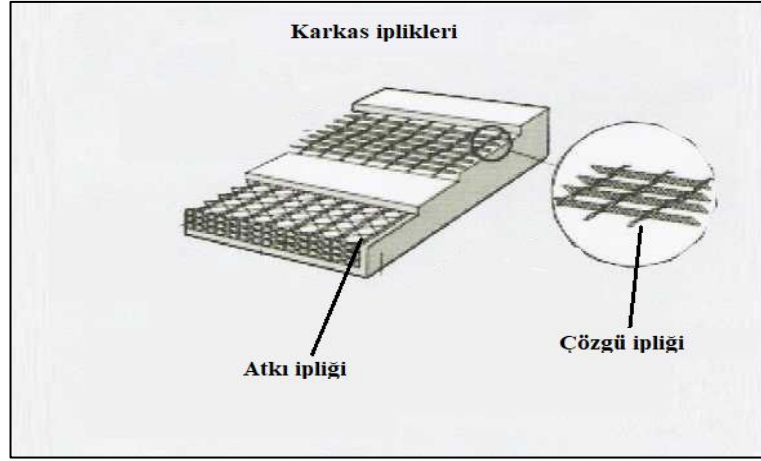
Taşıyıcı bantlar yapılarına göre iki ana gruba ayrılarak incelenebilir. Bunlar, karkasına göre bantlar ve kaplamasına göre bantlar olarak ifade edilebilmektedir.



Şekil 2.13. Bant türleri.

2.2.1. Karkasına Göre Bantlar

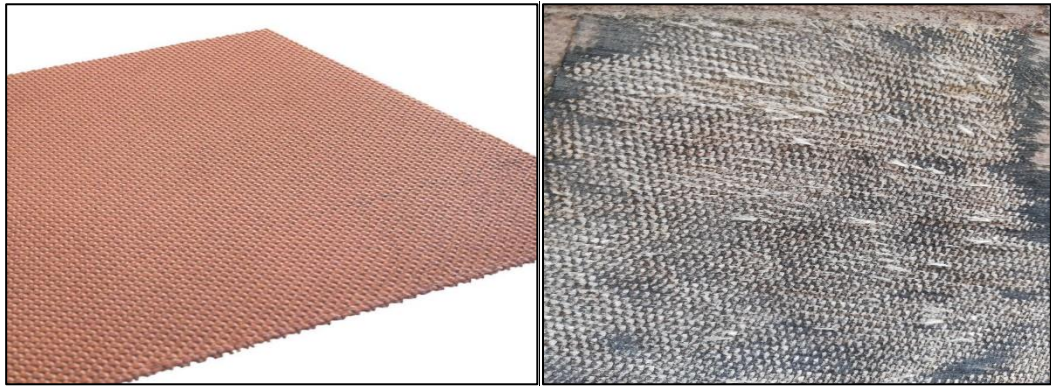
Karkas (kord bezi), bandın yük taşıma kapasitesini belirleyen en önemli yapı elemanıdır. Karkas birbirine paralel çözümlerden ve bu çözümleri birbirine bağlayan atkılardan oluşan kumaş yapılar olarak adlandırılmaktadır. Karkas kumaşları çoğu zaman aynı desendeki ipliklerden yapılmaktadır. Karkasta konveyör banda paralel olan ipliklere çözümlü ipliği denilmektedir ve bunlar banttaki kuvveti taşıyan en önemli elemanlardır. Karkasta enine veya çapraz olanlara ise atkı iplikleri denilmektedir. Atkı iplikleri, darbe direnci, yük ve kumaşın emniyeti açısından dizayn edilmektedir [10].



Şekil 2.14. Karkas iplikleri [16].

Karkasların kullanım alanı yaygın olup genellikle kauçuk kompozit malzemelerle birlikte kullanılırlar. Karkasın en büyük avantajlarından biri hafif olması ve aynı zaman da kullanıldığı yapıya yüksek mukavemet sağlamasıdır. Karkasın özellikleri şunlardır [17]:

- Yüksek çekme mukavemeti ve yorulma dayanımı
- Boyutsal kararlılık
- Kauçuğa iyi yapışma özelliği
- Düşük ısı üretimi



Şekil 2.15. Genel olarak bir kork bezi görünümü.

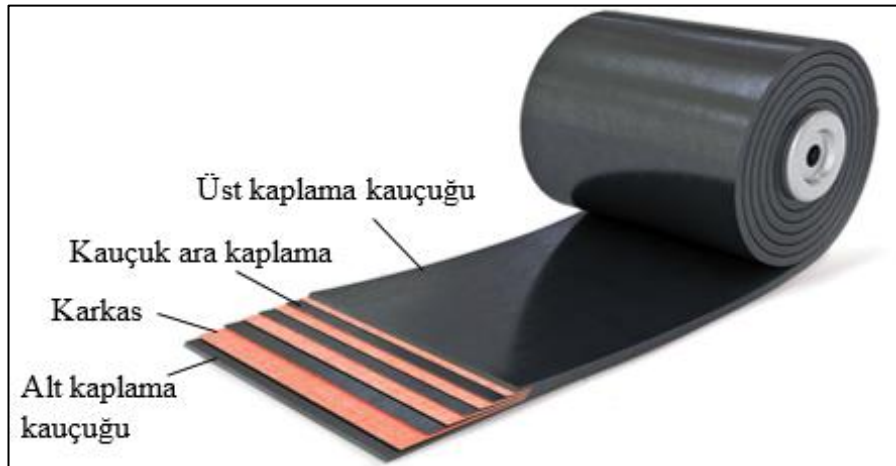
Karkasın amacı bandın maruz kaldığı yükleri taşımak ve yırtılmaya, darbeye karşı direnç oluşturmaktır. Ayrıca karkaslar taşıma malzemesini kaldırmak, bandın hareketini iletme ve bandın darbe enerjisini absorbe etmek gibi görevleri yerine

getirmektedir. Bant karkasları ilk darbe enerjisini taşıyamazsa bant zamanından önce arıza durumuna geçecek ve ömrünü tamamlayacaktır. Karkaslar, en uygun birleştirme tekniklerine uygun şekilde birleştirilmelidirler. Ayrıca bant karkasları, sistemin ilk hareketinde ortaya çıkan kuvvetleri kaldırabilecek yeterliliğe sahip güçte olmalıdırlar. Aynı zamanda karkaslar, bantlı konveyör tertibatında gerekli dengelemeyi de kendi içinde elde etmektedir. Karkaslar, bir veya daha fazla dokuma kumaş katlarından oluşmaktadırlar.

Bu çalışmada bantlar, karkas yapısına göre iki ana grupta incelenmiştir. Bunlar tekstil dokulu bantlar ve çelik dokulu bantlardır.

2.2.1.1. Tekstil Dokulu Bantlar

Tekstil dokulu bantlar, birden çok tabakası olan ve katlar arasına kauçuk yerleştirilerek birbirine vulkanize edilebilen bantlardır. Tekstil dokulu bant karkaslarını çevreleyen alt ve üst kaplama kauçukları mevcuttur. Alt ve üst kaplama kauçuğunun amacı karkası oluşturan iplikleri dış etkilere karşı korumak ve bezler arasındaki sürtünmeyi azaltmaktır. Ayrıca kort bezleri arasındaki ara ince kauçuk tabaka, bezler arasında elastik bir bağlantı sağlamaktadır [18].



Şekil 2.16. Tekstil dokulu bant ve yapısı [19].

Konveyör bantlarında genellikle tekstil malzemesi olarak pamuk iplikler kullanılmaktaydı. Bant kaplaması ile karkaslar arasında mukavemeti sağlamak ve

aralarındaki yapışkanlığın verimli olması için kumaş bir yapı mevcuttu. Bantlarda yapılan iyileştirme çalışmalarıyla birlikte karkas takviye malzemeleri zamanla değişikliklere uğramış ve günümüzde kort bezleri naylon, polyester, polyamid veya karışım olarak suni kumaşlarla yapılmaktadır. Bu şekilde üretilen karkaslar mukavemet, yapışabilirlik, esneklik ve ömür gibi özellikler açısından diğer eski geleneksel kumaşlardan üstün olmaktadır. Günümüzde ayrıca bazı konveyör bantlarında aramid lifli bezlerde kullanılmakta olup, bu lifler yüksek dayanım ve düşük uzama gibi faydalar sağlamaktadır.

TS EN ISO 14890 standardına göre tekstil dokulu bantlarda kullanılan iplik malzemeleri ve kodları Çizelge 2.2’de gösterilmektedir [9].

Çizelge 2.2. Tekstil dokulu bantlarda kullanılan ipliğin kısa gösteriliş kodları [7].

Kod Harfi	İplik
B	Pamuk
Z	Suni ipek elyaf
R	Suni ipek
P	Polyamid
E	Polyester
D	Aramid
G	Cam

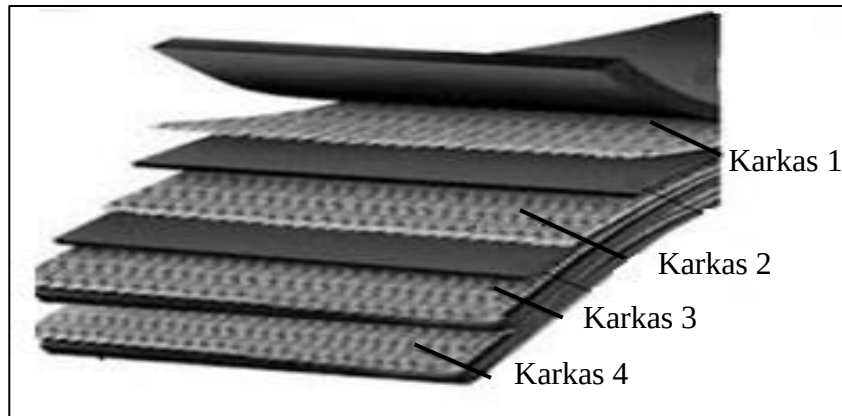
Çizelge 2.2’deki karkas türleri bandın iç kısmında bulunurlar ve bandın mukavim olmasına olanak sağlarlar. Bu karkas tipleri mukavemetleri, yoğunlukları, kopma uzaması, ısı büzülmesi, ısı dirençleri olarak birbirlerinden ayrılmaktadırlar.

Kort bezlerinin kalınlıkları “DIN 22101 Sürekli Konveyörler” standardına göre Çizelge 2.3’te gösterilmiştir [20].

Çizelge 2.3. Karkas bez kalınlıkları.

Karkas malzemesi	Standart değeri
B (pamuk)	Tekstil yapısına bağı olarak 1 mm ile 2 mm arasında değişmektedir.
P (polyamit)	
E (polyester)	

Karkaslardan üretilen konveyör bantları çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bantların kalitesinin ölçütü karkasların kalitesiyle değerlendirilir. Karkaslarda kullanılan kumaşın tipi ve bez adedi bandın maruz kaldığı çekme kuvvetini taşıyabilecek yeterlilikte olmalıdır. Maksimum kat sayısı mukavemet hesabıyla ortaya çıkmaktadır. Kat sayısı bandın genişliğine, dayanımına ve sağlamlığına bağı olarak değişmektedir. Rijitlik (sağlamlık) ise bandın makaralar üzerinde iken şekil alabilme kabiliyetidir. Bant genişliği arttıkça kat sayısı artmaktadır. Bandın oluklaşması gereken yerlerde ise tabaka sayısı istenildiği kadar artırılmamalıdır. Çünkü gereğinden fazla kat bandın oluklaşmasının önünde engel teşkil etmektedir [21].



Şekil 2.17. Dört kat karkas malzemeli bir bant yapısı [21].

Konveyör bantlarda karkaslarının malzemeyi taşımak için gerekli olan gerilim kuvvetini sağlamak ve bant üzerindeki yükün enerjisini absorbe etmek gibi görevleri vardır. Bir taşıyıcı bant karkası ipliklerden oluşmakta olup, bunlar katları meydana getirmektedir. Bantlarda kat adedi önemlidir ve kat adedini belirleyen etkenler vardır. Bunlar, banda uygulanan gerilme kuvveti, bandın oluklaşması esnasında rulolar arasında korunması, bandın dönüşünde tambura sarılma becerisi ve bandın

genişliği olarak değerlendirilmektedir. Bant dönüşü esnasında dış kısmında çekme iç kısmında ise basma gerilmesi meydana gelmektedir. Banttaki gerilme kuvvetlerini azaltmak için kat adedine sınırlama getirmek gerekebilir. Bu nedenle tekstil dokulu bantlarda kat sayısı en fazla 13 olarak alınmaktadır [22].

Bantlarda kullanılan kat adedi genellikle 3 ila 13 arası değişmektedir. Endüstriyel tesislerde kullanılan bantlarda ise genellikle 2 ila 5 katlı bantlar yaygın olarak kullanılmaktadır [2].

Çizelge 2.4. Tekstil dokulu bantlar için önerilen bant karkas adet sayıları [12].

Bant genişliği (mm)	300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
Kat adedi	3-4	3-5	3-6	3-7	4-8	5-10	6-12	7-12	8-12

Konveyör bant genişlikleri ve toleranslar TS EN ISO 14890 standardına göre Çizelge 2.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. Tekstil dokulu bantlar için bant genişlikleri ve toleransları [7].

Anma bant genişliği (mm)	Genişlik toleransı
300 400 450 500	± 5 mm
600 650 800 900 1000 1050 1200 1350 1400 1500 1800 2000 2500 3000 3200	
	± %1

Kardemir A.Ş. tesislerinde genel olarak tekstil özlü bantlar kullanılmakta olup Çizelge 2.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 2.6. Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılan konveyör bantları.

Konveyör Band Kodu					Bant Tipi	Bez Tipi	Kopma Dayanımı
S.NO	A/B	C	D/E (mm)	F	N/mm (kg/cm)	N/mm (kg/cm)	N/mm ² - kg/cm ²
1	650/4	12	5/2	A Tipi	EP 630/4	EP160	
2	800/4	14	6/3	A Tipi	EP 630/4	EP160	
3	1000/5	16	6/3	A Tipi	EP 800/5	EP160	
4	1200/4	14	6/3	A Tipi	EP 800/4	EP200	

Çizelge 2.6’da verilen değerlerin açıklamaları şu şekildedir:

- A: Toplam bant genişliği
- B: Banttaki toplam kat adedi
- C: Toplam bant kalınlığı
- D: Üst kaplama kalınlığı
- E: Alt kaplama kalınlığı
- F: Bant tipi

Tekstil özlü bir banda ait TS EN ISO 14890 standardına göre verilmiş kısa kodun açılımı aşağıdaki gibidir:

EP630-800-4-6/3-A

EP: Polyester (çözü, asli)-Polyamid (atkı, tali) dokulu olduğunu,

800: Bant genişliğini (mm),

630: Bant genişliğinde toplam bant kopma dayanımını (N/mm veya kg/cm),

4: Bez kat adedini,

6: Üst kaplama kalınlığını (mm),

3: Alt kaplama kalınlığını (mm),

A: Kauçuk (lastik) kaplamanın sınıfını ifade etmektedir.

Taşıyıcı konveyör bandı seçimi yapılırken mukavemet değerleri genellikle EP veya PP sınıfında olmaktadır. EP, polyester polyamid karışımı olan kort bezini ifade etmektedir. Bez tipleri; EP70, EP100, EP125, EP160, EP200, EP250, EP315, EP400, EP500, EP630 şeklinde gösterilmektedir. Kardemir A.Ş. tesisinde genellikle EP160 bez tipleri kullanılmaktadır. PP ise hem çözgü hem de atkılarının polyamid malzemeden olduğunu ifade etmektedir. Kord bezleri genellikle 6-13 çözgü/cm, 0,6-1,4 atkı/cm aralığında değişen sıklıklarda dokunmaktadır [23].

Çizelge 2.7. Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılan toplam bant listesi.

Bant Tipi	Toplam Bant Kalınlığı (mm)	Toplam Bant Boyu (m)
EP630-650-4-5/2-A	12	2.983,05
EP630-800-4-6/3-A	14	9.961,40
EP800-1000-5-5/2-A	13	7.675,25
EP800-1200-4-6/3-A	14	505,25

Çizelge 2.7'ye göre Kardemir A.Ş. tesisinde en çok EP630-800-4-6/3-A tipi aşınmaya dayanıklı tekstil dokulu bantlar kullanılmaktadır.

2.2.1.2. Çelik Dokulu Bantlar

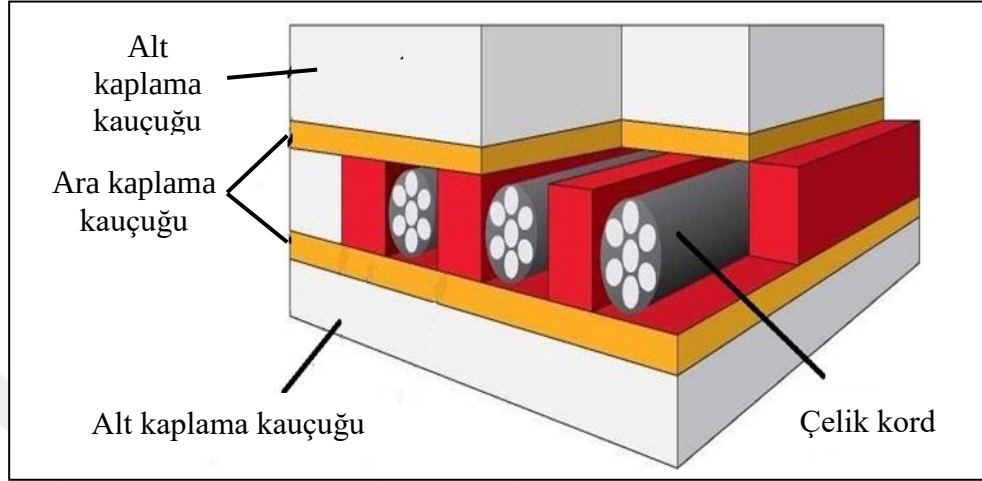
Bu tip bantların çelik karkas yapısı enine ve boyuna halatların örülmesiyle oluşmuştur. Enine halatın bulunması bandın enine mukavemetini arttırmaktadır. Fakat bu yapıdaki bantların tamirâtı ve eklenmesi istenilen verimi sağlamamaktadır. Çelik karkas örgülü bantların en büyük dezavantajı boyuna uzama oranının yüksek olmasıdır. Uzamanın fazla olması bant içindeki boyuna halatların örgü nedeniyle dalgalı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu tip bantları, gergi mesafesinin yetersiz olduğu konveyörlerde kullanmak oldukça zordur. Gergi mesafesini bandın uzamasına göre ayarlamak gerekmektedir. Kardemir tesislerinde ise çelik dokulu bantlar kullanılmamaktadır.

Çelik dokulu bantlar St ile gösterilir. ST1000-1800-10/5-X şeklinde tanımlanan bir bandın açılımı şu şekildedir [24, 25]:

- ST : Bandın çelik dokulu olduğunu,
1000 : Bandın kopma mukavemetini,
1800 : Bandın genişliğini,
10 : Üst kaplama kalınlığını (mm),
5 : Alt kaplama kalınlığını (mm),
X : Bant kaplama kauçuk tipini ifade eder.

Çelik dokulu bantlar iki farklı yapıda incelenebilmektedir. Bunlar:

- Çelik halat bantlar
- Çelik örgü bantlar



Şekil 2.18. Çelik dokulu bant [26].

2.2.2. Kaplamasına Göre Bantlar

Konveyör bantları karkas yapı malzemelerinden oluşmaktadır ve bu yapıları korumaya yardımcı alt ve üst kaplama kauçuk malzemeleri kullanılmaktadır. Kaplamalar kauçuk malzemelerden yapılmaktadır.

2.2.2.1. Kauçuk Malzeme ve Özellikleri

Kauçuk, bitkilerin sütümsü özsuğu olan lateksten doğal ya da yapay olarak elde edilen bir malzemedir. Kauçuk, aslında bir ağaç ismidir ve Hevea Brasiliensis ağacından elde edilmektedir. Ağacın kendisinden ve özsuğu olan lateksinden elde edilen maddeler ile endüstri sanayinde kullanım alanı bulmuştur. Günümüzde ise bu terim uygulanan kuvvetin serbest bırakılmasıyla tekrar eski konumuna geri dönebilen malzemeler için kullanılmaktadır [27].

Kauçuk malzemesi, Christopher Columbus'un Amerika kıtasını keşfi esnasında Haiti adasında yaşayan yerli kabilelerin Hevea Brasiliensis türü ağaçtan elde ettikleri

reçineleri fark etmesiyle ortaya çıkmıştır. Böylece doğal kauçuk malzemesi 1751 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Charles Macintosh, Thomas Hancock ve Charles Goodyear'ın öncülüğünde 19. yüzyılın ortalarında kauçuk malzemesi önemli bir mühendislik malzemesi haline gelmiştir. Özellikle 1839 yılında Charles Goodyear tarafından vulkanizasyonun bulunmasıyla kauçuk malzemesinin kullanım alanını artmış ve daha mukavim kauçuk elde etme imkanı bulmuştur. İlerleyen dönemlerde kauçuk kullanımının artmasına paralel olarak hammadde bulmada güçlükler yaşanmaya başlanmıştır. Bunun sonucunda 1909 yılında F. Holman tarafından sentetik kauçuk ortaya çıkarılmıştır. Böylece kauçuk sanayinde gelecek nesillere aktarılabilecek önemli kademeler kaydedilmiştir [28].



Şekil 2.19. Hevea Brasiliensis ağacından lateks elde edilmesi [29].

Ağaçtan elde edilen doğal kauçuğun yanında suni olarak elde edilen kauçuk türü malzemelerinde üretilmesiyle birçok kauçuk malzemesi ortaya çıkmıştır. Kauçuk malzemenin en önemli özelliği, eski haline dönebilen yüksek elastikiyete, yani uzayabilirliğe sahip olmasıdır [11].

Kauçuklar kimyasal yapıları itibarıyla çapraz bağlanmamış olup çapraz bağlanabilme yeteneğine imkan veren dolayısıyla vulkanize olabilen polimerler malzemelerdir. Kauçuk türü malzemeler, katı bir malzeme olan polimerler içinde yer almaktadır. Polimerler içinde ise moleküllerin dizilişleri ve göstermiş olduğu mekanik davranış açısından elastomerler grubunda yer almaktadır. 1839 yılında Charles Goodyear'ın vulkanizasyon işlemini bulmasına kadar termoplastik elastomer olan kauçuk türü

malzemeler vulkanizasyon işleminden sonra termoset elastomer grubunda yer almıştır [27]. Oda sıcaklığında kendi boyunun iki katı kadarına uzatılacak kuvvet uygulanıp sonra bu kuvveti ortadan kaldırarak tekrar kendi boyuna geri dönebilen vulkanize olmuş polimer malzemeler elastomer olarak isimlendirilmektedir [30]. Kauçuk malzemeler için ASTM-D 1418 standardına göre sınıflandırma yapılmakla birlikte genel olarak doğal ve sentetik kauçuk olarak sınıflandırılabilir. Konveyör bantlarında kaplama kauçuğu olarak yaygın Çizelge 2.8’de yer alan malzemeler kullanılmaktadır. ASTM-D 1418 standardı kauçukları kimyasal bileşimlerine göre tanımlamakta ve sınıflandırmaktadır.

Çizelge 2.8. Bantlarda kullanılan kaplama kauçuk türleri [4].

ASTM-D Adı		Genel Adı	Genel Özellikleri
Doğal	NR	Tabii	Aşınmaya, kesilmeye ve delinmeye karşı iyi dayanıklılığa sahiptir. İyi esneklik sağlar. Yağa karşı dayanıklı değildir.
Sentetik	SBR	Stiren Butadien	Mükemmel aşınma dayanımı ve kesilmeye, delinmeye, yırtılmaya ve ısıya karşı iyi dayanımı vardır. Yağa dayanıklı değildir.
	EPDM	Etilen-Propilen-Dien	Yaşlanmaya, ozona, suya ve ısıya karşı mükemmel dayanıklı olup aşınmaya karşı çok iyi dayanıklılığı vardır.
	CR	Kloropren	Ozona, güneş etkisine ve aleve karşı dayanıklılığı iyidir. Aşınma ve petrol bazındaki yağlara karşıda dayanıklıdır.
	NBR	Nitril	Bitki, hayvan ve petrol yağlarına karşı mükemmel dayanıklılık sağlar.

Çizelge 2.8. (Devam ediyor).

Sentetik	IR	Sentetik izopren	Tabii kauçuk ile aynı özelliklerdedir.
	BR	Bütadien	Genel amaçlı sentetik kauçuktur. Genellikle tabii veya stiren bütadien kauçuk ile harmanlanmış olarak kullanılır. Mükemmel aşınma dayanıklılığı ve yüksek esneklik sağlar. Düşük ısıda mükemmel esnektir.
	IIR	Butil	Isıya karşı mükemmel dayanıklılık sağlar. Yaşlanma ve ozona karşı çok iyi dayanıklılık sağlar. Aşınmaya karşı iyi dayanımı vardır.

Kauçuk malzemeler, fiziksel, kimyasal ve diğer sağladığı özellikleri nedeniyle yaşanan çağda çokça faydalanılan bir mühendislik malzemesi olmuştur [28]. Kauçuk; yüksek esneklik, yüksek dayanım, düşük deformasyon ve yayılma, iyi dinamik özellikler, kolay işlenme, iyi yırtılma ve aşınma dayanımı gibi özelliklere sahip olması bu malzemenin sanayinin her dalında kullanılmasına sebep olmuştur. Kauçuk esaslı malzemeler bantlı konveyör tesisleri, tekstil, gıda, demir çelik gibi pek çok sektörde geniş kullanım alanında kendine yer edinmiştir [27].

2.2.2.2. Alt ve Üst Kaplama Kauçuğu

Alt ve üst kaplamalar, banda zarar verecek etkilere ve yük aşınmalarından kaynaklı etkilere karşı korumaya yarar. Üst ve alt kaplamalar, banda yapısal dayanım kazandırmazlar. Üst kaplama kauçuğunun amacı karkası aşınmalardan korumaktır. Alt kaplama kauçuğunun amacı ise bantta sürtünme yüzeyi sağlayarak bandın tahriki ve merkezlenmesine yardımcı olmaktır. Çoğu bantlı konveyörlerde genellikle üst kaplama kalınlığı alt kaplama kalınlığından daha fazladır ve aşınma direnci daha yüksektir. Bantlardaki aşınma ve yırtılmaların fazla olduğu durumlarda 18 mm veya daha üstü kalınlıkta bir üst kaplama kauçuğu seçilmesi mümkün olabilir. Her durumda, üst ve alt kaplama kauçuğunun doğru seçmenin amacı kort bezlerinin

ömrünü optimum ömre kadar korumaktır. Böylece bantları dış etkilere karşı korumak mümkün olabilmektedir.

Kaplamalar, doğal ve sentetik kauçuklar, yağa, ısıya veya aşınmaya dayanım gibi özel uygulama gereksinimlerini karşılamak üzere birçok elastomer malzemeden yapılmaktadır.

Uzun süre çalışan bir bantta taşıyıcı taraf olan üst kaplama kauçuğu aşınabilmektedir. Bu durumda tesiste görevli bant personeli bandı ters çevirebilmektedir. Genellikle, bandın üst tarafında malzeme taşınmasından dolayı derin aşınmalar oluşabilir ve oluşan aşınmalardan sonra bandı ters çevirmek çok doğru bir durum olmayabilir. Bunun yerine bandı değiştirmek, tesisin duruşa gerek kalmadan çalışması için daha iyi sonuçlar verecektir. Ancak bant yine de ters çevrildiğinde, bant tamburdan düzensiz bir şekilde geçecek ve bu da bandın kaymasına neden olacaktır. Bant ters çevrildiğinde daha önce bandın taşıyıcı yüzeyi olan tarafın içine ince taneli malzemeler gömülmüş olabilmekte; bant ters çevrildiğinde, bu malzemeler tambur kaplaması, roleler, siliciler ve diğer bant destek sistemleriyle aşındırıcı şekilde temas etmesi bir diğer sorun olarak ortaya çıkacaktır. Ayrıca, uzunca zamandır tek bir yönde oluk biçiminde hareket eden bant, kalıp şeklinde kalma duruşu sergiler ve bandı ters çevirmek için gereken kuvvete direnir. Bu da bant merkezleme sorunlarına yol açabilmektedir. Bazen bu sorunu çözmek bant personelleri için uzun zamanlar alabilmektedir [10].

Kauçuk kısım bandın genel görüntüsünde olup dış etkilere maruz kalan kısımdır. Bandın, üst ve alt kalınlıkları farklı olabilir. Yani alt kaplama kalınlığı 2-3 mm, üst kaplama kalınlığı 4-6 mm olabilmektedir. Üst kaplama kalınlığında bant sıyrıcısı çalıştığından ve taşınan malzemelerden dolayı darbeler, aşınmalar bandın üst tarafında oluşmaktadır. Bu yüzden üst kaplama kalınlığı alt kaplama kalınlığından fazla olmaktadır. Kaplama kauçuğu sertlik, sıcaklık, alev, ısı ve yağ özelliklerine karşı dayanıklıdırlar. Kaplamalar TS EN ISO 14890 standardında olmaktadır.

Çizelge 2.9. Bantlarda taşınan malzemeler ve kullanım alanları [2].

Kullanım Alanı		Taşınan Malzeme	Üst Kaplama (mm)	Alt Kaplama (mm)
Tekstil Dokulu Bantlar	Portatif Bantlar Çuval ve Paket Nakli	İnce ve Hafif Malzeme	2	1
	Nakliyat Bantları	Taş kömürü, Çakıl, Kum, İnce Cevher	2-4	2
	Nakliyat Bantları Çakıl ve Taş Ocakları	İri kömür, taş, çakıl, cevher	4-8	2-3
	Makine Bantları	İri parçalı taş, cevher	8-16	3-4
Çelik Dokulu Bantlar	Nakliyat Bantları	Taş kömürü, Çakıl, Kum, İnce Cevher	4-8	4-6
	Nakliyat Bantları Kömür ve Taş Ocakları	İri kömür, taş, çakıl, cevher	6-12	4-8
	Makine Bantları	İri parçalı taş, cevher	10-20	6-10

Çizelge 2.9’da görüldüğü gibi kaplama kalınlıkları taşınacak malzemenin parça büyüklüğüne, aşındırıcılığına ve spesifik ağırlığına bağlı olarak değişmektedir.

Piyasada çeşitli yapılara, boyutlara, özelliklere ve uygulamalara sahip bir dizi konveyör bandı bulunmaktadır. Bunlar aleve dayanıklı, yanmaz, normal ve yüksek sıcaklığa dayanıklı kauçuklar, çelik dokulu kauçuklar, profil çalışma yüzeyi kauçukları ve gıda taşıma kauçukları gibi çeşitlendirilebilmektedir [31].

Kaplamasına göre bantlar dört ana gruba ayrılarak incelenebilir. Bunlar; Aşınmaya dayanıklı, aleve dayanıklı, ısıya dayanıklı ve yağa dayanıklı bantlar olarak sınıflandırılabilir.

2.2.2.3. A Tipi Aşınmaya Dayanıklı Bantlar

Aşınmaya dayanıklı bantlar Kardemir A.Ş. tesisinde çoğunlukla kullanılmaktadır. Bu tip bantlar doğal kauçuk esaslı malzeme olup genellikle aşındırıcı ve iri taneli malzemenin naklinde kullanılmaktadır. Çalışma sıcaklığı maksimum 75 °C'dir. Bu bantlar yağlı, asitli ortamlarda kullanılmamaktadır. Bu tür bantlar oksijene, darbelere ve aşınmaya karşı oldukça mukavemetlidir. TS EN ISO 14890 normlarında üretilirler. Bu tip bantlar genellikle demir çelik fabrikalarında, kum ocaklarında, çimento fabrikalarında, karayolları çalışmalarında, şeker fabrikalarında, taş ve kireç ocaklarında, kömür madenlerinde ve fabrikaların çeşitleri bölümlerinde kullanılmaktadır [32].



Şekil 2.20. Tesiste kullanılan A tipi aşınmaya dayanıklı bant.

2.2.2.4. T Tipi Isıya Dayanıklı Bantlar

Isıya dayanıklı bantlar Kardemir A.Ş. tesisinde nadiren de olması kullanılmaktadır. Bu tür bantlar EPDM esaslı olarak imal edilirler ve sıcak malzemelerin naklinde genellikle kullanılmaktadırlar. T tipi bantlar asite, suya ve oksijene karşı mukavemet özelliği gösterirler. Bu tür bantlarla malzeme sıcaklığı 100 °C ile 200 °C arası değişkenliği taşıyabilmektedir. Bu tip bantlar genellikle dökümhaneler, demir çelik fabrikaları, tuğla ve kiremit fabrikaları, seramik fabrikaları, çimento ve kireç fabrikaları, ısı ve sulu ortamda üretim yapan fabrikalarda kullanılmaktadır [16].



Şekil 2.21. Tesiste kullanılan T tipi ısıya dayanıklı bant.

2.2.2.5. O Tipi Yağa Dayanıklı Bantlar

O tipi bantlar Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılmamaktadır. Bant yüzeyine yağ döküldüğünde, yağ banda nüfuz eder ve dolayısıyla bandın şişmesine neden olur. Bu nedenle, yağlı malzeme ile çalışılacaksa, o yağın özelliklerine uygun bir kauçuk ve dolgu maddesinden imal edilmiş konveyör bantları seçilmelidir. Yağa dayanıklı bantlar nitril kauçuk esaslı olarak imal edilirler. Dolayısıyla yağa ve grese dayanıklı olurlar. O tipi yağa dayanıklı bantların çalışma sıcaklığı maksimum 95 °C'dir. Yağ ve gresin yanı sıra asite karşı da mukavemetlidirler. Bu tip bantlar genellikle kimyevi maddeler üreten bazı fabrikalarda, gübre fabrikalarında ve cam fabrikalarında kullanılmaktadır.



Şekil 2.22. O tipi yağa dayanıklı bant.

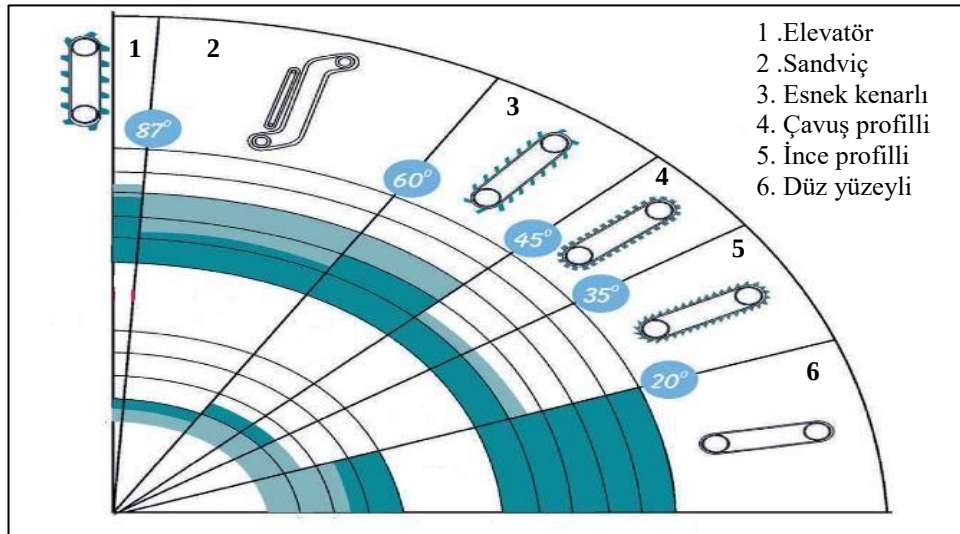
2.2.2.6. F Tipi Aleve Dayanıklı Bantlar

F tipi bantlar Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılmamaktadır. Aleve dayanıklı bantlar genellikle maden ocaklarında kullanılmaktadır. F tipi aleve dayanıklı bantlar TS EN ISO 14890 standartlarında üretilmektedirler. Kloropen esaslı kauçuktan imal edilen bu tip bantlar yanmaya karşı mukavemetlidirler. 100 °C çalışma sıcaklığına kadar mukavemet sağlamaktadırlar [16].

2.2.3. Tırmanma Açısına Göre Bantlar

Bu tür bantlar genel olarak 6 gruba ayrılmaktadır.

- Elevatör bantlar (87° - 90° arası)
- Sandviç tasarımlı bantlar (60° - 87° arası)
- Esnek kenarlı (bandobarlı) paletli bantlar (45° - 60° arası)
- Çavuş profilli bantlar (35° - 45° arası)
- İnce profilli bantlar (20° - 35° arası)
- Düz yüzeyli bantlar (20° 'ye kadar)



Şekil 2.23. Tırmanma açısına göre bantlar [33].

2.3. KONVEYÖR BANT SEÇİMİ

Uygun bant tertibatının seçimi endüstriyel tesislerin vazgeçilmez parametre değeridir. Maksimum bant ömrününü verebilecek olan bir bant uygun şekilde ve özellikte üretime bağlıdır. Tesis için hatalı seçilen bandın iyi sonuçlar vermesi beklenemez.

Bantlı konveyör tesislerinde bant tipinin belirlenmesinde taşınacak malzemenin özelliği, sıcaklık, mekanik ve fiziksel şartlar bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Bunun sonucunda tüm parametreler dikkate alınarak en uygun bant seçilmektedir. Çünkü konveyör bandın maliyeti sistem maliyetinin büyük çoğunluğuna karşılık gelebilmektedir [4].

Konveyör bantları, bant genişliklerine, mukavemetlerine ve alt ile üst kauçuk tabaka kalınlıklarına göre ayırt edilebilmektedir. Uygun bant kullanımı için konveyör bandın doğru bir şekilde seçilmiş olması gerekmektedir. Çünkü bantların dayanımları sadece çalışma koşullarına göre değil aynı zamanda kauçuk tipi ve bileşimlerinin uygun şekilde seçilmesine de bağlıdır. Konveyör bandı, uygun bir güvenlik katsayısı ile, konveyörün farklı çalışma durumlarında meydana gelen mümkün olan en büyük çekme kuvvetlerini iletebilecek şekilde seçilmelidir. Bir bandın yapısı ve yapıldığı malzemeler, belirli bir konveyör yapısına, taşınacak malzemenin türüne, çalışma koşullarına ve bandın çalıştırılacağı ortama göre uyması gereken fiziko-mekanik özelliklere sahip olmalıdır. Bu nedenle, konveyör bandı uygun şekilde elastik olmalı ve kauçuk ile tahrik kasnağı arasında ve kauçuk ile taşınan malzeme arasında yüksek bir sürtünme katsayısı ile karakterize edilmelidir [31].

Bir konveyör bandın özellikleri belirtilirken detaylandırılacak işletme parametreleri malzeme özellikleri şu şekilde olmalıdır [10]:

- Yüklü ve yüksüz çalışma saati
- Transfer noktasının, oluk açısı ve geçiş mesafesi yanında malzeme yolu düşme yüksekliği ve hızı içeren detaylar

- Taşınacak malzeme özellikleri
- Kullanılacak bant temizleme sisteminin tanımı
- Uygulanacak kimyasal işlemlerin tanımı
- Bandın dayanması gereken şiddetli yerel hava şartlarının özellikleri

Bantlı konveyör sistemlerinde taşıyıcı bant, tesisin en önemli maliyet unsurlarından biridir. Ayrıca tüm tesisin çalışma güvenliği de kauçuk bandın mukavemeti ile yakından ilgilidir. Bu nedenle kauçuk bant uzun ömürlü olmalı, üzerine etki eden her türlü kuvveti güvenli bir şekilde taşıyabilecek kapasiteye sahip olmalıdır.

Bantlı konveyör sistemlerinde normal yükleme şartları altında gerekli olan çekme kuvveti (F) çalışan bir tesiste sürekli olarak sabit kuvvet altında kalmaz. Tesis çalışıp yaşlandıkça rulo sürtünmeleri artmakta ve hatta bazı rulolar sıkışıp hasara uğramaktadır. Ayrıca önceden tahmin edilmeyen sürtünme kaynakları ortaya çıkmaktadır. Bantları aşırı derecede germek bant ömrünü azaltabilecek bir etkiye de sahip olabilmektedir. Özellikle yüksek kapasiteli ve uzun mesafeli tesislerde bantların hareketi ve gerdirilmesi için yüksek gerilme kuvvetine ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bu parametreler dikkate alınarak tasarım yapılmaktadır.

Bandın dayanımını belirleyen ilk büyüklük, yapıldığı malzemenin dayanımıdır. Banda etki eden kuvvetler dikkate alınarak ekonomik açıdan hangi tür bant malzemesinin tercih edilmesi gerektiği ortaya konmalıdır. Böylece tekstil dokulu ya da çelik dokulu bantlardan hangisinin tercih edilmesi gerektiği belirlenmiş olacaktır. Bandın dayanımını belirleyen ikinci büyüklük ise bandın kalınlığı veya tabaka sayısıdır.

BÖLÜM 3

BANT EKLEME YÖNTEMLERİ

3.1. KONVEYÖR BANT EKLEME YÖNTEMLERİ

Kardemir A.Ş. tesisinde ve çoğu sanayi kuruluşlarında genel amaçlı tekstil dokulu konveyör bantları kullanılmaktadır. Tekstil dokulu konveyör bantları; vulkanizasyon (sıcak veya soğuk yapıştırma) ya da mekanik ekleme (tutturucular, raptiyeleme) yöntemleri ile birleştirilebilmektedir. Bu çalışmada Kardemir A.Ş. tesislerinde kullanılan tekstil dokulu bantlar iki farklı yöntemle birleştirilmiştir. Bunlar vulkanizasyon sıcak birleştirme ve mekanik birleştirme yöntemidir. Birleştirilen bantların laboratuvar testi yapılarak sonuçların dayanım mukayesi ve irdelemesi yapılmaktadır. Vulkanizasyon soğuk birleştirme metodu demir çelik tesisinde kullanılmamaktadır.

Konveyör bandı tertibatı tesiste bant galerilerinde iki tambur arasında rulolar üzerinde sevk edilerek hareket etmektedir. Konveyör bantlarında yırtılma ya da hasarlanma olduğunda yenisi ile değiştirilmesi gerekmektedir. Bantlar kullanılmadan önce, sürekli bir döngü oluşturmak için bantların her iki ucu birleştirilerek sonsuz bant oluşturulmaktadır.

Konveyör bantların en zayıf noktaları ek yerleridir. Ek yeri mukavemeti, konveyör bant türüne, kullanılan ek yeri birleştirme yöntemine, ek yeri kalitesine ve yapılan işçilik kalitesine bağlıdır. Konveyör bantların ek yerlerinin birleştirilmesinde vulkanizasyon yöntemi (sıcak veya soğuk yapıştırma) ve mekanik yöntemler uygulanmakla birlikte mukavemet ve dayanıklılık açısından araştırmalar yapılmaktadır. Konveyör bantların dayanıklılık ve yapısal kalitesinin belirlenmesi için ek yerlerinin test edilmesi gerekir. Bu test ile konveyör bant ek yeri mukavemetine göre kopma dayanımı belirlenir. Test edilen ek yeri, istenilen

mukavemet değerini sağlamadığı takdirde, bu sonuçların analizi ve gerekli ek testler uygulanarak düşük mukavemet nedeni belirlenebilmektedir. Ek yeri birleştirme malzemelerinin yanlış kullanımı, bant kalitesinin düşük olması, vulkanizasyon ekipmanlarının hatalı kullanımı veya uygulamada ortaya çıkan işçilik hataları gibi çeşitli olasılıklar vardır. Yapılacak laboratuvar testleri ile birlikte birleştirme alanındaki gerilim mukavemet dağılımının belirlenmesi mümkün olmaktadır. Hardygora ve arkadaşları, laboratuvar test sonuçlarına göre gözlemlenen hata nedenlerini ortaya koymuşlardır. Hata nedenine göre yapısal düzeltmeler yapılabilmekte veya vulkanizasyon için gerekli malzemeler değiştirilerek yapışma alanındaki gerilimler azaltılabilmektedir. Konveyör bantların dayanımları, banttaki her bir kat arasındaki ayrılma mukavemetine bağlıdır. Bu dayanım değerinin konveyör bant kullanımı esnasında banttaki katların ayrılmasına neden olacak değerden düşük olmaması gerekmektedir. Konveyör bandın iç yapısı ile alt st kaplamalar arasındaki dayanım mukavemet değerinin de yüksek olması istenmeyen bir durumdur. Çünkü bant ek yeri birleştirme için bant uçlarının hazırlanmasında güçlükler yaşanabilmektedir [34].

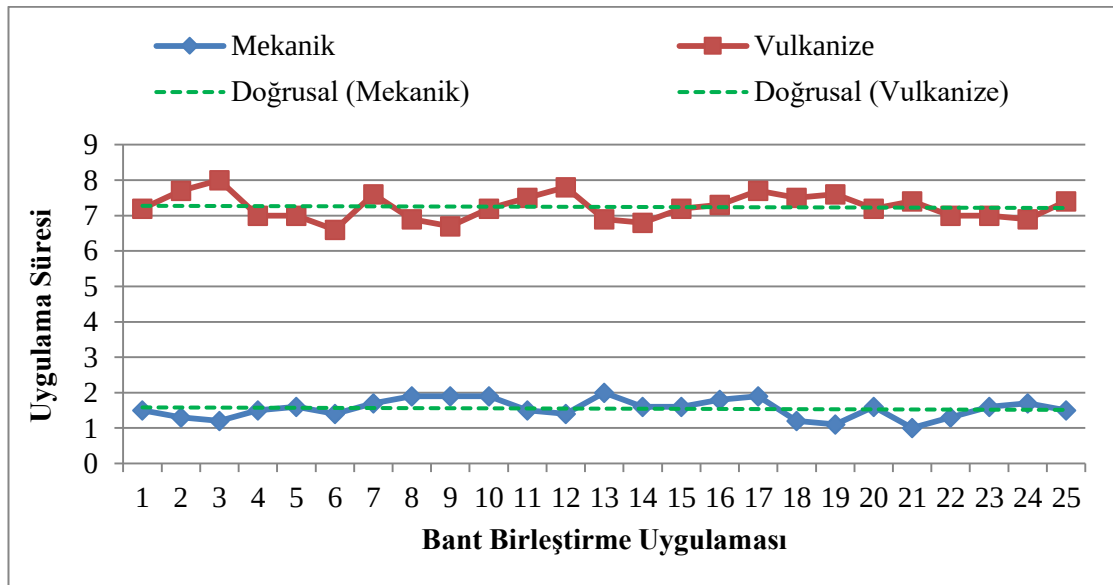
Bantlarda meydana gelen hasar durumlarına hemen müdahale edilip tamir edilmezse hasar yerinden zamanla kolayca büyüyüp kopma noktasına gelebilmektedir. Hasar gören noktalardan giren nem ve partiküller bandın mukavemetinin azalmasına ve belli bir zaman sonra karkas yapısının deforme olmasına neden olabilmektedir.

Konveyör bantlarındaki hasarlar kauçuk kaplamalarda, kenarlarda ve karkas yapısında olabilmektedir. Bantlardaki bu hasarlar ya da bant ekleri vulkanizasyonla birleştirme, soğuk yapıştırma ve mekanik raptiye elemanları ile yapılan üç yöntemle giderilebilmektedir. Bant yüzeyinde hasar gören bölgeler, özenle temizlenmeli ve bölgenin sınırları tespit edilmelidir. Hasar her zaman kaplamada da olmayabilir ve bu durum bazen kaplama altındaki karkaslara kadar ilerleyebilir ve doku zarar görmüş olabilir. Böyle durumlarda hasarlı bölge kesilerek çıkartılmakta ve gerekli yöntemlerle ek yapılmaktadır [11]. Ayrıca konveyör bantlarda kauçuk kaplamaların aşınması, kumaşın kırılması, derzlerin ayrılması gibi birçok hasar meydana gelebilmektedir. Bantların yorulma delaminasyonu, önde gelen hasar durumlarından

biridir ve bandın çalışması esnasında döngüsel olarak kauçuk tabakalarda ortaya çıkan kesme deformasyonlarından kaynaklanmaktadır [35].

Bantların birleştirme ek yerleri, bantların kopma mukavemetini düşürdüğü için önemli bir hale gelmektedir. Uygulanan kötü bir ekleme ile tesiste istenmeyen bant kopma olayları meydana gelebilmekte ve bu da tesiste öngörülemeyen arıza bakım duruşlarına neden olabilmektedir [36].

Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılan konveyör bantlarında sadece 2020 yılında, 5094 metre bant değişimi, 45 adet vulkanizasyon sıcak birleştirme, 73 adet mekanik birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1'deki grafiğe göre 25 adet vulkanize birleştirme ve 25 adet mekanik birleştirme yöntemi uygulama süresi bakımından kıyaslanmaktadır. Grafiğe göre tesiste yapılan vulkanize sıcak birleştirme yöntemi ortalama 7,2 saat ve mekanik birleştirme yöntemi ortalama 1,5 saat olarak görülmektedir. Görüldüğü gibi ek yeri birleştirmeleri hem zaman hem de işçilik açısından önemli hale gelmektedir. İşçilik, zaman, maliyet ve verim açısından ek yerlerinin iyi yapılmış olması gerekmektedir.



Şekil 3.1. Bant birleştirme yöntemlerinin uygulama sürelerinin kıyaslanması .

Endüstriyel tesislerde bantlarda birtakım bant hasarları meydana gelmektedir. Bunlar; darbe hasarı, sıkışma hasarı, bant kenarı hasarı, bandın katlara ayrılması

hasarı, aşınan üst kaplama kauçuğu hasarı, yabancı maddelerden kaynaklanan yırtılma hasarı, bant sıyırıcı hasarı, üst kaplama kauçuğunun çatlaması hasarı, ısı hasarı, birleşme yeri hasarı, bandın kavislenmesinden kaynaklı hasarlar olarak görülmektedir [10].

Taşıyan malzemenin bir konveyör bandına etkisi genellikle delinme olarak sınıflandırılan hasara neden olur. Bu tür bir hasar aynı anda üst kaplama kauçuğunu, karkas ve alt kaplama kauçuk kısmını etkiler. Bantlı konveyörün en pahalı elemanına zarar vermenin yanı sıra, malzemelerin bantlı konveyörler ile taşınması yoğun bir endüstriyel uygulamadır. Bant üzerine belli bir yükseklikten düşen cisimlerde bantta delikler açabilir ve hasarlanmaya neden olabilir. Bu tür bir hasar konveyör bandının darbe enerjisini absorbe etme kapasitesinin üzerinde olduğunda düşen malzeme bantta yırtılmalara neden olabilmektedir. [37].

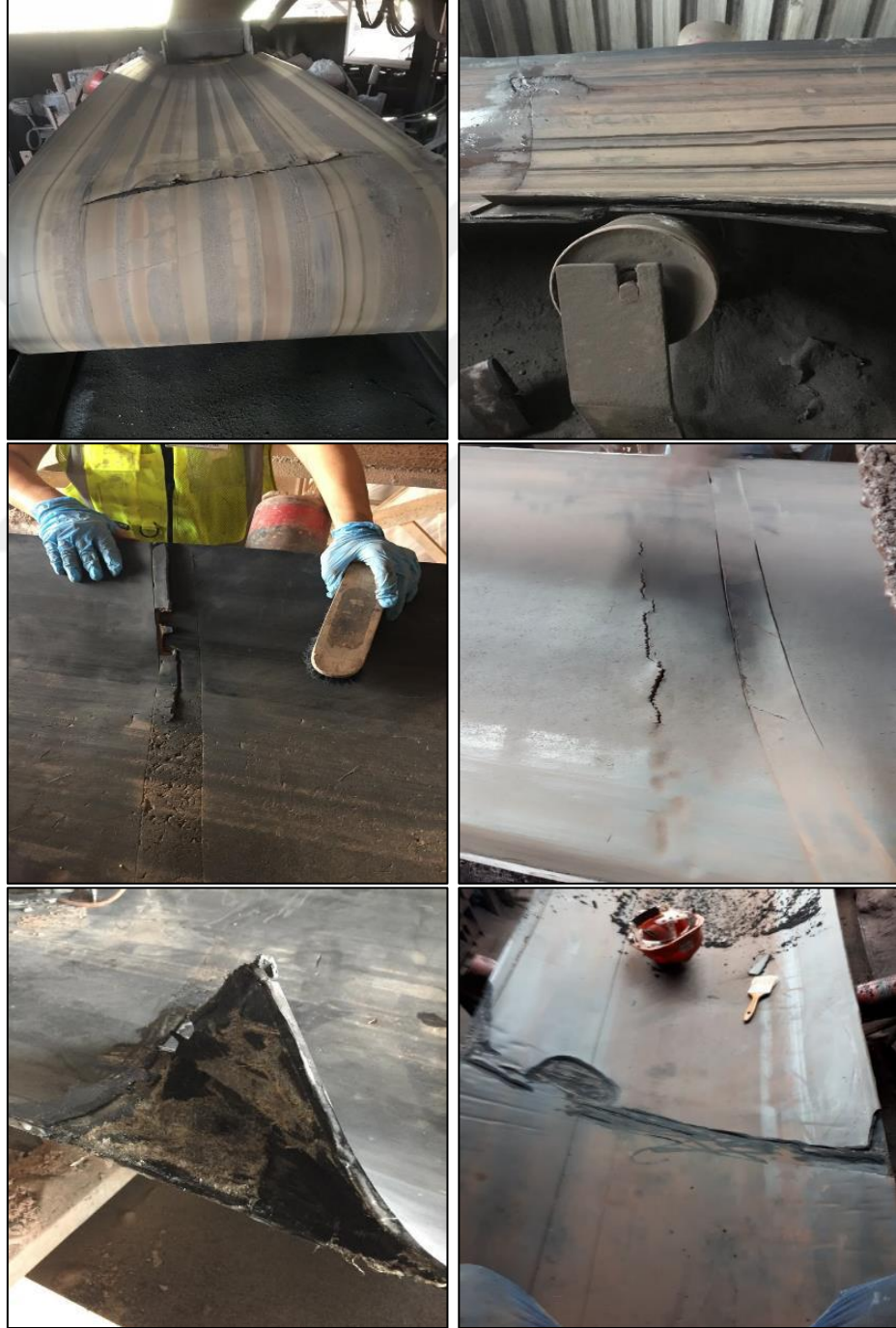
Tesiste meydana gelen mekanik ek yeri hasarları Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Mekanik ek yeri hataları.

Konveyör bandında yapılan mekanik ek birleşimlerinin zamanla hasarlanması görülmektedir. Eklerin yapılış biçimi, işçilik, malzeme kalitesi, raptiyelerin tamburlardan geçerken silicilerde tahriş olması gibi etkenler bandın kısa sürede hasarlanma nedenleri olarak gösterilebilmektedir.

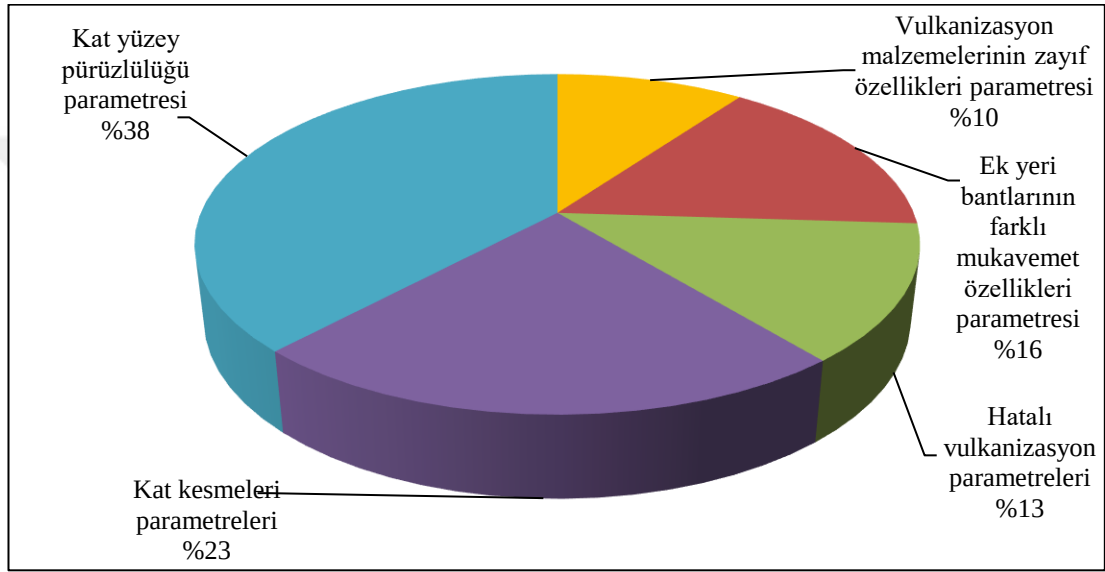
Tesiste meydana gelen vulkanizasyon ek yeri hasarları Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Vulkanizasyon ek yeri hataları.

Konveyör bandında vulkanizasyon sıcak birleştirme yöntemiyle yapılan ek yerlerinin zamanla hasarlanması görülmektedir. Sıcak birleştirme metodu uygulama biçimi, ek için kullanılan malzemeler ve kalitesi, işçilik, vulkanizasyon parametreleri gibi etkenler bandın hasarlanma nedenleri olarak gösterilebilmektedir.

Hardygora ve arkadaşlarına göre vulkanizasyon yapılan konveyör bandı ek yeri dayanımının azalışına neden olan parametreler Şekil 3.4'te gösterilmiştir [34].



Şekil 3.4. Ek yeri dayanımının azalışına neden olan parametreler [34].

Bantlardaki zayıf nokta oluşumundan kaçınmak için ek yeri kalitesi önemli bir durum haline gelmektedir. Ek yeri kalitesi aşağıdaki yöntemler kullanarak optimum seviyeye çıkarılabilmektedir [8]:

- Ek yeri tasarımı
- Ek yeri yapım prosesi
- Kullanılan malzeme
- Kullanılan ekipman, alet ve vulkanize tertibatı

Sonsuz bant elde etmek için bantları kapatırken ya da gerekli bant uzunluğunu elde etmek için birbiri arkasına birkaç makara bandı birleştirirken veya genel anlamda, herhangi bir uzunluktaki bantların boyuna ekleme ya da çıkarma yaparken, ek yeri

yapmak gerekli olacaktır. Bantlar eklendikten sonra ek yerindeki dayanımla bandın kendi dayanımı eşit olmasa da bu değere yakın bir değer gerçekleştiğinde optimum ek yeri dayanımı elde edilmiş olarak değerlendirilmektedir.

Kardemir A.Ş. demir çelik tesisinde aşınmaya ve ısıya karşı olmak üzere iki çeşit bant kullanılmaktadır. Bu çalışmada tekstil dokulu EP630-800-4-6/3 mm, A tipi aşınmaya dayanıklı NR esaslı doğal kaplama kauçuğu bantlara vulkanizasyon sıcak birleştirme ve mekanik birleştirme yöntemleri uygulanmaktadır.

3.1.1. Vulkanizasyon Sıcak Birleştirme Yöntemi

Vulkanizasyon, kauçuk zincirlerinin çapraz bağlanarak üç boyutlu elastik bir yapı oluşturması işlemidir. Bir başka deyişle vulkanizasyon, elastomer karışımlarının fiziksel özelliklerini iyileştiren kimyasal bir prosestir. Vulkanizasyon, ilk defa 1839 yılında Charles Goodyear'ın, doğal kauçuğun kükürtle reaksiyona girerek yapısında değişikliklerin olduğunu keşfetmesiyle başlamıştır. Bu keşfiyle kauçuğun soğukta kırılgan olmayan sıcakta ise yapışkan olmayan bir maddeye dönüştüğünü görmüştür. Fakat çalışmaların devamını getiremedi ve bu prosesi ilerleten ingiliz Thomas Hancock 1843 yılında sonuçlandırmış ve Roma ateş tanrısından esinlenerek vulkanizasyon adını vermiştir. Böylece vulkanizasyonun patentini almıştır [38].

Vulkanizasyon elastomer karışımlarının fiziksel özelliklerini iyileştiren kimyasal bir prosestir. Elastomerlerin ya da en bilinen adıyla kauçukların farklı bir yapısının elde edilmesi vulkanizasyon ile sağlanır. Vulkanizasyon modern endüstrinin en önemli teknolojilerinden biridir.

Vulkanizasyon prosesinin temeli, polimer moleküllerinin çapraz bağlı ağ yapısına dönüşümü ve kauçuk makromoleküllerini birleştiren kimyasal bağlar ya da köprüler kurulmasını sağlamaktır. Çapraz bağ oluşumu kauçuğun elastomerik özelliklerinin oluşumunun başlıca koşullarından biridir. Bir elastomerin en önemli özelliği sıkıştırma ya da gerilme işlemlerinden sonra eski formunu geri kazanabilmesidir [30].

Vulkanizasyon yöntemi, bandın ısı ve basınç altında belirli bir sürede vulkanize kaynak makinesiyle yapılan birleştirme metodudur. Bu yöntemle hem deforme olan bant onarılabilmekte hem de ek yeri yapılarak sonsuz bant elde edilebilmektedir.

Bir konveyör bandın vulkanizasyon birleştirme metodunda üç parametre önemli bir faktördür. Bunlar vulkanizasyon sıcaklığı, vulkanizasyon süresi ve banda uygulanan basınçtır [39]. Bant eki birleştirmelerinde vulkanizasyon süresi kauçuk kalınlığına göre ayarlanmaktadır. Vulkanizasyon pişirme sıcaklığı ise kullanılan kauçuk türüne bağlı olmakla birlikte genellikle 140 °C ile 180 °C arasında olmaktadır [28]. Doğal kauçuk esaslı konveyör bantlarında en ideal pişme sıcaklığı 145 °C olarak uygulanmaktadır. Bu değerden daha düşük sıcaklıklarda vulkanizasyonun gerçekleşmediği, fazlasının ise rejenarasyona yol açtığı görülmektedir. Basınç ise vulkanize kaynak makinesi üreticisi firmalarının da tavsiye ettiği 9 ile 10 kg/cm² arasında veya 50, 100 ve 150 bar olarak kademeli şekilde ayarlanarak uygulanmaktadır. Sıcaklık ve süre kauçuğun pişmesine önemli yönde etki etmektedir. Vulkanizasyon işleminde bandın vulkanize olmasının en önemli işlevi sıcaklıktır. Çünkü yeteri kadar ısı verilmediğinde birleşme tam olarak sağlanamayacaktır. Aynı şekilde gereğinden fazla sıcaklık ise kauçuğun eriyerek akmasına neden olacaktır. Bu nedenle vulkanizasyon zamanı ve hızı sıcaklıktan etkilenmektedir [24]. Yapılan çalışmalara göre genel olarak kaynak makinesinde gösterge 145 °C'ye ulaştığı andan itibaren bant kalınlığına göre vulkanize edilmesi tavsiye edilmektedir [38].

Vulkanizasyon için gerekli olan üç parametre, belirli bir kauçuk ürün tipine bağlı olarak farklı değerler alabilmektedir. Bu parametreler en uygun değerlere göre ayarlanmalıdır. Uygun değerler ayarlanmamışsa ek yeri özelliklerine ilişkin sonuçlar uygun dayanım özellikleriyle ilgili doğru sonuçlar vermeyecektir. Kötü sonuçlar esas olarak yüksek gözenekli bir malzemenin ek yerinde bulunması nedeniyle belirlenir ve bu da ek yerinin mekanik özelliklerinde bir azalmaya neden olmaktadır [39].

Vulkanizasyon sıcak birleştirme yönteminde kullanılan kaynak makinesi, kaplama kauçuğu ile ara kapama kauçuğu malzemelerini sertleştirerek yüksek mukavemetli

bir ek yerine dönüştürmek için bant ekine hem ısı hem de basınç uygular. Pres tüm yüzeylere sürekli olarak basınç uygular.



Şekil 3.5. Vulkanizasyon kaynak makinesi [26].

Vulkanizasyon sıcak birleştirme yöntemi, çelik ve tekstil dokulu bantlarda birleştirme amacıyla yapılmasının yanında bant yırtık tamirlerinde de uygulanan uygun bir yöntemdir. Her genişlik ve kalınlık ölçülerindeki bant yapıları için sıcak vulkanizasyon yapılması uygundur.

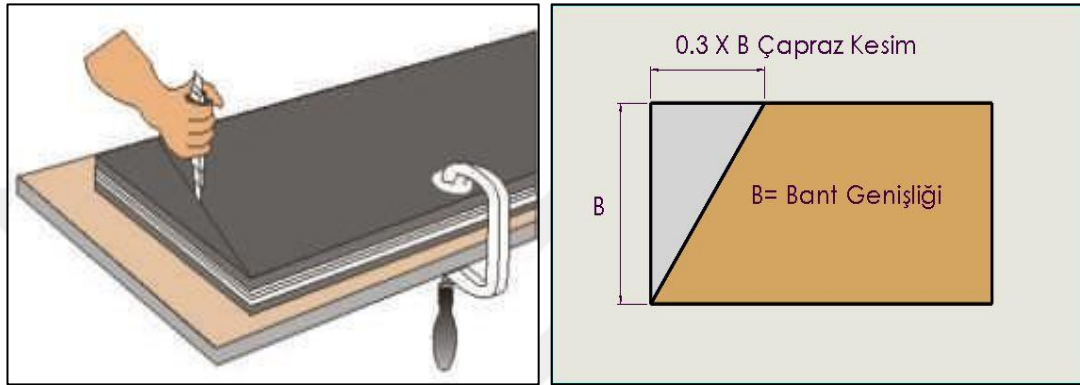
Bu çalışmada Kardemir A.Ş. tesislerinde kullanılan tekstil dokulu bant için vulkanizasyon işlemleri adım adım uygulanmaktadır. Bant birleştirme işlemlerine başlanmadan önce bant temizlenmeli ve tüm yağlardan arındırılmalıdır. Çalışma yeri olarak bant ekleme işleminin sağlıklı olabilmesi ve olumsuz hava koşullarından (yağmur, rüzgar, toz vs.) etkilenmemesi için kapalı bir yerde işlemlerin yapılması gerekmektedir.

3.1.1.1. Vulkanizasyon sıcak birleştirme işlem adımları

Bantlarda ekleme yapılacak yerin belirli bir teknikle yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada tesiste birleştirilen bantların ek yerinin iki ucu zaviyeli olarak sağ veya sol çapraz şeklinde birbirine bağlanmaktadır. Bu sayede kauçuk bantlar birbirine karşı yüksek çekim sağlamış olmaktadır. Bant eksenine dik kesim ile birleştirme yapılmamaktadır. Çünkü konveyör bandın tamburlardan geçişi sırasındaki eğilme sonucunda ek yeri açılabilme riski ortaya çıkmaktadır [11]. Tesiste yapılan

çalışmalarda $0,3 \times B$ kadar bir zaviye verilerek çapraz kesim uygulanmaktadır. Bu değer yaklaşık olarak $16,7^\circ$ ye denk gelmektedir.

Endüstriyel tesislerde konveyör bantlarının birbirine yapıştırılmasında genellikle çapraz kesim yapıştırma yöntemi uygulanmaktadır. Ek yerinin sağlamlılığını olumlu yönde etkilediğinden dolayı genellikle tercih edilen bir yöntemdir.

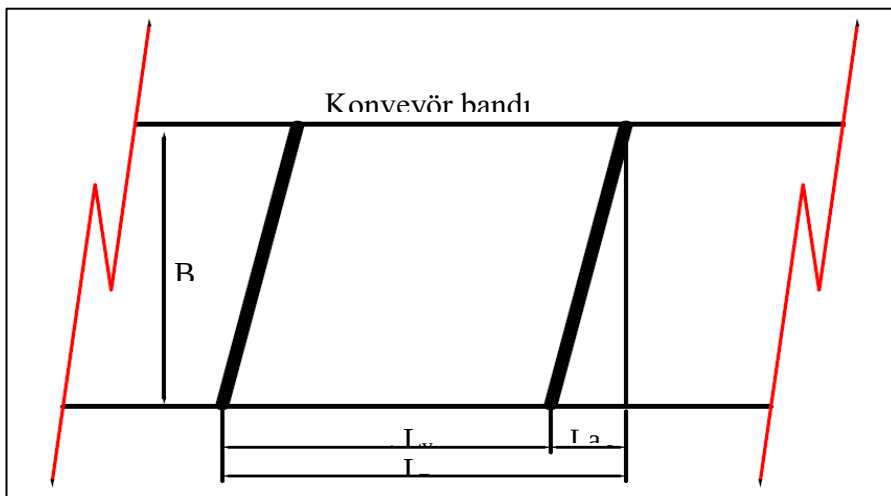


şekil 3.6. Bant zaviyeli kesim işlemi [33].

Eğer L_v ek yerinin tavsiye edilen toplam uzunluğu ise, vulkanizasyon boyu için gereken uzunluk olan L şekil 3.7’de gösterilmiştir.

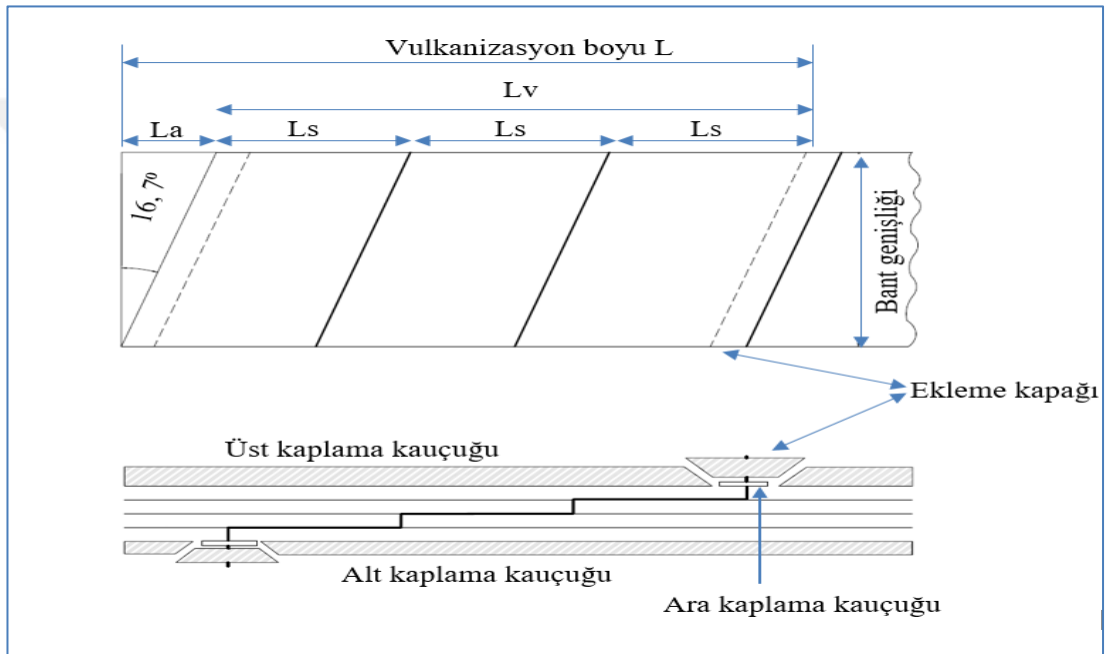
$$L = L_v + L_a$$

$$L_a = 0.3 \times B \text{ (B: bant genişliği)}$$



şekil 3.7. Bant ek yeri şematik gösterimi.

Bant özelliklerine göre kat alma işlemi Şekil 3.8'e göre belli bir tekniğe göre yapılmaktadır. Kat alırken bir alttaki kort bezine zarar vermeden işlem uygulanmalıdır. Aksi takdirde bandın mukavemeti düşer ve bu da zamanla bandın kopmasına neden olmaktadır. Bantta toplam 4 kat kord bez var ise kat açma işlemi 3 kademe olarak gerçekleşir. Kat alma işlemi merdiven basamağı şeklinde Çizelge 3.1'deki aralıklarla yapılmaktadır. Ayrıca uç kısımlar açılabilir ve bu kısımlar kapak olarak adlandırılır. Daha sonra bu kapaklar doldurulur. Her zaman kat adedinden bir eksik olarak kademe açma işlemi uygulanır.



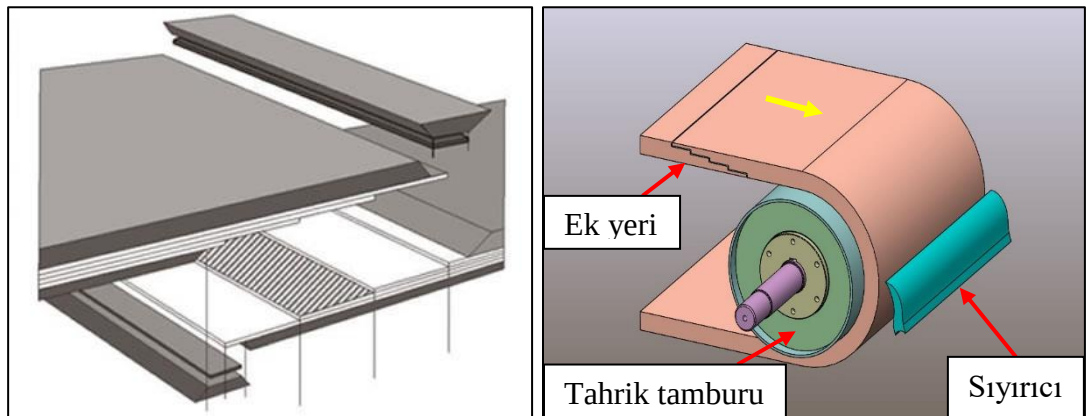
Şekil 3.8. Kat alma (merdiven, basamak) diyagramı [33].

Bu çalışmamızda kullanılan bantta L_v toplam ek boyu 600 mm olarak alınmıştır. Çizelge 3.1'deki değerlere bakıldığında kullandığımız bant bez mukavemetine ve kat adedine karşılık kat uzunluğu olan L_s 200 mm ve ek boyu olan L_v 600 mm olarak görülmektedir. Her bir kat aynı ölçüye göre ayarlanmalıdır. 25 mm ise kapama kapak kauçuğu mesafesidir (Şekil 3.8).

Çizelge 3.1. Bant ek ölçüleri [33].

Bez Mukavemeti (kg/cm)	Kat Adedi	Kat Uzunluğu (Ls)	Toplam Ek Boyu (Lv)
70-100	3	150	300
	4	150	450
125-160	3	200	400
	4	200	600
200-250	4	250	750
	5	250	1000
315-400	4	300	900
	5	300	1200

Bant kat alma işleminde tahrik tamburunun hareketi yönünde bant ek yeri yönü tayin edilir. Çalışma yönü tahrik tamburuna göre belirlenir. Bandın tahrik tamburu tarafından çekildiği tarafta (hareket yönü) bandın alt kaplama kauçuğundan başlanarak kat alma işlemi uygulanır. Diğer tarafta ise bandın üst kaplama kauçuğundan kat alma işlemi yapılır. Bunun amacı bandın tamburlardan geçmesi esnasında sıyrıcılardan ve roletlerden kaynaklı olan teması azaltmak ve bundan dolayı zarar görmesini engellemektir.



Şekil 3.9. Detay bant ek yeri gösterimi.

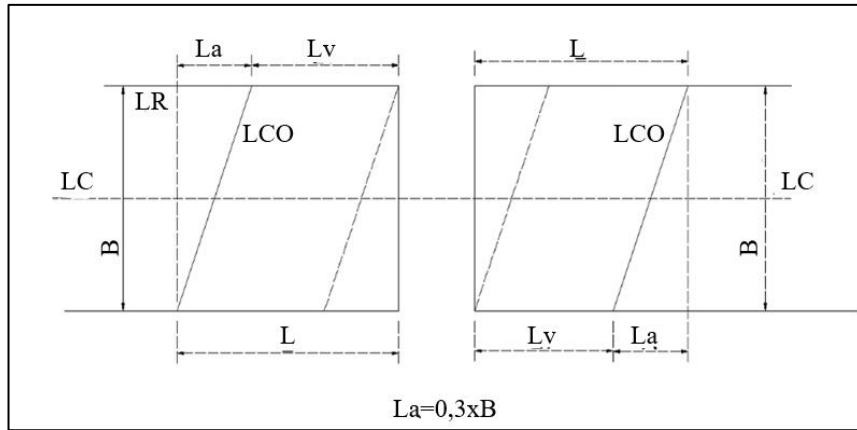
Vulkanizasyon ek birleştirme için yapılması gerekli olan bazı işlem adımları belli bir sıraya göre yapılmaktadır.

Endüstriyel tesislerde bantlar, atölye ortamında ya da çalışan bir sistem üzerinde birleştirilmektedir. Tesiste bant eki birleştirme işlemlerine başlanmadan önce ek yerinde herhangi bir bant kaymasını engellemek için köşebent profilleri kullanılarak bant uçları sabitlenerek bağlanmaktadır.



Şekil 3.10. Bantların köşebentlerle sabitlenmesi.

Dönüş yönüne göre bandın arka ucu çalışma platformunun üzerine yerleştirilir. Bant ucundan itibaren ekleme boyu kadar düzgün şekilde ölçerek işaretleme yapılır. Her iki bant ucu olabildiğince merkezlenerek çalışma yüzeyine yerleştirilir. Sonra bir ucu kaldırılıp üzeri markalanır, sonra da diğer ucu markalanır. Bu noktalardan geçen bir çizgi çizilir ve merkez çizgisi LC olarak adlandırılır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Bant uçlarının markalanması.

$L=L_v+0.3*B$ kadar uzaklıkta merkez çizgiye dik referans doğrusu LR çizilir.

Bandı kenar çizgisi boyunca, referans doğusu (LR)'nin kenarla kesiştiği yerden bant ucuna $La=0,3 \times B$ kadar mesafe ölçülür ve markalanır. Markalanan La uzunluğundan referans noktasının karşı kenarı kestiği nokta arasında bir doğru daha çizilir ve buna kaplama kesme doğrusu (LCO) denir. Bu çizgiyi çizmek için düz kenar kullanılır ve kare şekli ayarlanarak boyalı kalemle markalanır. Bu işlem diğer bandın uç kısmında da devam ettirilir. Markalama işleminden sonra çapraz kesim yapılır [24].



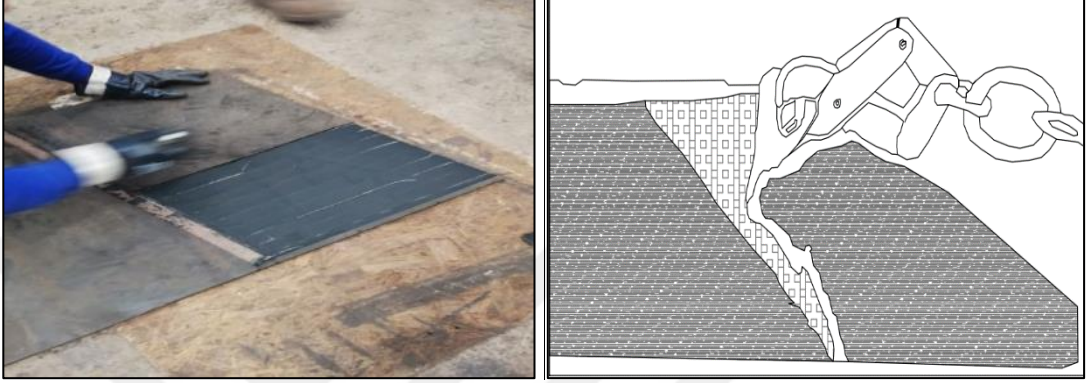
Şekil 3.12. Bant ek yeri markalama ve kesim işlemi.

Markalama ve bant uçlarının çapraz kesim işlemi yapıldıktan sonra üst ekleme kauçuk kapağının bant yüzme bıçağı ile soyma işlemine başlanır. Üst ekleme kauçuk kapağı kesilirken bıçağın tekstil dokuyu yaralamamasına dikkat edilmelidir. Ek yeri sonu dik, baş tarafı (ek yanağı) 45° meyille kesilir. Kesme işlemi ilk kort bezine kadar yapılır.



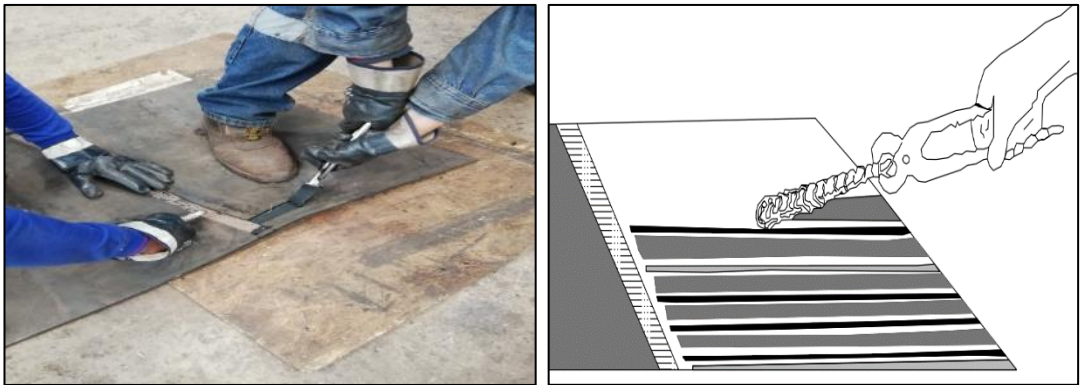
Şekil 3.13. Bant üst ekleme kauçuk kapağının kesilme işlemi.

Üst ekleme kauçuk kapağı kesildikten sonra bandın üst kaplama kauçuğunun yüzme işlemi yapılır. Kauçuğun köşesi kelpeten ile kaldırılıp bant yüzme pensesinin ağzına sıkıştırılır. Üst kaplama kauçuğu çekilerek komple yüzülür. Yüzme işlemi komple bütün halinde yapılamıyorsa kauçuğu yüzebilecek parçalar halinde keserek kaldırma işlemi yapılır.



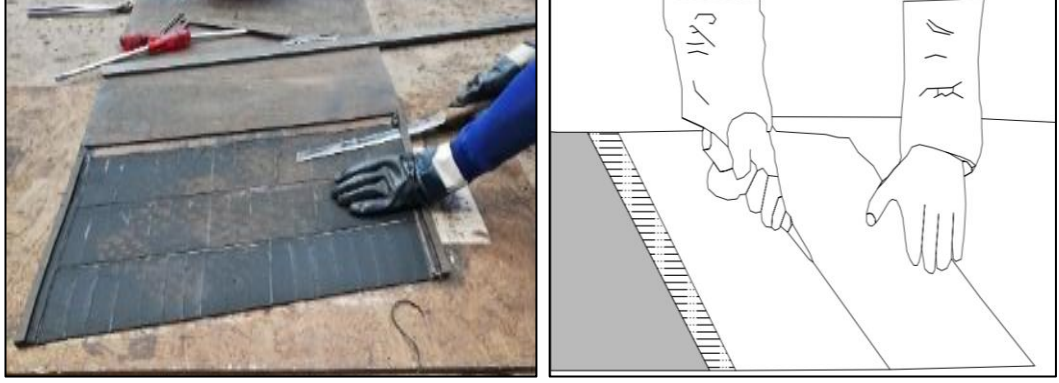
Şekil 3.14. Üst kaplama kauçuğunun yüzülmesi.

Birinci kat tekstil tabakayı 25 ila 30 mm ölçerek kesme işlemine başlanır. Her katın kesme işleminde bıçağın bir alt kata zarar vermemesi büyük önem taşımaktadır. Birinci kat tekstil tabaka ikinci kademe boyunu geçecek şekilde kaldırılır. Her kademe boyu 200 mm olarak gerçekleştirilmektedir. Katları birbirinden ayırırken önce bıçak ucu ile iz bırakılarak markalama yapılır. Daha sonra ayırma kancası ile kort bezi kaldırılır. Kort bezlerinin kat alma işlem kolaylığı açısından 30 ila 40 mm’lik şeritler halinde kesilerek soyma işlemi yapılabilir.



Şekil 3.15. Tekstil dokulu bant kademelerinin yüzülmesi.

İkinci kademe de aynı şekilde 200 mm boyunda ölçülerek işaretlenir ve birinci kademede yapılan işlemler tekrarlanarak kort bezi soyularak kat alma işlemi yapılır.

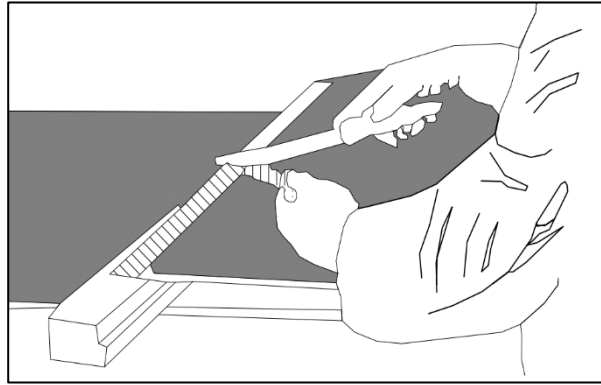


Şekil 3.16. Kademelerin oluşturulması.

Tüm katlar aynı şekilde ölçüm yapılarak yüzülür ve merdiven basamağı şeklinde kademeler oluşturulur.

Kort bezi katları yüzülürken bant kenarlarında bulunan koruyucu kauçuk kaplama, kademelerle aynı hizada olacak şekilde kesilir.

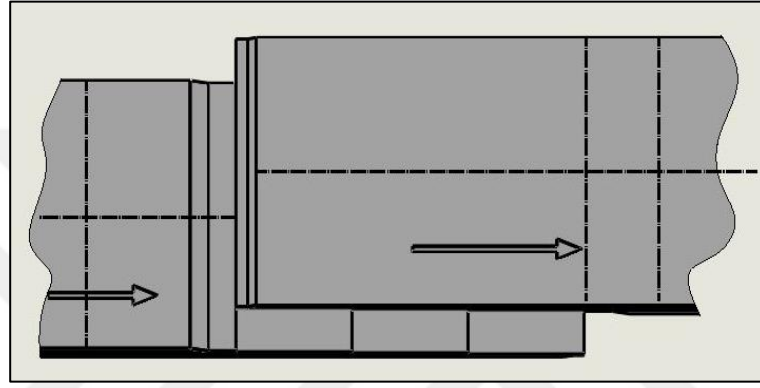
Katları alınan bant ters çevrilerek uç kısmında 25 ila 30 mm olacak şekilde kauçuk tabaka kaldırılır.



Şekil 3.17. Bant ucundan kauçuğun alınması.

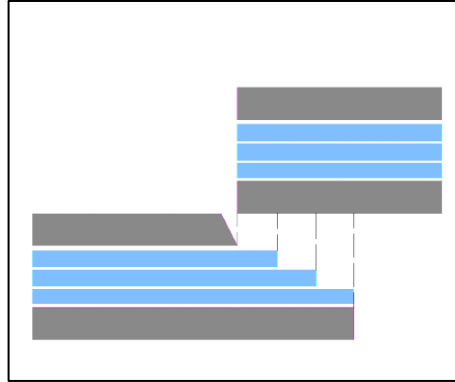
Yapılan tüm bu işlemler bandın alt tarafı için de aynı şekilde tekrar edilir.

Yüzülmüş olan bant ucu çalışma platformunun üzerine serilir. Eklenecek olan diğer bant ucu yüzülmüş olan bandın üzerine serilir ve merkezlenir. Yapılan ek sonrasında bandın aksel düzgünlüğü büyük önem taşımaktadır. Eksenleri kaymış bir şekilde ek yapılan bantlarda daha sonradan işletme esnasında kaymalar meydana gelebilmektedir. Bazen tolere edilemeyen bu kaymalar yüzünden yapılan bant ek yeri kesilerek yeni baştan ek yapılmasına yol açabilmektedir.



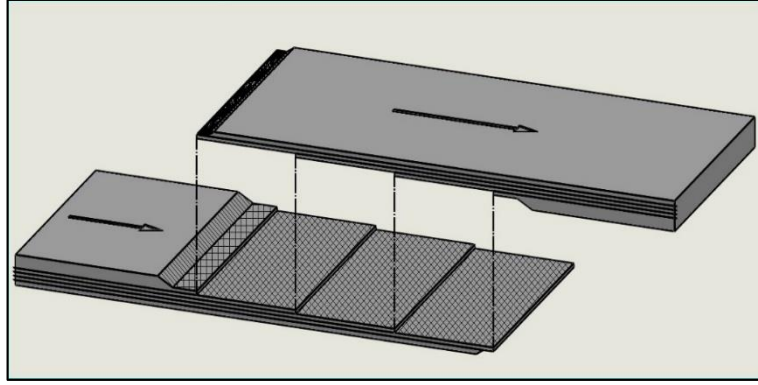
Şekil 3.18. Bant eksen ayarı.

Bandın alt kademeleri ile üst kademeleri çakışacak şekilde işaretleme yapılır.



Şekil 3.19. Alt ve üst kademelerin işaretlenmesi.

İşaretlere göre alt bant ucundaki kademelerle çakışacak şekilde bant ucu katlanarak yüzülür. Yüzme işlemi alt bant ucundaki işlem sırasına göre yaparak tamamlanır.



Şekil 3.20. Alt ve üst bant uçlarının kademe halinde yüzülmesi.

Banttta kademeler açılıp yüzüldükten sonra yağ ve kirlilik gibi istenmeyen unsurlardan ve verimli bir ekleme açısından dolayı temizlik solventi ile temizleme işlemi yapılır.

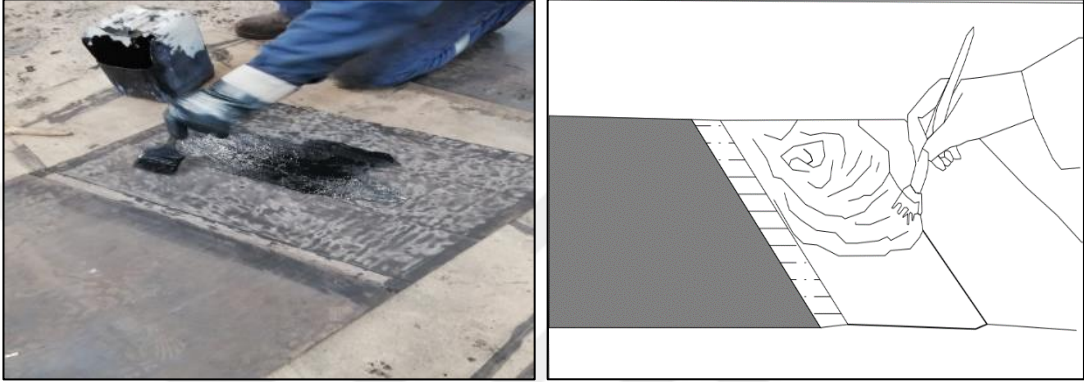
Bantları eklerken çalışma ortamının ve kullanılan kauçuk malzemelerin temizliği önemlidir. Temizlik, iyi bir yapıştırmayı sağlamak için yapılması gereken önemli unsurlardan biridir. Bundan sonra ekleme yapılacak tüm yüzeylere raspalama işlemi yapılır. Ek yerlerinin dört bir tarafındaki kauçuk kenarları ve kauçuk örtünün meyilli kesilen kenarları da olmak üzere raspalama işlemi uygulanır. Raspalama sırasında tekstil dokuya zarar verilmemelidir.



Şekil 3.21. Tekstil özlü bandın raspanması.

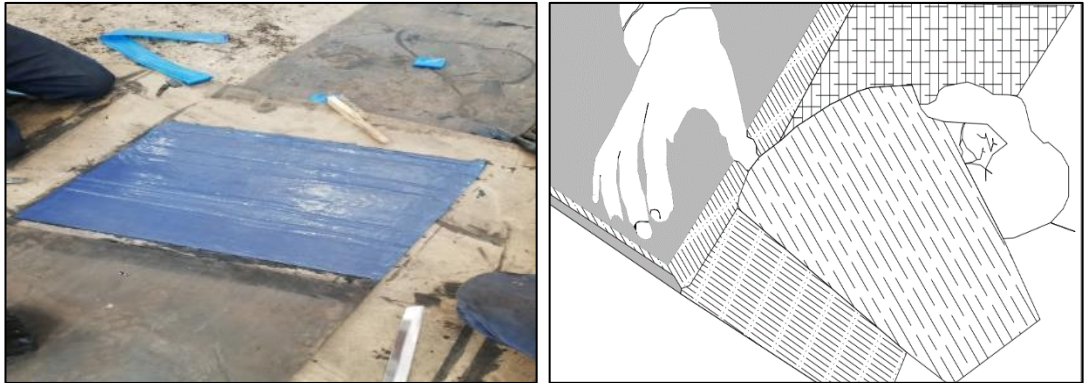
Raspalama işleminden sonra açığa çıkan toz ve partiküller fırça yardımıyla ya da varsa hava ile temizleme işlemi yapılır.

Bu işlemden sonra kıl fırça yardımıyla bandın her iki ucuna solüsyonlama işlemi uygulanır. Solüsyonlanan kısımların dış etkilerden etkilenmemesi için naylon ya da kağıtla kapatılır. Solüsyon banda komple sürülüp yedirilir. 10 ila 15 dakika beklenir, sonra diğer işlemlere geçilir. Vulkanize solüsyonlar genellikle parlayıcı ve yanıcı çözücülerden imal edildiklerinden dolayı solüsyonlama esnasında etrafında ateş olmamasına dikkat edilmelidir.



Şekil 3.22. Solüsyonlama işlemi.

Solüsyon sürülmesi işlemi bittikten sonra iki bant arasına ara bağlantı kauçuğu tüm alanı kapsayacak şekilde yerleştirilir. Ara bağlantı kauçuğu, iki bandın birbirine kort bezlerinin daha iyi yapışması için uygulanmaktadır. Bantlar üst üste getirildikten sonra üst bant ucu pres dışına doğru katlanır. Ara bağlantı kauçuğu üretici firmalara göre 0.5 ila 1 mm arasında imal edilmektedir. Tesisteki uygulamada 1 mm ara kaplama kauçuğu kullanılmaktadır.



Şekil 3.23. Ara bağlantı kauçuğunun yerleştirilmesi.

Alt ve üst bant uçları, kademeleri ve eksen ayarı göz önüne alınarak örtüştürülür. Bant ek yeri boyunca 15 ila 20 mm genişliğinde kenar kauçuğu monte edilerek yapıştırılır. Bant uçlarının üst üste bindirilmesi işleminde ek yerinde herhangi bir boşluk ve hava kalmayacak şekilde herhangi bir yönden başlamak kaydıyla bastırarak yapıştırma işlemi yapılır.



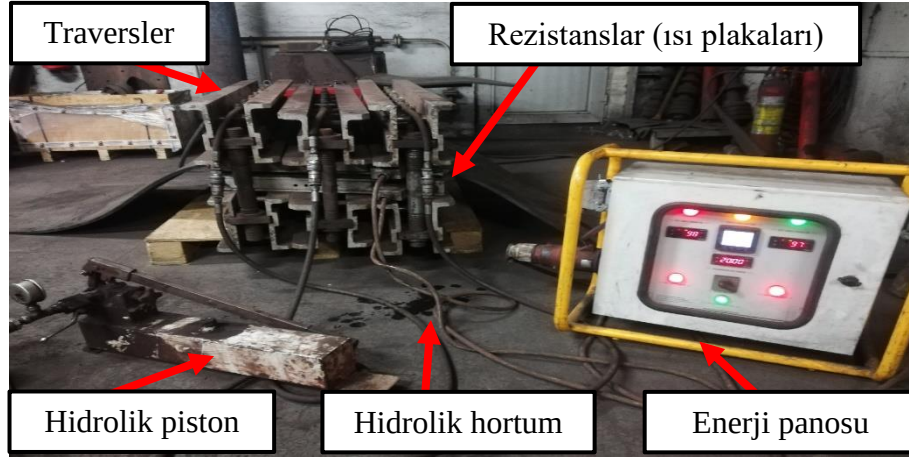
Şekil 3.24. Bant kapama işlemi.

Bandın merkez çizgisini kontrol ederek bant uçları sabitlenir. Bu işlemde önemli olan bantların eksenel ayarının iyi yapılmış olmasıdır. Bandın üst ek yerinde üst örtü kapama kauçuğu kesilerek doldurma ve yapıştırma işlemi uygulanır.



Şekil 3.25. Üst kapama kauçuğunun yapıştırılması.

Buraya kadar yapılan işlemler tekstil dokulu bandın sıcak vulkanizasyon yöntemiyle birleştirmeye hazırlık aşaması olarak değerlendirilmektedir. Artık bantların vulkanizasyon presi ile yüklenecek birleştirme işlemlerine başlanabilmektedir. Bant genişliği ve ek boyuna göre vulkanize kaynak makinesi ölçüleri değişmektedir.



Şekil 3.26. Tesiste kullanılan vulkanize kaynak makinesi ve ekipmanları

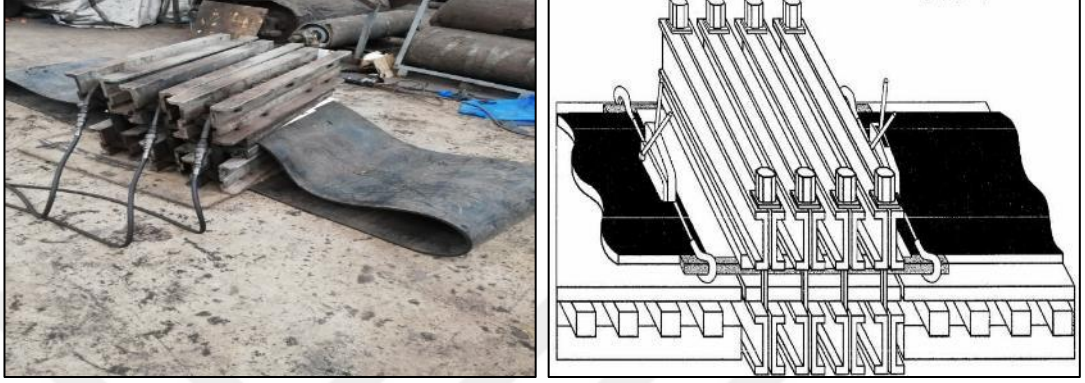
Şekil 3.26'da vulkanizasyon makinesi ve ekipmanları görülmektedir. Genel olarak vulkanizasyon sistemi; traversler, hidrolik piston, vulkanize pres tablaları (ısı plakaları), hidrolik hortumlar, enerji panosu, rezistanslar ve termometre bileşenlerinden oluşmaktadır.

Konveyör bandın vulkanizasyon pres makinesiyle birleştirilmesi için belli bir sıraya göre işlemler yapılmaktadır. İlk olarak alt traversler çalışma platformuna veya tesiste yapılacak ise düzgün olacak şekilde yerleştirilir. Alt traversin üzerine ısı plakası yerleştirilir. Teflon bezi veya gazete kağıdı alt ısı plakasının üzerine yerleştirilir. Bu işlem bandın plakaya yapışmasını önlemek amacıyla yapılmaktadır. Bant ısı plakasının üzerine yerleştirilir.



Şekil 3.27. Alt vulkanize traverslerin yerleştirilmesi.

Üst ısı plakası ve üst traversler yerleştirilir. Bu plakalar uç taraflarından 150 mm'den daha fazla boylamasına ve her iki taraftan 75 mm'den daha fazla çaprazlamasına çıkıntı vermemelidir. Eğer gerekliyse uygun eklemeyi sağlamak için yeteri kadar travers ilave edilerek kullanılmaktadır.



Şekil 3.28. Üst ve alt ısıtıcı plakaların ayarlanması [24].

Travers civataları ısı plakasına değecek kadar yaklaştırılarak somunların boşlukları alınır. Bant uçlarının uzamasına karşı kamalar tekrar sıkılır. Hidrolik pres mekanizması ile pistonlu traversler arasında bağlantı kurulur. Üst ve alt ısı plakaları ile güç kaynağı arasında bağlantı kurulur.

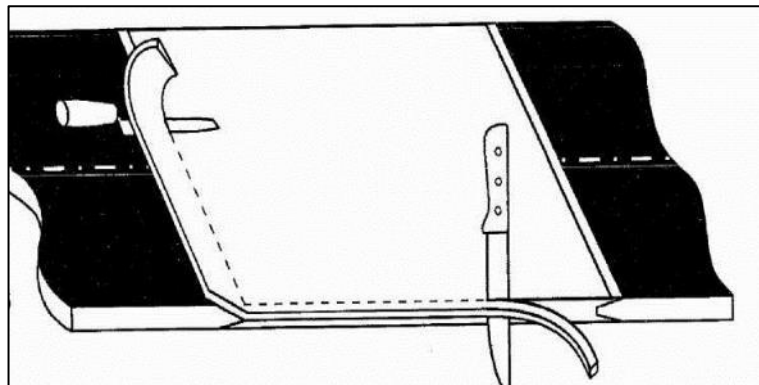


Şekil 3.29. Vulkanize pres makinesinin çalıştırılması.

Vulkanizasyon pres makinesi yükleme işlemene başlanır. Buradaki önemli olan püf nokta ısıtma süresi, sıcaklık ve basınçtır. Sistem boştayken 0 °C'de 50 bar basınç uygulanır. Enerji panosunda ısıtıcı 50 °C'ye geldiğinde 100 bar basınç değeri

ayarlanır. 100 °C'ye ulaştığında 150 bar uygulanmaktadır. Ortalama 20-25 dakikada sıcaklık 145 °C'ye gelmektedir ve 145 °C'den itibaren işlem bitene kadar 150 bar basınç uygulanarak pişirmeye devam edilir. Bu çalışmada toplam bant kalınlığı 14 mm olduğundan dolayı 145 °C enerji panosundan görüldükten sonra yaklaşık 24 dakika pişmeye bırakılır. Basınçta buna paralel olarak 150 bar olarak hidrolik piston manometre ekranından ayarlanmaktadır. Vulkanizasyon işlemi bittikten sonra sistem soğutulmaya bırakılır. Vulkanize pres makinesinin sıcaklığı 60 °C ila 80 °C'ye gelene kadar soğutmaya bırakılır, sonra ısıtıcı plakalar sökülerek banda yol verilmektedir. Yeteri kadar soğumayan bandın zamanından önce devreye alınmasıyla bant yapısında büzölmeler ve kopmalar meydana gelebilmektedir. O yüzden soğuma olayı tesisin güvenli, sağlıklı ve verimli çalışması açısından önemlidir.

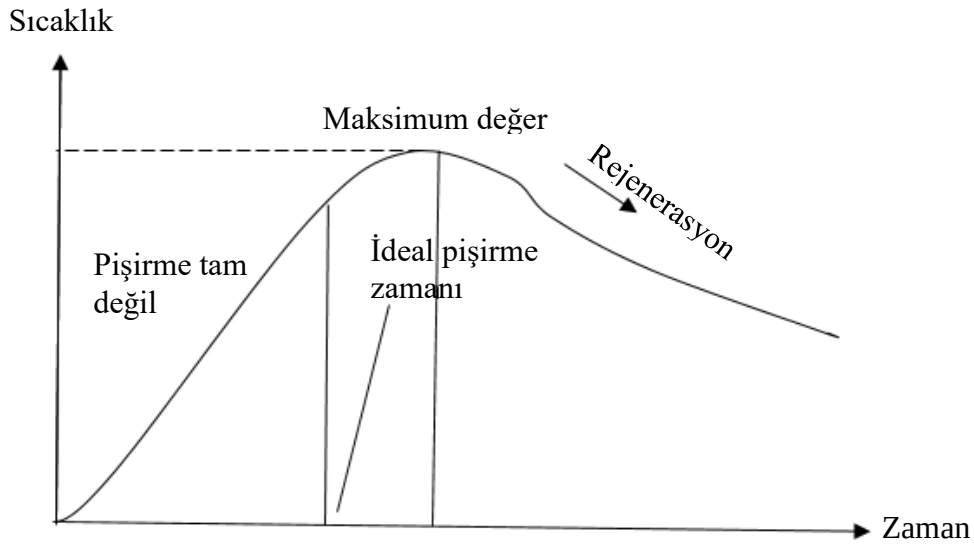
Banda yol vermeden önce bant eki yüzeyinde ve kenarlarında kalan fazlalıklar traşlanarak temizlenir. Vulkanizasyon işlemi tamamlandığında ortaya çıkan bant ekinde, bir zayıflığa işaret edebilecek görünür herhangi bir kusur olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bant sıyrıcılardan ve diğer konveyör bileşenlerinden geçerken ek yerinin performansını korumak amacıyla bant ekinde herhangi bir fazlalık kauçuğunun kesilerek alınması yaygın olarak yapılan bir uygulamadır. Bant kenarlarının bant soğuduktan sonra kesilmesi ek yeri ile bant kenarlarının daima aynı düzgünlükte olmasını sağlayacaktır. Çünkü ek yeri soğudukça büzüşme eğiliminde olacaktır.



Şekil 3.30. Bant kenarındaki fazlalıkların kesilmesi [24].

3.1.1.2. Vulkanizasyon preslerde ısının ve sürenin önemi

Belirli bir basınç ve sıcaklık altında belli bir sürede kauçuğun fiziksel özelliğini değiştirmesi olayına vulkanizasyon olarak adlandırılmaktadır. Vulkanize birleştirme şartları vulkanizasyon sıcaklığı yani ısı, vulkanizasyon süresi ve uygulanan basınç olarak değerlendirilmektedir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi vulkanize preslerde ısı ve vulkanize süreleri çok önemlidir ve iyi bir vulkanizasyon işlemi için iyice kavranılması gereken hususlardır. En ideal sıcaklık tekstil dokulu bantlarda 145 °C'dir. Düşük sıcaklıklarda vulkanizasyon gerçekleşmemektedir. Sıcaklık kadar süre de önemlidir. Süre kısa tutulursa istenen fiziksel özelliklere tam olarak ulaşılmaz, fazla olursa da bu kez kauçukta rejenerasyon (geri dönüş) başlar. Bu yanma olarak adlandırılmaktadır. Kauçuk bant yumuşar ve yapışkan hale gelir. Fiziksel özelliklerde düşme gerçekleşir. En ideal pişirme, fiziksel özelliklerin maksimum olduğu zamandan biraz önce vulkanizasyonu kesmek suretiyle elde edilir. Zira bir süre daha vulkanizasyon kendi kendine devam eder. Aşağıdaki grafik bu durumu açıkça anlatmaktadır [24].



Vulkanizasyon süresi tesisteki uygulamalarda vulkanize kaynak makinası tedarik firmalarının belirttiği şekilde pratik olarak hesaplanmaktadır.

20 mm kalınlığa kadar olan bantlar için ısı iletimi için 10 dakikalık bir süre gereklidir. Her 1 mm kalınlıktaki kauçuğun vulkanizasyonu için de buna ilave olarak 1 dakikalık zaman gereklidir. Buna göre bu çalışmada kullanılan bandın toplam kalınlığı 14 mm olduğu düşünüldüğünde bandın vulkanizasyonu ısı iletimi için 10 dakika ve 14 mm bandın pişmesi için 14 dakika olmak üzere toplam 24 dakika olacaktır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, belirtilen srelerin pişme sıcaklığı olan 145 C'ye ulaştıktan sonraki süre olduğudur. Yapılan uygulamada pres plakaları 145 C sıcaklığa ulaştıktan sonra 24 dakika vulkanizasyon süresi boyunca işlem devam etmiştir.

20 mm ve üzeri kalınlığındaki bantlarda ısı iletimi için geçerli süre 20 dakika alınmaktadır. Örneğin 24 mm kalınlığındaki bir bandın eklenmesi için yaklaşık 44 dakikalık bir süre alınacaktır.

Tesisteki çalışmalarda vulkanizasyon sıcaklığı 145 C'ye ulaşana kadar ortalama 30 dakika gibi bir süre geçmektedir. Toplam vulkanizasyon süresine bakıldığında yaklaşık 1 saat zaman almaktadır. Bu sadece pişme ile geçen zamandır. Pişme bittikten sonra soğumaya bırakılan zamanda ayrıca beklenmektedir.

3.1.1.3. Vulkanizasyon preslerde basınç ve nemi

Bant ekleme de uygulanacak basınç, en az sıcaklık kadar önemlidir. Hidrolik tertibat ile plakalara, dolayısıyla buradan da vulkanize edilen bant yüzeyine uygulanan basınç 9-10 kg/cm² veya 150 bar olmalıdır. Gerçekten de yeterli basıncın sağlanamadığı eklemelerde kauçukta süngerimsi bir yapının olduğu ve iyi bir yapışmanın olmadığı görülmektedir. Bu nedenle vulkanizasyon süresince basınç değerleri sürekli kontrol edilmeli, hidrolik kaçaklar ve sıcaklık nedeniyle basınçta düşmeler olduğuunda basınç değerini yükseltilmelidir [17, 40].

3.1.2. Mekanik Birleştirme Yöntemi

Bant birleştirme yöntemlerinden bir diğer de mekanik birleştirme yöntemidir. Mekanik ekleme sistemi bantların kısa sürede işletmeye alınmasını gerektiren

durumlarda genellikle tercih edilmektedir. Günümüzde, bant ekleme için birçok mekanik sabitleme elemanı tipi vardır. Hepsi bandın iki ucunu bir menteşe, pim veya plaka tasarımıyla birleştirme prensibinde çalışmaktadır. Korozyona ve aşınmaya karşı dirençli olmaları ve uygulama şartlarına uymaları için mekanik sabitleme elemanları çeşitli malzemelerden imal edilmektedir.

Konveyör bantları mekanik sistemlerle eklemek mümkündür. Ancak bu sistem çelik özlü bantları eklemede iyi sonuçlar vermemektedir [11]. Çünkü çelik özlü bantlar yüksek mukavemet gerektiren yerlerde kullanılmaktadır. Bu nedenle mekanik birleştirme yönteminde, daha çok tekstil özlü bantların sonsuz bant oluşturmada, tamir ve yırtık işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Kardemir A.Ş. tesisindeki tekstil dokulu bantlarda mekanik birleştirme yönteminin uygulanması ele alınmıştır.

Mekanik ekleme sisteminde kullanılan çeşitli özellikte malzemeler mevcuttur. Kullanılması düşünülen malzemelerde aşağıdaki şu hususlar gözönüne alınarak seçim yapılmalıdır [11]:

- Kullanma kolaylığı ve ekleme süresi
- Bandı kavrama özelliği
- Çalışırken bant uçlarında yaptığı tahribat
- Silgi sistemleri ve tamburlardan geçişi sırasındaki uyumu
- Mekanik birleştirme için gerekli ekipmanların durumu

Kullanılması düşünülen mekanik bant birleştirme malzemesi seçilirken bant kalınlıkları, kord bezi sayısı ve bant genişlikleri de gözönüne alınarak malzeme seçimi yapılmalıdır. Bu hususlar imalatçı firmalarla da paylaşarak sağlıklı bir birleştirme yapılır. Birçok mekanik ekleme tipi mevcut olup bu çalışmada tesiste genellikle yapılan raptiyeli mekanik birleştirme yöntemi üzerinde durulmaktadır [11].

3.1.2.1. Mekanik birleştirme işlem adımları

Kardemir A.Ş. tesislerinde bant değişiminden sonra kopma ya da birleştirme amacıyla zamandan tasarruf sağlama amacıyla mekanik birleştirme metodu çoğu zaman tesiste tercih edilmektedir.

Tesiste kıvılcım marka plaka tip BR20-2” raptiyeler kullanılmaktadır. Bu tip raptiyeler imalatçı firmalar tarafından tavsiye edilen 8 ila 15 mm kalınlığındaki bantlarda kullanılabilir. Kullanılan raptiye delik çapları 8 mm’dir. Raptiyelerdeki delikler arası mesafe 55 mm şeklindedir. İki raptiye arası delik eksenleri arası ise 40 mm olacak şekilde şablonlama yapılarak uygulanmaktadır. 1000 mm genişliğindeki bantta 26 adet raptiye, 800 mm genişliğindeki bantta 21 adet raptiye, 650 mm genişliğindeki bantta ise 17 adet raptiye şablona göre kullanılır. Mekanik ek yapılacak bantta kullanılacak olan raptiye sayıları Çizelge 3.2’de gösterilmekte ve önerilmektedir [41].

Çizelge 3.2. Mekanik ek raptiye sayıları [41].

Bant Genişliği (mm)	Raptiye Adedi
300	8
400	10
500	13
650	17
800	21
1000	26
1200	31
1400	37
1600	42
1800	47
2000	53



Şekil 3.32. Tesiste kullanılan bant raptiyeleri.

Tesiste yapılacak ek için öncelikle bant her iki ucundan köşebent profillerle sıkıştırılarak sabitlenir ve çektirmelerle uç uca getirilir. Her iki ucu gönye ve master ile ayarlanarak düzenlenir. Daha sonra tesiste iki farklı birleştirme yöntemi uygulanmakta olup bunlar zaviyeli ve düz birleştirme şeklinde gerçekleştirilir. Biri zaviyeli (açılı) kesim diğeri ise bantın hareket yönüne dik 90° olarak düz kesim şeklinde yapılabilir. Bu çalışmada genellikle tesiste kullanılan bantın hareket yönüne dik 90° olacak şekilde düz kesim tercih edilmektedir ve yapılan bu yöntem irdelenmektedir.

Düz eklemeli direkt bantın enine paralel olarak düz şekilde gönyesinde kesim işlemi yapılır. Eğer ki zaviyeli olarak birleştirme yapılırsa $0,3 \times B$ şeklinde zaviye derecesi ayarlanarak kesim yapılmaktadır. 800 mm genişliğindeki bir bantta $800 \times 0,3 = 240$ mm zaviye derecesi verilir.

Bandın raptiye deliklerini delmek için master ve metre kullanılarak bant üzerine üretici firmadan tedarik edilen şablon yerleştirilir ve kalem ile delik merkezleri işaretlenir. Aynı şekilde karşı tarafındaki bandada işlem uygulanır. 90° 'lik ek yeri şablonu deliklerin karşılıklı olarak doğru yerlere açılmasını sağlayarak tamiratı kolaylaştırır. Her kalınlıktaki bantlar için şablon uygulanabilir.



Şekil 3.33. Mekanik ekleme şablon ve delik merkezlerinin ayarlanması.

Kullanılan raptiyelerin çapı 8 mm olduğu için delikler 9 mm lik zımba yardımıyla delinir ve diğer bant ucuda aynı şekilde delinir.



Şekil 3.34. Delik delme işlemi.

Bantta delik delme işlemi bittikten sonra raptiyelerin somun ve kapakları çıkartılıp teker teker deliklerin tek tarafına monte edilir.



Şekil 3.35. Alt raptiye montajı.

Raptiyelerin arasına paralel olarak toz dökülmelerini engellemek amacıyla kauçuk ya da bez yerleştirilir.



Şekil 3.36. Raptiye arası bez monte edilmesi.

Üst raptiye montajına bandın ortasından başlanarak devam edilir. Nedeni ortadan yanlara doğru bandın hizalanmasını sağlamaktır. Komple raptiyeler deliklere monte edildikten sonra somunlar yerleştirilir. Daha sonra el breyzi ya da tork ile sıkma işlemi yapılır. Sıkma işlemi bandın üst kaplama kauçuğunun üst yüzeyine hizalanıncaya kadar sıkılır.



Şekil 3.37. Raptiye sıkma işlemi.

Sıkma işlemi bittikten sonra uzun kalan civata uçları spiral taşla ya da boru yardımıyla kırılarak düzleştirilir. Sonra civata üzerinde kalan çıkıntı fazlalıkları spiral taş yardımıyla traşlanır ve işlem tamamlanır. Bunun amacı ise bant ek yeri tamburlardan, sıyrıcılardan ve bant taşıyıcı makaralardan geçerken verdiği aşınmayı en aza indirmektir. Böylece mekanik ekleme tamamlanmış olur. Bu birleştirme işlemi tesiste genellikle ortalama 1-2 saatte tamamlanmaktadır.



Şekil 3.38. Mekanik birleştirme yöntemi uygulanan bant.

Bandın üst kaplaması 5 mm'den fazla olan durumlarda normal mekanik ek uygulamasından farklı olarak ekin üst kaplama kauçuğunun bir kısmı alınarak

gömme şeklinde uygulama yapılabilmektedir. Kaplama kauçuğu alınarak yapılan eklerin sıyırıcı ve diğer istenmeyen malzemelerle teması azalır. Bu da raptiye plakalarının dolayısıyla mekanik eklerin ömrünü uzatmaktadır. Mekanik ekleme elemanlarının gömülerek uygulanması bant ek yerinin rulolar ile temasını azaltmasına ve dolayısıyla oluşan gürültüyü de azaltmasına yardımcı olmaktadır.



BÖLÜM 4

LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Endüstride malzeme nakil işlerinde bantlı konveyörler çoğunlukla yer almakta ve entegre demir çelik üretim tesislerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Dünyada konveyör bantlarıyla ilgili yapılan çalışmalarla birlikte bantların yanmaya, basınca ve kopmaya karşı dayanımları ile ilgili olarak yenilikçi çözümler üretilmektedir. Tüm bunların yanında bantın maksimum süre çalışmasını sağlayacak olan birleştirme yöntemlerinin de tespiti gerekmektedir. Konveyör bantların sıcak vulkanizasyon ve mekanik birleştirme yöntemleri ile tamir edilmesi günümüzde olduğu gibi geçmişte de araştırılmış ve geliştirilmeye çalışılmıştır. Araştırmacılar tarafından uygun olan ek yeri birleştirmeleri ve en uygun yöntemin belirlenmesi açısından metotlar araştırmaya devam edilmektedir.

Hardygora ve arkadaşları, “Yeraltı Madenlerinde Kullanılan Konveyör Tekstil Bant Bağlantılarının Laboratuvar Testi” başlıklı bir çalışma yapmış olup, çalışmalarını Mining Science dergisinde yayımlamışlardır. Çalışma, bantlı konveyör ve bantlı konveyörlerin ek yerlerinin analizi ile ilgilidir. Hardygora ve arkadaşları, konveyör bantların ek yerinde oluşan dayanım azalışını çeşitli test metotlarıyla açıklamaya çalışmışlardır. Bantlı konveyörlerin gerektirdiği yüksek güvenlik ve operasyonel güvenilirlik standartlarını elde etmek için, konveyör bantlarının ve bunların ek yerlerinin sistematik testine ihtiyaç vardır. Bu çalışma, ek yeri testi yöntemlerini açıklamakta ve çok katlı bant eklerinin düşük mukavemetinin nedenlerinin bir analizini sunmaktadır. Testler, Wrocław Teknoloji Üniversitesi’nin Bantlı Taşıma Laboratuvarı’nda (LTT) gerçekleştirilmiştir. Burada sunulan yöntem, konveyör bantı yapışkan bağlantılarında gerilim dağılımının ölçümü için özel bir yöntemdir. Konveyör bant bağlantılarının gücü, bir konveyör üzerindeki tüm bant döngüsünün gücünü belirler. Düzgün yapılmış bir ek içindeki mukavemet kaybı, kat sayısına bağlı olarak %30 ila %45 arasında değişebilir. Bir bağlantı arızalıysa veya farklı güç

özelliklerine sahip bantlar birleştirilirse, eklemin ek zayıflaması, gücünü yüzde birkaç düzine kadar azaltılabilir ve kemer köprüsünün aniden kırılmasına neden olabilir. En güçlü ek yerleri, aynı mukavemet özelliklerine sahip bantlar arasındakiler olacak şekilde ve kat kumaşına zarar vermeden yapılır. Düzgün yapılmış bir bağlantıda, birinci veya son katın temas noktasında bir yırtılma bulunur. Başka herhangi bir kırılma düzeni, kusurların varlığını gösterebilir. Bantlı Taşıma Laboratuvarı'nda (LTT) yapılan testlere dayanarak, eklemin mukavemetinden ve dayanıklılığından ödün vermeden sıcak vulkanize katmanların uzunluğunun azaltılabileceği ve bir eklemdaki orta katmanların dış eklemlerden daha kısa olabileceği belirlenmiştir. Bant ek yerindeki mukavemet azalışına neden olan etkenler: ek yerlerindeki üretim kusurları, katlar arasındaki yüzey pürüzlülüğü, katların kesimi ve uygun olmayan vulkanizasyon yöntemi olarak gösterilir. Kat yüzey pürüzlülüğü katların yapısına zarar verdiği için mukavemetin azalmasına neden olmuştur. Bu hata kusurunun genellikle bant katları arasındaki temizlik aşamasında olduğu tespit edilmiştir. Bantların ek yerlerinin birleştirilmesi sırasında meydana gelen kat kesme hatasının genellikle ek yerindeki temas eden noktalarda görüldüğü ve bu noktalarda gerilim oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu bahsedilen iki kusur ek yerinin mukavemetini yaklaşık % 30 oranında azaltmaktadır. Yanlış uygulanan vulkanizasyon yöntemi hatası, genellikle yetersiz ya da uygun olmayan vulkanizasyon basıncı ve sıcaklığından ortaya çıktığı belirtilmiştir [34].

Chuen-Shii ve arkadaşları, yaptığı çalışmada daha iyi yapışma mukavemeti ve daha az aşınma ile bir konveyör bandını vulkanize etmek için optimum koşulları incelemişlerdir. Bu çalışma, vulkanize bir konveyör bandının ek yerindeki yapışma mukavemetindeki artışı ve aşınmanın azalmasını araştırmaya odaklanmaktadır. Taguchi yönteminin ANOM ortalama analizini kullanarak, daha iyi yapışma mukavemetine sahip bir konveyör bandının sahada vulkanize edilmesi için, optimum koşullar elde edilmiş ve bunlar şunları içermektedir: (1) 25 dakikalık bir kürleme süresi, (2) 9 kg / cm²'lik bir kürleme basıncı, (3) 30 °C'lik bir sökme sıcaklığı ve (4) bir hava soğutma yöntemidir. Aynı yöntemin ardından, bir konveyör bandının daha az aşınmayla sahada vulkanize edilmesi için optimum koşullar elde edilmiş ve bunlar şunları içermektedir: (1) 15 dakikalık bir kürleme süresi; (2) 9 kg / cm²'lik bir sertleştirme basıncı; (3) 60 °C'lik bir sökme sıcaklığı ve (4) bir su soğutma

yöntemidir. Buna göre, sabit bir sertleştirme basıncı ile bandın daha az aşınmayla vulkanize etmekten daha iyi yapışma gücüne sahip bandı vulkanize etmek daha uzun bir süre almaktadır. Mevcut araştırma aralığı içindeki her bir kontrol edilebilir faktörün yüzde katkısı, Taguchi yönteminin varyans analizi ANOVA ile de belirlenmiştir. İlginç bir şekilde, dört kontrol edilebilir faktör arasında, kütleme süresi hem eklenmiş alanın yapışma mukavemeti (%38,61) hem de yamalı ve eklenmiş alanların (%61,22) aşınması üzerinde en etkili faktör olduğunu ortaya çıkarmıştır [40].

Kessentini ve arkadaşları, “Tekstil Takviyeli Bir Konveyör Bandının Nem Difüzyonunu ve Higroskopik Şişmesini Modelleme” başlıklı bir çalışma yapmış olup, yaptıkları çalışmayı Polymer Testing dergisinde yayımlamışlardır. Bu çalışmaları, konveyör bant ve konveyör bandın neme bağlı çeşitli davranışlarını incelemeyi kapsamaktadır. Ayrıca çalışma, kompozit malzemelerin uzun ömürlülüğünü tahmin etmek için sayısal modeller için gerekli malzeme parametrelerini özetlemektedir. Depolama ve çalıştırma sırasındaki çevresel etkiler nedeniyle konveyör bantlarının bozulması ve kullanılan onarım yöntemi ile ilgili sınırlı bilgi mevcuttur. Bu çalışma, kauçuk alt tabakalarla kaplı bir kompozit polyester polyamid tekstil takviyeli konveyör bandında su giriş davranışını araştırmak için yapılmıştır. Nem difüzyon katsayılarını değerlendirmek için gravimetrik ve higroskopik deneyler, örtme kauçuğu, tekstil karkas ve kauçuk numuneleri için ayrı ayrı gravimetrik deneyler yapılmıştır. Deneysel sonuçları daha iyi tanımlamak ve difüzyon katsayılarını değerlendirmek için analitik basit Fickian, Ardışık ikili Fickian ve Difüzyon gevşeme modelleri uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Şişme katsayıları standartlara göre karakterize edilmiştir. Tekstil karkası, nem etkilerine en duyarlı olan kısımdır. Bu çalışma, kauçuk kaplamalı tekstil konveyör bantlarının uzun vadeli performans tahminine ve ömür boyu tahminine yeni bilgiler vermektedir. Bir konveyör bandı ve bileşenlerinin (kauçuk ve tekstil karkası kapsayan) nem difüzyonu ve şişme gerilmesi gravimetrik ve şişme deneyleri temelinde incelenmiştir. Nem difüzyon işleminin sonucu, tekstil karkasının su girişine en duyarlı olduğunu ve uzun süreli hizmet sırasında bozulacağını göstermiştir. Kauçuk daha az hassastır ve bu nedenle tekstil katmanlarına nemin nüfuz etmesini en aza indirmek için karkası örtmek için kullanılır. Bununla birlikte,

higroskopik şişmenin katkısı, kauçuk ve tekstil elyafı arasında tabakaların ayrılmasına neden olmuştur. Basit Fickian, Sıralı Çift Fickian ve difüzyon gevşetme analitik modelleri uygulanmış ve üst kaplama kauçuğunun, tekstil karkasın (her iki (L, T yönünde) ve kompozit bant yapısının nem parametrelerini değerlendirmek için karşılaştırılmıştır. İlk lineer absorpsiyon, basit Fickian difüzyon prosesi ile kontrol edilmiş, ancak bu, nem alımını tanımlamak için yetersiz olmuştur. Polimerik kompozitlerin nem difüzyon davranışı, gevşetme işleminin katkısına atfedilmiştir. SDF modeli, birinci (basit Fickian olarak) ve ikinci mekanizmayı doğru bir şekilde tanımlanmış, ancak yine de tüm deneysel verilere uymamıştır. Bu nedenle, karkas için difüzyon gevşeme modeli önerilmiştir. Nemli havada yaşlanma ile karşılaştırıldığında, suya batırılmış kompozit kauçuk bant kompoziti çok daha yüksek nem içeriği ile sonuçlanmıştır. Farklı yaşlanma koşulları altında kompozit bandın enine ve boylamasına yönleri arasında nem difüzyon özelliklerinde önemli bir varyasyon ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, kompozit malzemelerin uzun ömürlülüğünü tahmin etmek için sayısal modeller için gerekli malzeme parametrelerini özetlemektedir [13].

Kapucu, havalı süspansiyonlarda kullanılan kauçuk-kord kompozit malzemesinin ömrü ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Kord bezi farklı açılarda kauçuk içerisine yerleştirilerek yorulma dayanımı test edilerek veriler almıştır. Kauçuk ve kord bezinin karakteristik davranışları incelenmiş ve yorulma deney sonuçları yorumlanmıştır. Kauçuk/Kord kompozit yapıların statik ve dinamik mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla 5 proses ve malzeme parametresinin etkisi incelenmiştir. Bu parametreler ip cinsi, sıcaklık, basınç, pişirme süresidir. Genel olarak deney sonuçları incelendiğinde deney parametrelerinden basınç değerinin 125 bar veya 150 bar olması, pişirme süresinin 8 dk ile 10 dk arasında olması üretilen malzemenin yorulma ömrü üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda sıcaklık değerlerinin 160° olması ve 1. ya da 2. tip kord bezlerinin açısı değerlerinin 40° ile 45° arasında herhangi bir değerde yerleştirilmesinin yorulma ömrü üzerinde katkı sağladığı gözlemlenmiştir [17].

Miriam ve arkadaşları, endüstriyel konveyör bantlarında darbe aşınması hasarının ölçümü ve simülasyonu üzerine çalışmışlardır. Ticari konveyör bant sistemlerinin

güvenilirliğinin artırılması, bantların ve diğer teknolojik bileşenlerin hizmet ömründe ve ekonomisinde bir iyileşme ile sonuçlanır. Bir konveyör bandının operasyonel hizmet ömrü, taşınan malzemenin türü, çalışma koşulları, konveyör bant kalitesi ve bant malzemesi özellikleri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Önemli faktörler ayrıca konveyör bant depolaması için kullanılan yöntemleri içerir. Uzun süreli depolama, bant hizmet ömrünün kısalmasına neden olur. Bu çalışmanın temel amacı, seçilen faktörlerin (yani depolama, düşme yüksekliği, taşınan malzeme türü) kauçuk-tekstil konveyör bantlarının aşınması üzerindeki etkilerini belirlemektir. Bu deneyler, kullanılmayan konveyör bantlarının yaşam döngülerinin iki farklı aşamasında test edilmesini içermektedir: (1) 24 ay boyunca depolanan bir konveyör bandı ve (2) doğrudan fabrikadan hizmete sunulan depolanmamış bir konveyör bandı, yani bunun başında yaşam döngüsü. Toplamda 42 test numunesi kullanılmıştır. Göreceli riskin analizi ve karar ağaçlarının kullanımı, seçilen değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemiştir [15].

Miriam ve arkadaşları, sınıflandırma modelleri kullanılarak kauçuk-tekstil konveyör bantlarının başarısızlık analizini yapmışlardır. Gerçek operasyonlarda, konveyör bantlarına olan gereksinimler çok yüksektir ve sürekli artmaktadır. Esas olarak, yüksek aşınma direnci ve taşınan malzemenin etkilerine karşı direnci, uzun hizmet ömrünü, yüksek uzunlamasına mukavemeti, düşük ağırlığı vb. ele alırlar. Bu çalışmanın temel amacı, kauçuk-tekstil konveyör bantlarında taşınan malzemenin etkisinden dolayı (malzemenin oluktaki bir konveyör bandına etkisiyle) meydana gelen hasarın sınıflandırılmasıdır. Deneysel araştırma, çeşitli iç yapıların üç tip konveyör bandına, çarpma yüksekliğine ve bir konveyör bandına düşen malzemenin tipine ve bunların oluşan hasar üzerindeki etkilerine odaklanmıştır. Hasar sınıflandırması, iki farklı model kullanılarak yapılmıştır. Modeller, sınıflandırma ağacı ve çoklu regresyon analizi kullanılarak oluşturulmuştur. Modeller, 48 konveyör bant örneğinden oluşan eğitim seti kullanılarak oluşturulmuştur. Modellerin doğruluğu ve öngörülebilirliği 16 konveyör bant örneğinden oluşan test seti kullanılarak doğrulanmıştır [37].

Mazurkiewicz, “Sayısal Analiz Amacıyla Kauçuk Malzemelerin Mukavemet Özelliklerinin Tanımlanmasındaki Sorunlar: Bir İnceleme” başlıklı bir çalışma

yapmış olup, bu çalışmasını Archives of Civil and Mechanical Engineering dergisinde yayımlamıştır. Yayımladığı bu çalışma, analiz edilen malzemelerin mukavemet özelliklerinin belirlenmesinde benimsenecek bir hareket modu sunarak, sonlu elemanlar yöntemi modelinin (FEM) belirsizliğini ortadan kaldırarak, kauçuk malzemelerin bir kauçuk yapıştırıcı ile yapıştırılmasının modellenmesine ilişkin bu sorunu analiz etmektedir. Ek yeri içinde meydana gelen olayların, özellikle yorgunluk performansı ile ilgili ayrıntılı bir analizi ile desteklenen, çeşitli kauçuk malzemelerden oluşan endüstriyel sınıf yapışkan bir bağlantı elemanlarının doğru seçimi, hala çok zor ve büyük ölçüde çözülmemiş bir konudur. Yalnızca FEM sayısal modellemesini kullanan tek çalışmalar, bir kauçuk konveyör bandının birleşme alanında meydana gelen olayları değerlendirme ve analiz etme girişimlerinde bulunmuştur. Bu, güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçların elde edilmesini imkansız kılan bir dizi sorundan kaynaklanmıştır; bunlara, bandın ayrı katmanlarının kauçuk için uygun malzeme modellerini tanımlama sorunu ve hesaplamalara güçlü doğrusal olmayan etkiler katmaktadır. Yapışkan bir taban ve bir yapı malzemesi olarak kauçuk benzersizdir ve özellikleri, bileşimine, katkı maddelerinin içeriğine, vb. bağlı olarak oldukça çeşitli olabilir. Örneğin vulkanize bir kauçuk bileşimi, bir veya daha fazla kauçuktan ve farklı türde katkı maddelerinden oluşur ve gelecekteki özelliklerini şekillendirir. Bu nedenle, bir yapışkan ek yerin yeterli bir sayısal modelini geliştirmek için bu tür malzemelerin mukavemet özelliklerinin belirlenmesi sorununun çözümü, bu kauçuk malzemelerin yapıştırma yönteminin endüstriyel uygulaması açısından önemli bir konudur ve özellikle uygun yapıştırıcıların ve uygun birleştirme parametrelerinin doğru kullanımındaki uzmanlığın, ek yerin optimum özelliklerini ve bakım özelliklerini elde etmek için vazgeçilmez olması için kauçuğun malzeme modellerinin hazırlanmasındaki tipik bir hata, gerilmeleri ve gerilmeleri belirlemek için mukavemet testlerinin bir numunenin enine kesitinin başlangıç değerine göre yapılmasıdır. Mukavemet testi sırasında numune alanında büyük, analiz edilmemiş bir azalma, analiz edilen yapının bir FEM modelinin hassasiyeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu çalışma, analiz edilen malzemelerin mukavemet özelliklerinin belirlenmesinde benimsenecek bir hareket modu sunarak, FEM modelinin belirsizliğini ortadan kaldırarak, kauçuk malzemelerin bir kauçuk yapıştırıcı ile yapıştırılmasının modellenmesine ilişkin bu sorunu analiz etmektedir. Bir konveyör bandını oluşturan malzemelerin mukavemet

özelliklerine ilişkin doğru veriler ve yapıştırıcıların, özellikle bunları birleştirmede kullanılan kauçuk yapıştırıcıları, bu tür bir yapının bir FEM modelinin doğru bir şekilde geliştirilmesi için son derece önemlidir. Godzimirski ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada belirtildiği gibi $\sigma = f(\epsilon)$ ilişkisinin doğrusal olmayışının yapışkan bağlantıların dayanımı üzerinde önemli bir etkisi vardır ve mekanik özelliklerin yaklaşık değerlerini de kullanmaması gereken ek yeri mukavemeti hesaplamaları ve analizlerinde göz ardı edilemez. Gerçek değerlerinin ikamesi olarak; bir yapıştırıcının mukavemet özelliklerinin doğru bir açıklaması, aynı zamanda temel mukavemet özelliklerinin ortalama değerlerini benimseyen modellerin tipik özelliği olan FEM analizinde daha az basitleştirme veya hatayı garanti eder. Bu nedenle, kauçuk malzemelerin mukavemet özelliklerinin tanımlanmasının, örneğin mevcut çalışmada açıklanan şekilde bir numunenin enine kesit alanının sabit ölçümünü garanti eden bir yöntemle dayalı mukavemet testleri kullanılarak gerçekleştirilmesi önemlidir. Yukarıda açıklanan laboratuvar çalışmaları, ilgili mukavemet parametrelerinin kesin değerlerinin ve konveyör bandının ve bunun yapışkanla bağlanmış bağlantısının analiz edilen bileşen malzemelerinin uygun özelliklerinin sayısal bir model oluşturmada kullanılmasını sağlamıştır. Ek yerinin mukavemetinin yapılan analizinde yapıştırıcı, tabakasının kalınlığının 0,4 mm olduğu varsayılarak elastik-plastik bir malzeme olarak modellenmiştir. Çoğu durumda doğal kauçuk yapıştırıcılar, kauçuğa benzer özelliklere sahip malzemeler olarak işlem gördüklerinden, Mooney–Rivlin modeline uyan hiperelastik bir malzeme olarak işlem gören yapıştırıcı için de hesaplamalar yapılmıştır. Dış ve ara katmanlardan gelen kauçuk malzemeler, yukarıda açıklanan mukavemet testleri sırasında belirlenen verilere göre modellenmiştir. Laboratuvar çalışmaları sırasında elde edilen çekme testinin karakteristik noktalarına ilişkin sonuçlar, literatürde belirtilen verilere ve üretici tarafından belirtilenlere benzerdir. Yapılan laboratuvar çalışmaları ve bunlardan elde edilen sonuçlar, bir konveyör bandının yapışkan ek yerinin sayısal modellemesi için hazırlanan verilerin doğru olduğunu ve sonlu elemanlar yöntemi çerçevesinde yeterli bir sayısal model geliştirmek için bir temel oluşturduğunu göstermektedir. [31].

Gerdemeli, “Sürekli Transport Sistemleri” adlı eserinde konveyör bantlarının genel olarak çalışma sisteminden, konveyör bant ekipmanlarından ve özelliklerinden,

bantlı sistemlerin nerelerde kullanıldığından bahsetmiştir. Ayrıca bantlı konveyörlerdeki hesap yöntemlerini de ele almıştır [2].

Aşık, “Bantlı Konveyörler Hesap ve Konstrüksiyon Esasları” adlı eserinde bantlı konveyörlerin tarihçesinden, kullanıldığı yerlerden ve genel bilgilerinden, bantlarda taşınan malzemeler ve özelliklerinden, konveyör elemanlarından, bant ve yapısından, karkas yapılarından, konveyör bant sistemi ana elemanlarından bahsetmiştir. Bantlı konveyörlerin işletme ve bakım özellikleri ile hesap yöntemlerindeki incelemiştir [7].

Şahbaz, yaptığı çalışmada soğuk vulkanize birleştirme yöntemini ele almıştır. Çalışmasının ilk aşamasında, piyasada kullanılmakta olan soğuk vulkanize yapıştırıcıların uygulamasında zaman, sıcaklık, basınç gibi faktörlerin etkileri belirlenerek deneysel çalışma parametreleri oluşturulmuştur. Çalışmanın ikinci aşamasında; yeni bir soğuk vulkanize yapıştırıcısının üretimi üzerine laboratuvar ölçeğinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Üretim aşamasında; çözücülerin, dolgu maddelerinin, reçinelerin, metal oksitlerin ve hızlandırıcıların etkisi incelenmiştir. Elde edilen yapıştırıcılar konveyör bantlara uygulanarak kayma gerilmesi testleri ile yapışma özelliği belirlenerek piyasada kullanılmakta olan yapıştırıcılar ile karşılaştırılmıştır. Tez çalışmalarının son aşamasında ise ürün iyileştirilmesine gidilmiş ve pilot ölçeğinde de bir üretim yapılmıştır. Yapılan tez çalışması sonucunda; piyasada kullanılan endüstriyel ürünlerden daha iyi yapışma özelliği gösteren ve uygulama süresini kısaltan yeni bir ürün elde edilmiştir [33].

Kozhushko ve Kopnov, konveyör bantlarının kayma yüklemesinde yorulma mukavemeti fonksiyonlarını incelemişlerdir. Bu çalışmada, kesme yüklemesine maruz kalan üç tip konveyör bandının yorulma davranışı incelenmiştir. Bantların yorulması, merkezi kauçuk tabakaların laminasyon bozulmasını başlatan nihai açı olarak belirlenen kesme mukavemetinin azalmasıyla açıklanmaktadır. Ön çevrim ile yapılan testler, ön çevrim sırasında kalıcı kayma mukavemetinin azaldığını ve yorulma mukavemeti fonksiyonları (FSF'ler) adı verilen çevrim sayısının güç fonksiyonları ile modellenebileceğini göstermiştir. FSF'lerin varlığı ve durum denklığıne ilişkin iki ana hipotez test edilmiştir. İki seviyeli yükleme için önerilen

yöntem ile doğrusal hasar biriktirme kuralı arasında bir karşılaştırma da yapılmaktadır [35].

Çankır, çelik kortlu konveyör bantların vulkanizasyon yöntemiyle birleştirilme metodunu uygulamış ve çıkan sonuçları irdelemiştir. Çalışmasında detaylı olarak vulkanizasyon birleştirme yöntemini ele almıştır. Bu çalışmasında en az bandın sahip olduğu kopma mukavemet değerlerinde ek yapabilmek için uygulanması gereken yöntem ve teknikleri araştırmış ve bunları uygulayarak elde edilen sonuçları derlemiştir [24].

Soyubel, yaptığı çalışmada kauçuğun tarihinden bahsederek elastomer ve kauçuk kavramını açıklamış, önemli kauçukları sınıflandırmış ve tanıtmıştır. Elastomer karışımını oluşturan bileşenler ve bunların elastomerin özellikleri üzerine etkisi hakkında bilgi vermiştir. Elastomer karışım hazırlamadan nihai ürün elde edilmesine kadar olan prosesleri açıklamıştır. Elastomerlerin statik ve dinamik özellikleri hakkında bilgi vererek elastomerlerin statik ve dinamik özellikleri ile ilgili olarak yapılan uygulamalarla sonuçlarından bahsetmiştir. Kauçukların sertlik, çekme, sünme gibi statik özellikleri hakkında bilgilere yer vermiştir. Elastomerlerin vulkanize parametrelerinde olan vulkanizasyon sıcaklığı ve süresi ile ilgili olarak bilgilere yer vermiş ve 140 °C’de 20 dakika da vulkanize yapılması ideal olarak gösterilmiştir [38].

Öztürk, yaptığı çalışmada kauçuk ve vulkanizasyon hakkında bilgiler vermiştir. Çalışmasında EPDM ve NR doğal kauçukları kıyaslamasını yapmıştır. Deneylerde, farklı hızlandırıcıların sadece vulkanizasyon süresini kısaltmakla kalmayıp aynı zamanda birçok fiziksel özelliği de etkilediği bulunmuştur. Hızlandırıcı miktarının değiştirilmesinin hızın yanı sıra fiziksel özellikleri de etkilediği anlaşılmıştır [30].

Vahapoğlu, “Kauçuk türü malzemeler: 1. Doğal Kauçuk” adlı makalede kauçuk ve kauçuğun tarihsel gelişiminden bahsetmiştir. Kauçuğun vulkanizasyonundan ve tarihsel gelişimine değinmiştir. Vulkanizasyon sıcaklığının 140 °C ila 180 °C arasında genellikle uygulandığından ve iyi sonuçlar alındığından bahsetmiştir [28].

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. METARYAL VE METOT

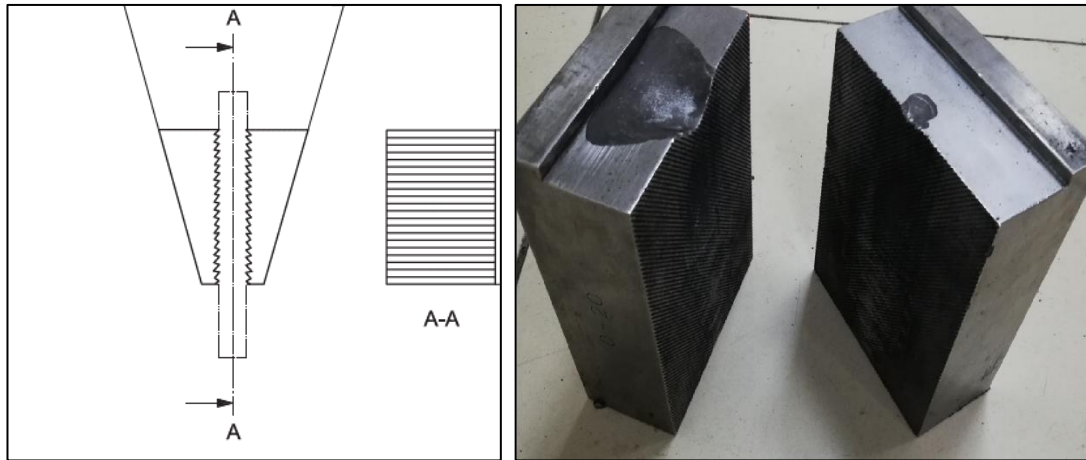
Bu çalışmada Kardemir A.Ş. tesisinde kullanılmakta olan konveyör bantlara uygulanan birleştirme yöntemlerinin dayanım mukayesesi yapılmaktadır. Deney yapılacak olan test numune parçaları EP630-800-4-6/3 mm, A tipi aşınmaya dayanıklı genel amaçlı kullanılan bant olarak belirlenmiştir. Tesis genelinde en çok tercih edilen, miktar olarak en çok kullanılan ve bant ek yeri hasarlarının da genelde bu bantlarda görülmesinden dolayı bu tip bant deney metaryali olarak seçilmiştir. Deney yapılacak bant tipi tesiste ortalama saatte 300 ton (t/h) kapasiteye sahiptir ve karışık malzeme (sinter tozu, kireç taşı, kok tozu, antrasit tozu, demir cevheri) taşımaktadır. Bant hızı ortalama 2 m/s'dir. Tesisteki konveyör bantlarında, hem vulkanizasyon hem de mekanik olarak yapılan birleştirmeler de aynı tür bant kullanılmakta olup birleştirme metoduna göre farklı deney yöntemi yapılmaktadır. Vulkanizasyon sıcak birleştirme yönteminde TS EN ISO 283 Tekstil konveyör bantları-Toplam bant kopma deneyi standardı kullanılmaktadır. Mekanik birleştirme yönteminde ise TS EN ISO 1120 Konveyör bantları-Mekanik bağlantıların dayanımının belirlenmesi standardı kullanılmaktadır.

Konveyör bandın tam kalınlığından kesilen bir test parçası kopma oluşana kadar bir çekme test makinası kullanılarak belirli koşullar altında uzatılır. Deneyde, kesiksiz ve düzgün olarak bir çekme uygulayabilen deney cihazı kullanılır. Cihazın çekme hızı 100 mm/dk olmalıdır [42, 43]. Deneyler Kardemir A.Ş., Kalite Metalurji ve Labartuvarlar Müdürlüğü, Mekanik Fizik ve Test Labaratuvarında 200 tonluk SP1200 Zwick marka ekstansometre çekme test cihazında yapılmıştır.



Şekil 5.1. Çekme test cihazı (ekstansometre).

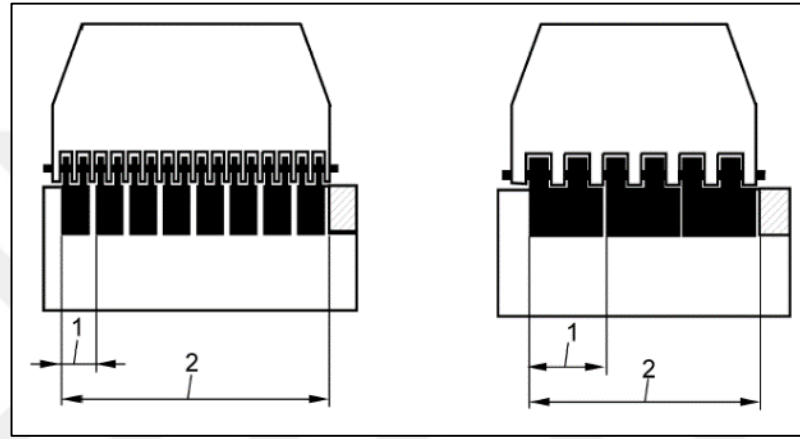
Ekstansometre çekme test cihazı, en az 100 mm'lik bir ölçüm uzunluğuna ve 0,1 mm veya daha iyi hassasiyette, test parçalarında işaretlenen gösterge uzunluğunun uzamasını ölçebilen seviyede olmalıdır. Ayrıca test boyunca grafiksel bir şema oluşturan bir cihazın kullanılması tercih edilir. Çekme testi sırasında test parçasının herhangi bir kaymasını engellemesi amacıyla tutacaklar gerekmektedir. Şekil 5.2'ye göre enine tırtıklı çenelerin kullanılması tavsiye edilmektedir [42]. Deney parçasını tutabilmesi için cihaza takılacak çeneler, kayma yapmadan, aşırı sürtünme meydana getirmeden hareket edebilir şekilde olmalıdır.



Şekil 5.2. Çekme test cihazı tırtıklı çeneler [42].

5.1.1. Mekanik Birleştirme Yöntemi Deney Metodu

Mekanik yöntemle birleştirilen konveyör bantları TS EN ISO 1120 standardına göre dayanım testine tabi tutulmaktadır ve konveyör bandın tesiste çalışma şartlarına göre mekanik mukavemetini belirlemek için statik bir test yöntemi bu standarda göre sağlanmaktadır. Bir konveyör bandın mekanik ek bağlantısı sabit veya oynar olabilir. Bu çalışmada sabit raptiyeli tip mekanik ekler kullanılmıştır.



Şekil 5.3. Mekanik birleştirme yöntemi şematığı [43].

Şekil 5.3'te bağlantı bölümü (1) ve bağlantı genişliği (2) şematik olarak gösterilmiştir.

Mekanik bağlantı veya bant parçası kopana kadar ekstansometre test cihazına artan bir çekme kuvveti uygulanarak test işlemine tabi tutulur ve parçalara ayrılır.

Test numune gövdesinin uçları, çekme test makinesinin çenelerine sabitlenmektedir. Çekme kuvveti simetrik olarak uygulanmalı, yani bağlantının bir ucundan gelen kırılmayı önlemelidir. Bağlantının yırtıldığı andaki maksimum kopma kuvvet kaydedilmektedir.

5.1.2. Vulkanizasyon Birleştirme Yöntemi Deney Metodu

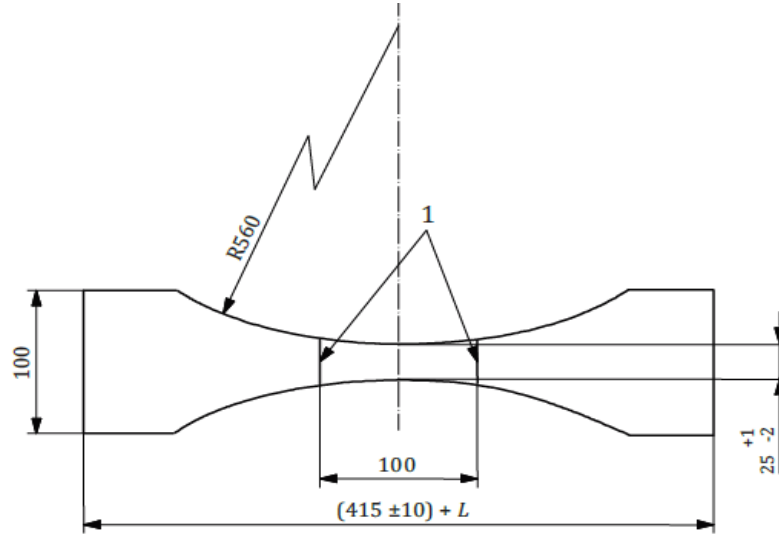
Vulkanizasyon birleştirme yönteminde ek yapılan konveyör bantları TS EN ISO 283 standardına göre tam kalınlıkta çekme mukavemeti testine tabi tutulur. Deneyde

uygulanan TS ISO 283 tekstil konveyör bantları tam kalınlıkta çekme mukavemeti testinin nasıl yapılacağını izah etmektedir.

Konveyör bandın tam kalınlığından kesilen bir test parçasının kopması oluşana kadar bir çekme test makinası kullanılarak belirli koşullar altında uzatılır. Test numunelerinin koptuğu andaki kuvvet maksimum değeri vermektedir. Deneyde, kesiksiz ve düzgün olarak bir çekme uygulayabilen deney cihazı kullanılmaktadır.

Çekme deneyi boyunca ölçülen en büyük kuvvetin test parçasının genişliğine bölümü ile çekme dayanımı elde edilir. N/mm veya kg/cm cinsinden ifade edilmektedir.

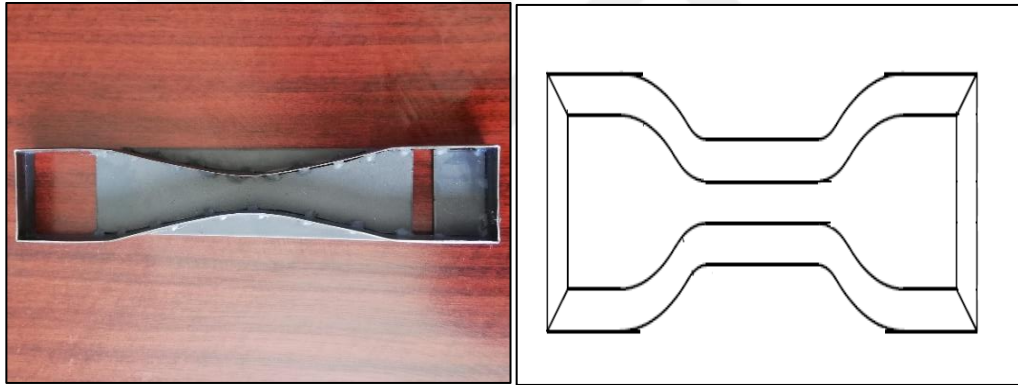
Test numuneleri çekme cihazının tırtıklı çenelerinin arasına simetrik olarak yerleştirilir. Böylece test numunesinin uzunlamasına eksen, çenelerin merkez çizgisi ve çekme kuvvetinin etki çizgisi ayarlanmış olur. Bu çalışmada standartta yer alan B tipi bant numunesi seçilmiş olup papyon şeklinde kesilmiştir. Deneyin başlangıcında çenelerin iç yüzleri arasındaki mesafe B tipi test parçaları için 415 ± 10 mm olarak uygulanmaktadır.



Şekil 5.4. Tip B papyon test parçası.

5.2. NUMUNE HAZIRLAMA

Deneyisel çalışmalarda kullanılan konveyör bant numunelerinin hazırlanmasında Kardemir A.Ş. tarafından tesiste kullanılmak üzere birçok marka ve imalatçı firmalardan ürünler tedarik edilmektedir. İmalatçı firma tarafından üretimi yapılan tabii kauçuk esaslı 4 katlı çözümleri polyester, atkılar polyamit olan EP 160 kort bezli tekstil özlü konveyör bant kullanılmıştır. Bant ilk olarak herhangi ek birleştirme yöntemi uygulanmadan üretici firmadan geldiği haliyle TS EN ISO 14890 standardına göre seçilen tip B şablonu kullanılarak papyon şeklinde bant numuneleri kesilmiştir. Aynı şekilde vulkanizasyon ile birleştirilmiş olan konveyör bandı da TS EN ISO 14890 standardına göre seçilen tip B şablonu kullanılarak papyon şeklinde kesilmiştir. ISO 37'ye göre bant numuneleri papyon aparatına göre kesilmektedir [44].



Şekil 5.5. Papyon numune aparatı.

Test numuneleri bandın uzunlaması yönünden 3 adet olacak şekilde işaretlenerek konveyör bant kenarlarından en az 50 mm mesafe içeriden kesilerek çıkartılmıştır.



Şekil 5.6. Papyon şeklindeki normal (N) ve vulkanize (K) bant numuneleri.

Mekanik birleştirme yapılan konveyör bant numuneleri TS EN ISO 1120 standardına göre konveyör bant eksenine paralel ve bant kenarından en az 50 mm uzaklıkta olacak şekilde 3 adet olarak kesilmiştir. Test numuneleri, tam boydan uzunlamasına bir konveyör bandı parçasından oluşmaktadır. Test numunesi, mekanik tutturuculu raptiyelerle birlikte ve bant numunesi bağlantı genişliği en az 100 mm olarak alınmıştır.



Şekil 5.7. Mekanik ek bağlantılı bant numuneleri.

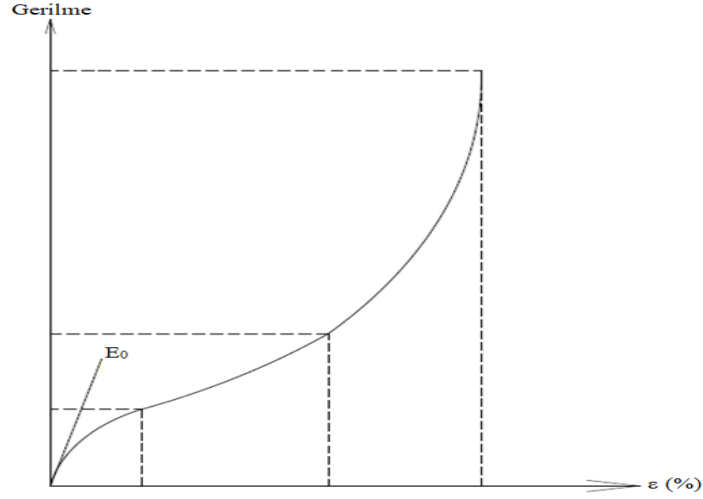
Test numuneleri kesildikten sonra testten önce 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiş ve sonra teste tabi tutulmuştur [43, 45].

Konveyör bantları teste tabi tutulmadan önce koşullandırılmalıdır. Test parçalarının testten önce koşullandırılması, test yöntemlerinin hepsinde olmasa da çoğunda temel bir uygulama olarak kabul edilir. Amacı, testin başlaması için ortak bir zemin sağlamak ve belirli bir test için optimum kesinlik arayışında gereksiz bir değişkeni ortadan kaldırmaktır. Bu hedeflere ulaşmak için, mümkün olduğunca çok değişkeni standartlaştırmak önemlidir. Her tür taşıma konveyör bandının koşullandırılması ve test edilmesi için kullanılan sıcaklık, nem ve zaman koşulları ISO 18573 standardında belirtilir. Ayrıca, konveyör bant test parçalarının üretimi ve testi arasında gözlemlenecek zaman aralığı için gereksinimler de ISO 18573 standardında belirtilir.

5.3. ÇEKME DENEYİ

Konveyör bantları tam kalınlığından kesilen bir test parçasında kopması oluşana kadar bir çekme test makinası kullanılarak belirli koşullar altında uzatılmaktadır.

Konveyör bantların gerilme uzama eğrisi hooke kanununa uymamaktadır. İlk başlangıcındaki %10'luk kısım buna uysa da bu yeterli değildir. Çekme ya da başka bir deyişle gerilme uzama deneyleri ekstansometre denilen cihazlarda yapılır. Papyon şeklindeki numuneler kullanılır. Gerilme uzama testleri başta vulkanizasyon hızı olmak üzere bileşenlerin bandın üzerindeki etkilerini incelemek maksadıyla uygulanmaktadır. Bandın belirlenen standartlara uyup uyulmadığı, bir takım iyileştirmelerin üründe olumlu ya da olumsuz sonuçları bu test sayesinde görülebilmektedir. Gerilme uzama testleri imalat şartlarındaki değişimlere duyarlıdır ve vulkanizasyon hatalarını, kötü dağılımı ve karışımındaki yabancı maddeleri ortaya çıkarabilir [32].



Şekil 5.8. Gerilim uzama eğri grafiği [32].

Kopma uzaması,

L1 = Başlangıç referans çizgileri arasındaki mesafe veya çeneler arasındaki mesafe

L2 = Koptuğunda mastar uzunluğu olmak üzere

Bant yüzde uzama miktarı = $100 * (L2 - L1) / L1$ şeklinde hesap edilmektedir.

Hazırlanan deney numuneleri çekme test cihazının çeneleri arasına simetrik olacak şekilde yerleştirilmiştir. Çenelerin iç yüzeyleri arasındaki mesafe tip B şablon için standarda göre 415 ± 10 mm olarak ayarlanmıştır. Papyon numunesi, en dar olan bölümünden genişliği ile kalınlığı kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Papyon, çeneleri kaplayacak şekilde cizaha yerleştirilmiştir. Çekme cihazı çalıştırılmış ve test numunesi sabit ve kesintisiz olarak 100 ± 10 mm/dak hızla kopana kadar uzatılmıştır. Test parçası kopana kadar test devam edilmiş ve bant numunesi koptuğunda çekme cihazı durmuştur. Bandın koptuğu andaki değeri maksimum kopma dayanımını vermiştir. Her bir test numunesi için kaydedilen maksimum kuvvet F (kopma kuvveti N veya kg) değeri okunmuştur.



Şekil 5.9. Nomal bant ve vulkanizasyon yöntemi uygulanan bant çekme deneyi.



Şekil 5.10. Mekanik birleştirme yöntemi uygulanan bant çekme deneyi.

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR

Konveyör bant sistemlerinde tesis ve işletme maliyetlerini en çok etkileyen elemanlardan biri de taşıyıcı bantlardır. Fabrika sahasındaki konveyör bantlarının ek yerlerinde zamanla meydana gelen kopmalar olduğu gözlemlenmiş olup bu arızalar yüzünden istenmeyen duruşlar meydana gelmektedir. Bu deneysel çalışmada genel olarak konveyör bant yapısı ve birleştirme yöntemlerinden detaylı olarak bahsedilip bandın uzun ömürde maksimum çalışması için en uygun birleştirme yönteminin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Bu bölüm, Kardemir Demir Çelik fabrikası tesislerinde kullanılmakta olan konveyör bantlarına uygulanan birleştirme yöntemlerinin birbirleri ile arasındaki mukavemet mukayesesinin deneysel sonuçlarını ve bu sonuçların değerlendirilmesini içermektedir.

Her bir test numunesi için test sırasında kaydedilen maksimum kuvvet test parçasının genişliğine bölünür ve değeri milimetre başına Newton (N/mm) veya santimetre başına kilogram cinsinden (kg/cm) kaydedilir. Bu işlemler normal işlemsiz bant, vulkanize yöntemiyle birleştirilmiş bant ve mekanik ek ile birleştirilmiş bant olmak üzere her biri için 3 adet numune şeklinde tekrar edilmiştir. Sonuç olarak her biri için 3 adet numune sonucunun aritmetik ortalaması alınmıştır. Numunelerin şekil, ölçü ve sonuçları test raporuna yazılmıştır. 1 kg için yaklaşık 10 newton alınmıştır. Fmax, kopma kuvveti (kg, N) ve A, bandın en dar genişliği için bant kopma mukavemeti $\sigma_k = \frac{F}{A} \left(\frac{N}{mm}, \frac{kg}{cm} \right)$ olarak ifade edilmektedir.

Vulkanizasyon sıcak birleştirme yöntemine göre yapılan deneylerin sonucunda test raporu hazırlanmalı ve gerekli bilgiler verilmelidir. Test raporunda uluslararası standartlara yapılan atıflar, teste tabi tutulan bandın tanımı, kullanılan test parçasının

türü, test numunelerinin koşullandırma süresi, test yapılan ortam ve özellikleri, testin tam kalınlıkta mı yoksa örtüsüz olarak mı yapıldığı bilgisi, uzunlamasına ortalama dayanım mukavemet değeri gibi bilgiler yer almalıdır.

Mekanik birleştirme yöntemine göre yapılan deneylerin sonucunda test raporu hazırlanmalı ve gerekli bilgiler verilmelidir. Test raporunda uluslararası standartlara yapılan atıflar, teste tabi tutulan konveyör bandın tanımı ve tipi, kullanılan test parçasının türü, test numunelerinin koşullandırma süresi, test yapılan ortam ve özellikleri, bağlantı genişliğinin milimetre başına Newton cinsinden kauçuk bağlantısının ortalama kopma mukavemet değeri, tam bant kalınlığında kauçuğun minimum kopma kuvvetinin yüzdesi olarak bağlantı gücü gibi bilgiler yer almalıdır.

Normal bant numunesinin kopma dayanım sonuçları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

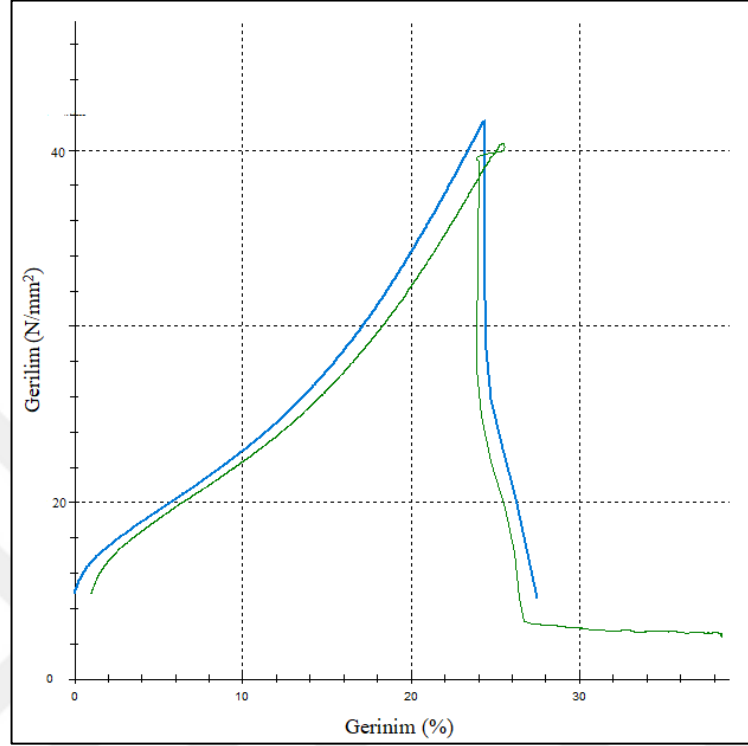
Çizelge 6.1. İşlemsiz, normal bant kopma dayanımı numune sonuçları.

Numune No	Kalınlık (mm)	Kesit (mm)	Kesit Alanı (mm ²)	Fmax-Çekme Kuvveti (kg)	kg/cm (N/mm)	Ortalama Çekme Dayanımı (kg/cm - N/mm)
1	14	25,5	357	1650	647,06	648,36
2	14	25,8	361,2	1678	650,39	
3	14	25,4	355,6	1645	647,64	



Şekil 6.1. Nomal, işlemsiz bant bant çekme deneyi kopması.

Normal bant numunesinin standartta belirtilen ve sağlaması gereken minimum kopma dayanımı olan 630 N/mm değerinin üzerinde olduğu görülmüştür.



Şekil 6.2. İşlemsiz, normal bandın kopma uzama eğri diyagramı.

Vulkanize birleştirme yöntemine göre deneye tabi tutulan bant numunelerinin sonuçları Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Vulkanize birleştirme yöntemi bant kopma dayanım sonuçları.

Numune No	Kalınlık (mm)	Kesit (mm)	Kesit Alanı (mm ²)	Fmax-Çekme Kuvveti (kg)	kg/cm (N/mm)	Ortalama Çekme Dayanımı (kg/cm)
1	14	25,8	361,2	1205	467,05	465,76
2	14	25,6	358,4	1190	464,84	
3	14	26	364	1210	465,38	

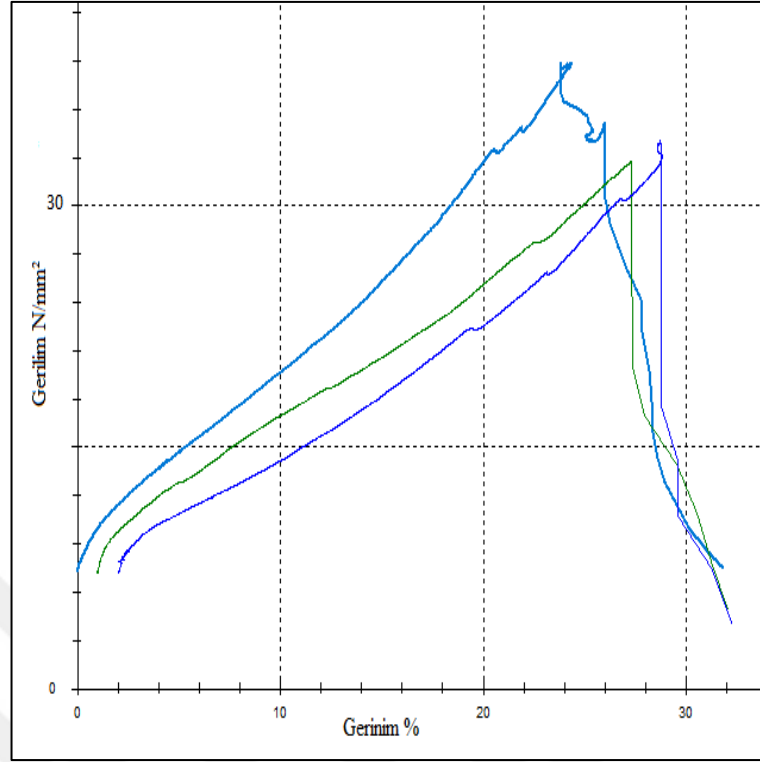


Şekil 6.3. Vulkanizasyon yöntemiyle birleştirilmiş bant çekme deneyi kopması.

Çizelge 6.3. Vulkanize birleştirme yöntemi künyesi.

Özellikler		Deney Sonuçları
Genişlik	(mm):	800
Bez Kat Sayısı	(no):	4
Üst Kaplama Kalınlığı	(mm):	6
Alt Kaplama Kalınlığı	(mm):	3
Toplam Kalınlık	(mm):	14
Ortalama Boyuna Bant Kopma Mukavemeti	N/mm (kg/cm):	465,76
% Cinsinden güç değeri	$(465,76/648,36)*100$	%71,8

Vulkanize sıcak birleştirme yöntemine göre ek yapılan konveyör bandın işlemsiz, normal banda oranla %28,2 güç kaybına uğradığı görülmüştür. Yani vulkanize ile birleştirilen bant %71,8 mukavim olduğu anlaşılmıştır.

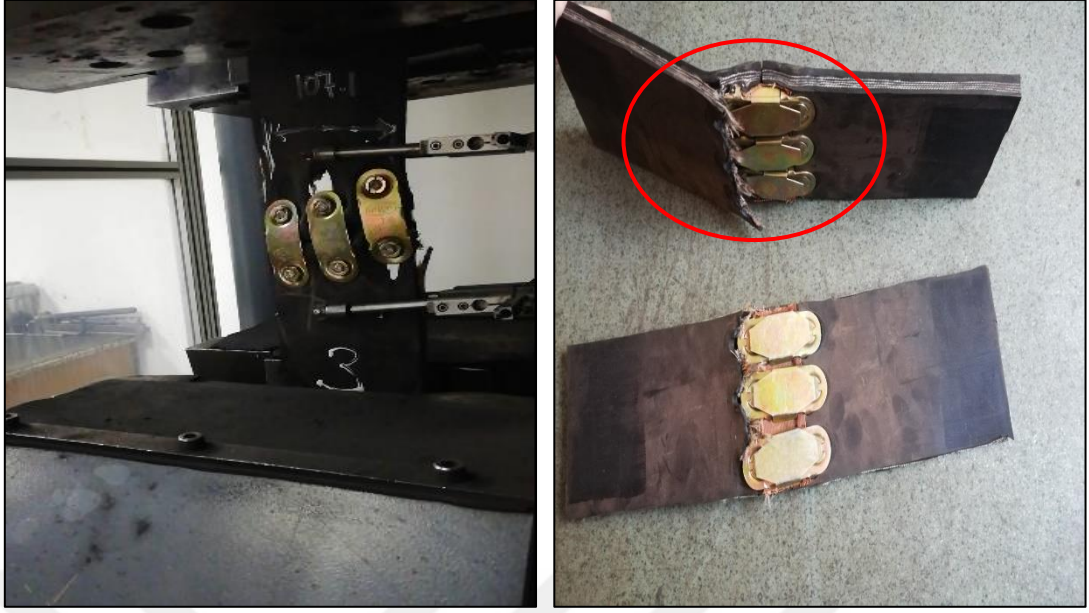


Şekil 6.4. Vulkanize birleştirilmiş bandın kopma uzama eğri diyagramı.

Mekanik birleştirme yöntemine göre deneye tabi tutulan bant numunelerinin kopma dayanım sonuçları Çizelge 6.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Mekanik birleştirme yöntemi bant kopma dayanım sonuçları.

Numune No	Kalınlık (mm)	Kesit (mm)	Kesit Alanı (mm ²)	Fmax-Çekme Kuvveti (kg)	kg/cm (N/mm)	Ortalama Çekme Dayanımı (kg/cm)
1	14	106,4	1489,6	3450	324,25	325,38
2	14	105,5	1477	3410	323,22	
3	14	107,1	1499,4	3520	328,66	

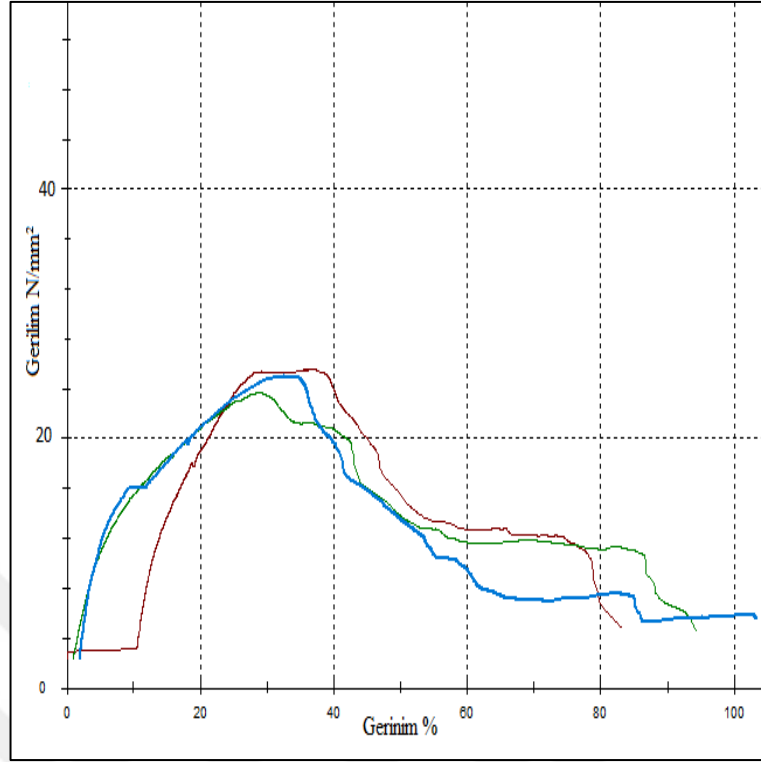


Şekil 6.5. Mekanik yöntemle birleştirilmiş bant çekme deneyi kopması.

Çizelge 6.5. Mekanik birleştirme yöntemi künyesi.

Özellikler		Deney Sonuçları
Genişlik	(mm):	800
Bez Kat Sayısı	(no):	4
Üst Kaplama Kalınlığı	(mm):	6
Alt Kaplama Kalınlığı	(mm):	3
Toplam Kalınlık	(mm):	14
Ortalama Boyuna Bant Kopma Mukavemeti	N/mm (kg/cm):	325,38
% Cinsinden güç değeri	$(325,38/648,36)*100$	%50,2

Mekanik birleştirme yöntemine göre ek yapılan konveyör bandın işlemsiz, normal banda oranla %49,8 güç kaybına uğradığı görülmüştür. Yani mekanik yöntemle birleştirilen bant %50,2 mukavim olduğu anlaşılmıştır.

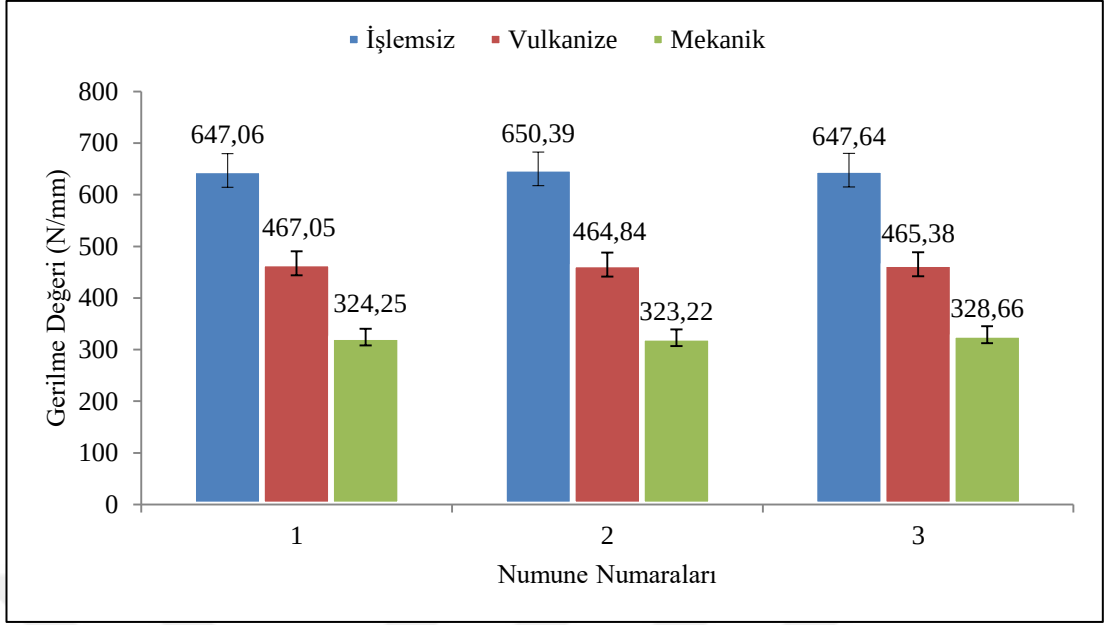


Şekil 6.6. Mekanik birleştirilmiş bandın kopma uzama eğri diyagramı.

Şekil 6.7’de işlemsiz (eklemesiz), vulkanize ve mekanik yöntemle birleştirilen bantların dayanımlarının kıyaslanması görülmektedir.

Çizelge 6.6. Bant birleştirme yöntemleri dayanım ve standart sapma mukayesesi.

Birleştirme Yöntemi	1	2	3	Standart Sapma
İşlemsiz	647,06	650,39	647,64	$\pm 1,78$
Vulkanize	467,05	464,84	465,38	$\pm 1,15$
Mekanik	324,25	323,22	328,66	$\pm 2,89$



Şekil 6.7. Bant birleştirme yöntemlerinin dayanım mukayesesi.

BÖLÜM 7

GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. GENEL SONUÇLAR

Bantlı konveyörler malzeme taşıma prosesinde önemli bir yere sahiptir. Konveyör bantlar, demir çelik ve maden sanayi başta olmak üzere insan iş gücünün yetersiz kaldığı, zaman ve enerji açısından fayda alınamadığı durumlarda taşıma ve iletim işlerini daha sağlıklı ve sistematik olarak gerçekleştirmek amacıyla endüstriyel tesislerin çoğunda kullanılmaktadır. Endüstriyel tesislerde bant ömrünün optimum seviyede çalışmasını sağlayacak olan bant birleştirme yöntemlerinin de yerine getirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, EP630-800-4-6/3-A tipi aşınmaya dayanıklı bantlar kullanılmış, vulkanizasyon ve mekanik birleştirme yöntemi olarak iki farklı şekilde bant ek yerleri birleştirilmiştir. Bantlara uygulanan birleştirme yöntemleri ve birleştirme sonrası bantlardan alınan numunelerin çekme dayanımları incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda;

1. Çekme testi sonuçlarına göre, normal, işlemsiz bandın kopma dayanımı 648,36 N/mm (46,31 N/mm²) olarak görülmüştür. Türk standardına göre bu değer o bandın sağlaması gereken minimum kopma dayanımı olan 630 N/mm değerinin üzerinde olduğu anlaşılmış ve çıkan sonucu doğrulamıştır. Vulkanizasyon yöntemiyle birleştirilen bandın kopma dayanımı 465,76 N/mm (33,27 N/mm²) olarak görülmüştür. Bu değer normal işlemsiz bir bandın kopma dayanımına oranlanırsa %71,8 dayanıklı olduğu anlaşılmaktadır. Yani %28,2 mukavemet kaybı olduğu anlaşılmaktadır. Mekanik yöntemle birleştirilen bandın kopma dayanımı 325,38 N/mm (23,24 N/mm²) olduğu görülmüştür. Bu değer normal işlemsiz bir bandın kopma

dayanımına oranlanırsa %50,2 mukavim olduğu anlaşılmaktadır. Yani %49,8 bir mukavemet kaybı söz konusudur. Sonuç olarak yeni bir bandın kopma mukavemeti %100 kabul edilirse bu değer, mekanik yöntemle birleştirmede %45-50'ye ve vulkanizasyon ile birleştirmede %70-75'e düşmektedir. Bu sonuçlara göre bandın en zayıf yerinin bağlantı ek yerleri olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca vulkanizasyonla birleştirmenin mekanik birleştirme yöntemine oranla %21,6 daha mukavim olduğu gözlemlenmiştir.

2. Endüstriyel tesislerde bant seçiminde kaplama ve karkas önemli bir faktör olarak görülmektedir. Bantlarda yapılan çalışmalar ve yenilikler sayesinde çok amaçlı olan yanmaya, aşınmaya ve kopmaya dayanıklı bant malzemeleri kullanıldığı gözlemlenmiştir.
3. Tesiste yapılan birleştirme uygulamaları sonucunda, mekanik ekleme işleminde bantta kolaylıkla kesme ve montaj işlerinin yapılabildiği avantaj olarak gözlemlenmiştir. Bant ekinin bu şekilde kolayca ayrılıp birleştirilmesi bandın uzatılmasına veya kısaltılmasına izin verdiği ve tambur kaplaması, makaralar veya darbe yatakları gibi diğer konveyör bileşenlerinin bakımının daha kolay tamamlanmasına olanak sağladığı gözlemlenmiştir.
4. Tesiste yapılan çalışmalara göre mekanik birleştirme yönteminin bakım onarım için duruş süresini en aza indirdiği ve bant birleştirme süresinin genellikle 1 ila 2 saatte monte edilerek tesisin kısa sürede tekrar çalışmasına olanak verdiği görülmüştür. Vulkanizasyon birleştirme yönteminde bantlı konveyörün hizmete geri döndürülmesi, ısıtılıp, biten ek yerinin kavranmasına izin verecek derecede soğutulmaya bırakılması için geçen süreler göz önüne alındığında tesis duruşu için uzun bir süreç olmaktadır. Bu parametreler dikkate alındığında tesiste yapılan vulkanize birleştirme yönteminin tamamlama süresi 6 ila 8 saat olarak gözlemlenmiştir. Bant ek yeri birleştirme yönteminin uygulama süresi yönünden mekanik yöntemin vulkanizasyon yöntemine göre avantajlı olduğu anlaşılmıştır.

5. Mekanik birleştirme elemanları kontrol ve muayenesi kolay bir bant eki sağladığı ve mevcut tesis bakım personeli tarafından kolaylıkla yapılabildiği gözlemlenmiştir. Ayrıca mekanik ekleme elemanlarının düşük maliyetli olması uzun süreler boyunca depolanabilmesi mekanik birleştirme yöntemini avantajlı hale getirmektedir. Vulkanizasyon birleştirme yöntemi ise daha kapsamlı ve yüksek maliyetli bir işlem olup, profesyonel olarak eğitilmiş personel tarafından yapılmaktadır.
6. Tesiste bant ek yeri hasarlarının sık sık yaşandığı tespit edilmiştir. Bant ek yeri yırtıklarından kaynaklı problemlerin giderilmesindeki bir diğer yöntem olan mekanik birleştirme yöntemi de kullanılmaktadır. Bu yöntemde ek yerlerinde, taşınan malzemeler raptiye montajı için bantta açılan küçük deliklerden sızarak düştüğü ve bundan dolayı önemli miktarda bantlı konveyörlerde döküntü meydana getirdiği görülmüştür. Dökülen malzemeler rulolara, tamburlara temas ederek şasi üzerinde birikme yapmaktadır. Bu şekilde döküntü oluşturması tesislerde istenmeyen bir durumdur. Bu açıdan mekanik birleştirme yöntemi dezavantajlı hale gelmektedir. Vulkanizasyon bant birleştirme yöntemiyle malzeme dökülmelerinin önüne geçmek mümkün olmaktadır.
7. Bantlar sürekli iletim amacıyla sıyrıcılardan, rolelerden ve tamburlardan geçerek hareket etmektedirler. Mekanik birleştirme yönteminde kullanılan raptiyeler konveyör bant elemanlarına sürtünerek ve çarparak hareket etmektedir. Bunun sonucunda mekanik birleştirme elemanlarında ve konveyör ekipmanlarında zamanla hasarlanmaya yol açtığı tespit edilmiştir. Vulkanizasyon birleştirme yönteminde herhangi bir mekanik eleman olmadığından dolayı konveyör bant elemanlarından geçerken daha az zarar görmektedir. Uygun şekilde yapılan vulkanize bant eki, kauçuk yan kenar, makaralı silindirler, bant destek yapıları veya sıyrıcılara müdahale etmeyecektir. Vulkanizasyon birleştirme yönteminin mekanik birleştirme yöntemine oranla konveyör ekipmanlarına ve banda daha az hasar verdiği gözlemlenmiş ve anlaşılmıştır.

8. Mekanik birleştirme yönteminde raptiye elemanları için açılan küçük delikler mevcut olduğundan dolayı buradan bant yapısının içine doğru nem ve rutubet ister istemez nüfuz etme eğiliminde olacaktır. Bunun sonucunda bandın ek yerinde zamanla yırtılmalara ve ayrılmalara neden olacağı tespit edilmiştir.
9. Mekanik eklemelerin tesiste karşılaşılan bir başka dezavantajı ise bant üzerinde taşınan malzemelerin sıcak olmasından kaynaklı ek yerlerinden bandın iç yapısına ısı geçişi olduğu ve bunun sonucunda bant karkaslarına nüfuz etmesi düşünülerek bant ömrünün zamanla azalmasına neden olacağı düşünülmektedir. Eğer bant üzerinde taşınan malzemeler sıcaksa ısının metal bir sabitleme elemanından iletilmesi, bir vulkanize bant ekinin seçimine yol açabilmektedir. Çünkü sıcak olan malzemeden metal sabitleme elemanına bir ısı geçişi olduğu varsayılarak bandın iç yapısına yani karkasa geçen ısı miktarı, kort bezi ipliklerini zayıflatabilir ve böylece raptiye elemanlarının yerinden çıkmasına neden olabileceği öngörülmektedir. Bu tür uygulamalarda vulkanizasyon birleştirme yönteminin tercih edilmesi gerektiği anlaşılmıştır.
10. Vulkanizasyon birleştirme yöntemi ile ek yapılan bir bantta %28,2 bir mukavemet kaybı olduğu görülmüştür. Bunun sebepleri üzerine tartışıldığında, vulkanizasyon birleştirme yönteminde bant ek yerinde çalışılırken çalışma alanının uygun koşullarda olması ve ek yeri yapışkanlığı için kauçuk yüzeyi iyice temizlenip taşlanması gerekliliği olarak değerlendirilmiştir. Çünkü bant birleştirmeleri tesiste genellikle açık alanlarda, tozlu, yağışlı havalarda ya da istenmeyen durumlarda yapılmaktadır. Bu yüzden ortamın temiz olması, mümkünse kapalı bir alanda toz ve yağıştan arındırılmış olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Vulkanizasyon, belirli bir basınç ve sıcaklık altında belli bir süre tutulan kauçuğun fiziksel özelliğinin değişerek şekil alması olarak gerçekleştiği bilinmektedir. Bu bakımdan vulkanizasyon şartları sıcaklık, basınç ve zaman olarak değerlendirilmektedir. Bu parametreler üzerinde birçok çalışma mevcut olup bu uygulamaların bant yapısına göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Vulkanizasyon yöntemiyle birleştirilen

bantta %28,2 değerinde bir mukavemet kaybı göz önüne alındığında vulkanizasyon parametrelerinin de önemli bir etken olduğu anlaşılmıştır.

11. Genel olarak yapılan araştırmalara ve deneylere göre bant ekinde yapılan metotlardan vulkanize birleştirme yönteminin mekanik birleştirme yöntemine göre daha avantajlı olduğu anlaşılmıştır. Mekanik birleştirme yönteminin ise en önemli faydası bant birleştirme uygulamasının çok kısa sürede gerçekleştiği anlaşılmıştır. Tesiste alışan bant bakım personellerine, uygun birleştirme yönteminin tesiste yapılmasıyla zaman, işçilik ve maliyet açısından tasarruf sağlandığı gözlemlenmiştir.

7.2. ÖNERİLER

Bu çalışmada, bant birleştirme uygulamaları ve birleştirme yöntemlerine göre bant kopma dayanımları incelenmiştir.

Vulkanizasyonla birleştirme yönteminde bandın %28,2 değerinde bir mukavemet kaybına uğradığı göz önüne alındığında vulkanizasyon için gerekli malzeme ve araç gereçlerinde etki etmesi olasıdır. Kullanılan vulkanize kaynak makinası, vulkanizasyon için gerekli ara kauçuk malzemesi, solüsyon vb. etkenler göz ardı edilmemelidir. Bu değişkenlerinde ne kadar bir kayba yol açtığı değerlendirilebilir. Ayrıca bu çalışmada sıcak birleştirme yönteminde bant ek yerini birleştirmek için $La=0,3xB$ olacak şeklinde çapraz kesim ile uygulama yapılmıştır. Bant eki deseni tasarım yönteminin değiştirilerek çıkan sonuçlara etkisi de değerlendirilebilir. Aynı şekilde mekanik ek birleştirme yönteminde de raptiyeleme yerine diğer mekanik birleştirme araçları kullanılarak çıkan sonuçların etkisi değerlendirilebilir.

Mekanik birleştirme yönteminde istenmeyen malzeme dökülmeleri olduğu görülmektedir. Toz ve malzeme dökülmelerinin önüne geçmek için vulkanize bant birleştirme metodu kullanmak uygun olacaktır.

Mekanik birleştirme yönteminde, mekanik ekleme elemanlarının bir transfer noktasında işlevini yerine getirmesi ve sızdırmazlık sağlaması için konveyör

bileşenlerinin ve bant ekinin hasar görmesini önlemek amacıyla raptiye elemanları üst ve alt kaplama kauçuklarına gömülerek monte edilebilir.

İster vulkanize edilmiş ister mekanik birleştirme yöntemi kullanılmış olsun, uygun şekilde tasarlanmış, iyi uygulanmış ve korunmuş bir bant eki, bir bantlı konveyörün işlemlerinin başarısında kritik önem taşır. Bir bant ekinin hatalı uygulanması bandın ömrünü kısaltacaktır. Doğru bant ekinin düzgün şekilde uygulanmasına gösterilecek özen, tüm tesis için fayda sağlayabilir.

Üstün mukavemeti, daha uzun hizmet ömrü ve sunduğu daha temiz çalışma nedeniyle, vulkanizasyon birleştirme yöntemi genellikle bant ekleme için tercih edilen yöntem olarak değerlendirilebilir. Üstün mukavemetleri nedeniyle, vulkanizasyon bant ekleri, maksimum bant geriliminin uygulanmasına izin vererek daha iyi tambur bant çekişi sağlayabilir.

Yapılan incelemeler sonucunda, tesiste acil duruşlar hariç bant birleştirmeleri vulkanizasyon yöntemi kullanılarak yapılması zaman, işçilik, maliyet, bant ömrü ve tesisin sürekli çalışması açısından uygun olabilir.

KAYNAKLAR

1. Solak, A., “Kömür madenleri için bantlı konveyör tasarımı ve tasarım parametrelerinin optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2016).
2. Gerdemeli, İ., “Bantlı konveyörlerin konstrüksiyonu”, Sürekli Transport Sistemleri, **İstanbul Teknik Üniversitesi**, İstanbul, (2007).
3. Spivakovsky, AO ve Dyachkov, VK, “Taşıma Makineleri”, Cilt 1 ve 2, **Mir Yayıncılık**, Moskova, (1985).
4. Yıldız, V., “Linyit kömür taşıyan bantlı konveyörün tasarımı, analizi ve kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2014).
5. Er, T., “Bantlı konveyörlerdeki riskler ve isg uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, **Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Tarsus, (2019).
6. Cengiz, C., “Bir bantlı konveyörün sonlu eleman yöntemiyle dinamik analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2012).
7. Aşık, E., “Bantlı Konveyörler”, **Makine Mühendisleri Odası Yayınları**, Yayın No: 98, Ankara, 19-20 (1988).
8. Gerdemeli, İ., İmrak, C.E., Kesikçi, M.K., “Sürekli Transport Sistemleri”, **Birsan Yayınevi**, İstanbul, 41- 49 (2005).
9. TS EN ISO 14890, Konveyör bantları - Genel amaçlar için - Kauçuk veya plâstik kaplanmış tekstil karkaslı konveyör bantlarının özellikleri, **T.S.E.**, Ankara, (2013).
10. Swinderman, R., Marti, A., Goldbeck, L., Marshall, D. And Strebel, M., (Çevirenler: Tan, İ., Karayılan, E., Cemoğlu, O., Meral, Ö., Çabuker, R. Ve Genç, S.), **Foundations, Martin Engineering**, 4. Basım, ISBN: 978-605-63434-0-7, İstanbul, 28-35 (2009).
11. MEGEP, “Konveyör Bakımı”, **Metalurji Teknolojisi**, Ankara, (2011).

12. Şimşir, A., “Bantlı konveyörler ve tahrik mekanizmalarının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2013).
13. Kessentini, R., Klinkova, O., Tawfiq, I. and Haddar, M., “Modeling the moisture diffusion and hygroscopic swelling of a textile reinforced conveyor belt”, *Polymer Testing*, 75: 159-166 (2019).
14. Dobrota, D., “Vulcanization of rubber conveyor belts with metallic insertion using ultrasounds”, *Procedia Engineering*, 1160-1166 (2015).
15. Miriam, A., Anna, G. and Daniela, M., “Measurement and simulation of impact wear damage to industrial conveyor belts”, *Wear*, 368-369: 400-407 (2016).
16. Demir, M., “Yüksek sıcaklıkta çalışan bantlı konveyörler”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2006).
17. Kapucu, O. A., “Kort bezi takviyeli kauçuk kompozitlerin yorulma davranışının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (2017).
18. Tatar, Ç., “Yeni nesil bantlı konveyörlerin özellikleri”, *Maden Ocak Teknolojileri*, APA yayın grubu, Yıl:5, Sayı:26, Ocak-Şubat 2015, ISSN: 2146-0531.
19. İnternet: Arlite Co. Ltd., <http://www.arlite.dn.ua/en/belt> (2021)
20. DIN 22101, Sürekli Konveyörler – Gevşek dökme malzemeler için bantlı konveyörler-Hesaplama ve boyutlandırma temeli, *ICS 53.040.10*, Berlin, (2002).
21. Uğur, İ., “Transport Tekniği Ders Notları”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü*, İstanbul, (2010).
22. Cürgül, İ. ve Feyzullohoğlu, E., “Transport Tekniği Problemleri”, *Birsan Yayınevi*, İstanbul, (2003).
23. Uluçoşgun, K., “Kord bezinin tasarlanması ve modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, (2009).
24. Çankır, K., “Lastik konveyör bantlarının ekleme yöntemleri ve teknik ayrıntıları”, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antakya, (2006).

25. DIN EN ISO 15236-1, “Genel kullanım için konveyör bantları için tasarım, boyutlar ve mekanik gereksinimler”, (2016).
26. İnternet: Ürün kataloğu, Nilos Conveying,
<https://www.nilos.com/en/downloads/catalogs-brochures-flyers-and-general-information/produkt/show/kataloge-broschueren-flyer-und-allgemeines-1.html>
(2021).
27. Vahapoğlu, V., “Kauçuk türü malzemeler: sınıflandırma”, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1): 25-34 (2013).
28. Vahapoğlu, V., “Kauçuk türü malzemeler 1. doğal kauçuk”, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3.1: 57-70 (2007).
29. İnternet: ENS Kauçuk Lastik Plastik Yay San. ve Tic. Ltd. Şti.,
<https://enskauçuk.com.tr/kaucugun-seruveni/#> (2021).
30. Öztürk, E., “Farklı kauçuk karışımlarının vulkanizasyonuna hızlandırıcıların etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2008).
31. Mazurkiewicz, D., “Problems of identification of strength properties of rubbermaterials for purposes of numerical analysis: a review”, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(1): 69-84 (2010).
32. Kişioğlu, İ. O., “Tank paletlerinde kullanılan kauçukların imalatı ve uygulamaları”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2003).
33. Şahbaz, D. A., “Soğuk vulkanize yapıştırıcı üretimi ve uygulama koşullarının değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik, (2017).
34. Hardygora, M., Bajda, M. and Blazej, R. “Laboratory Testing of Conveyor Textile Belt Joints Used in Underground Mines”, *Mining Science*, 22: 161-169 (2015).
35. Kozhushko, G. G. and Kopnov, V. A., “Fatigue strength functions in shear loading of fabric conveyor belts”, *International Journal of Fatigue*, 17 (8): 539-544 (1995).

36. Konuk, A., “Bantlı konveyör nakliyat sistemlerinin ekonomik ve teknik olarak karşılaştırılması”, *Madencilik*, Mart-Haziran, Cilt: XXI, No:1-2, Eskişehir, (1982).
37. Miriam, A., Anna, G. and Daniela, M., “Failure analysis of the rubber-textile conveyor belts using classification models”, *Engineering Failure Analysis*, 101: 407-417 (2019).
38. Soyubel, B., “Elastomerlerin statik ve dinamik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (2006).
39. Dobrota, D., “Vulcanization of rubber conveyor belts with metallic insertion using ultrasounds”, *Procedia Engineering*, 1160-1166 (2015).
40. Chuen-Shii, C., Ching-Liang, L. and Wei-Chung, C., “Optimum conditions for vulcanizing a fabric conveyor belt with better adhesive strength and less abrasion”, *Materials & Design*, 44: 172-178 (2013).
41. İnternet: Ürün kataloğu, Labris Maden ve Makina Sanayi A.Ş., <http://www.labris.com.tr/images/urunler/f4bccc422b85ef42.pdf> (2021).
42. TS EN ISO 283, Tekstil konveyör bantları-Tam kalınlıkta çekme mukavemeti, kopma uzaması ve referans yükte uzama- Deney metodu, *T.S.E.*, Ankara, (2016).
43. TS EN ISO 1120, Konveyör bantları-Mekanik bağlantıların dayanımının belirlenmesi-Statik deney metodu, *T.S.E.*, Ankara, (2013).
44. TS ISO 37, Lastikler ve Termoplastikler – Çekme gerilmesi-uzama özelliklerinin tayini, *T.S.E.*, Ankara, (2017).
45. ISO 18573, Konveyör bantları - Test atmosferleri ve koşullandırma süreleri, (2012).

ÖZGEÇMİŞ

Savaş KİRENLİ; ilk ve orta öğrenimini Karabük’te tamamladı. Karabük Demirçelik Lisesi'nden mezun oldu. Lisans eğitimini Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği alanında aldı. 2015 yılında Düzce Cam A.Ş. firmasında Mekanik Bakım Mühendisi olarak çalıştı. 2016 yılında Kardemir A.Ş. Merkez Bakım ve Yapım Müdürlüğü'nde Montaj Boru Mühendisi olarak göreve başladı ve halen aynı görevde çalışmaya devam etmektedir.