



VULKANİZE KAYNAK SÜRESİNİN BANT MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Tuğçe DANIŞMAN ÇEBİ

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

**VULKANİZE KAYNAK SÜRESİNİN BANT MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Tuğçe DANIŞMAN ÇEBİ

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Ocak 2023

Tuğçe DANIŞMAN ÇEBİ tarafından hazırlanan “VULKANİZE KAYNAK SÜRESİNİN BANT MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI ” 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. 03/01/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Muhammet Hüseyin ÇETİN (KTÜN)

.....

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

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emrah ERDOĞDU (KBÜ)

.....

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

Prof. Dr. Müslüm KUZU

.....

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.”

Tuğçe DANIŞMAN ÇEBİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VULKANİZE KAYNAK SÜRESİNİN BANT MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Tuğçe DANIŞMAN ÇEBİ

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ

Ocak 2023, 108 sayfa

Günümüz teknolojisinde birçok tesis için artan ihtiyaçları karşılamak amacıyla insan gücünün yetersiz kaldığı yerlerde makineleşmenin gücü ortaya çıkmıştır. Konveyör sistemleri ile tesislerde malzemenin bir noktadan diğer bir noktaya taşınması zaman, mesafe ve kapasite yönüyle çok daha kolay hale gelmiştir.

Bantlı konveyörler, malzeme taşımada güvenilir ve maliyet açısından da avantajlı bir sistem olduğundan kullanılan bandın kalitesinin itina ile seçilmesi gerekmektedir. Zamanla bantta meydana gelen yıpranma ve aşınmaların, tesiste duruş süresini uzatmamak adına çabuk ve etkili bir şekilde tamir edilmesi ve tespit edilen küçük bir hasarın daha büyük sıkıntılara yol açmaması için derhal onarım yapılması önemlidir.

Bu çalışmada, vulkanize kaynak yöntemi ile yapılan bant birleştirmelerinde bant dayanımına etki eden parametrelerden biri olan vulkanizasyon süresi ele alınmıştır.

Sürenin, mukavemete olan etkisi incelenerek bant ek yerlerinin ömrünü uzatmak amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmada, bantlı konveyörlerin genel özellikleri, bantlı konveyör çeşitleri, bant yapısı ve özellikleri, vulkanizasyon tanımı, vulkanize kaynak yöntemi ile birleştirme işlem adımları ve farklı sürelerde uygulanan vulkanizasyonun etkisini incelemek amacıyla yapılan deney çalışmalarından bahsedilmiştir.

Deney sonuçlarına göre, vulkanizasyon süresinin bant mukavemetine olumlu yönde etki ettiği gözlemlenmiş ve kullanılan kaynak makinesinin de bandın tesiste daha hızlı kullanıma dönmesi açısından zamandan tasarruf sağladığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler : Vulkanizasyon, bantlı konveyör, mukavemet, kaynak

Bilim Kodu : 91419

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF VULCANIZED SPLICES TIME ON BELT STRENGTH

Tuğçe DANIŞMAN ÇEBİ

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

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Recep DEMİRSÖZ

January 2023, 108 pages

In today's technology, the power of mechanization has emerged in places where human power is insufficient in order to meet the increasing needs for many facilities. The transportation of material from one point to another point in the facilities has become much easier in terms of time, distance and capacity with conveyor systems.

Since belt conveyors are a reliable and cost-effective system for transporting materials, it is necessary to carefully select the quality of the belt used. It is important to repair the wear and tear that occurs on the tape over time quickly and effectively in order not to prolong the downtime at the facility, and to repair immediately so that a minor damage detected does not lead to greater problems.

In this study, the vulcanization time, which is one of the parameters affecting the belt strength in the belt splices made by vulcanized splices method, is discussed. The effect of duration on strength was examined and it was aimed to extend the life of the belt splices.

In the study, general characteristics of belt conveyors, types of belt conveyors, belt structure and properties, definition of vulcanization, vulcanization splices method and joining process steps and experimental studies conducted to study the effect of vulcanization applied at different times were mentioned.

According to the experimental results, it has been observed that the vulcanization time has a positive effect the belt strength and it has been seen that the splices machine used saves time in terms of returning the belt to use faster in the facility.

Key Word : Vulcanization, belt conveyor, strength, splices

Science Code : 91419

TEŞEKKÜR

Tez danıőmanım, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Recep DEMİRSÖZ' e, tezimin oluşumundan tamamlanmasına kadar geçen süreçte bilgi, destek, fikir ve tecrübelerini paylaşarak, tezimin tamamlanmasında her daim yardımlarını esirgemediği için sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Vulkanize kaynak yöntemi ile bant birleştirme uygulamasında ve numunelerin hazırlanmasında yardımlarını, tecrübe ve bilgilerini esirgemeyen Kardemir A.Ő. Sinter Mekanik Bakım Formeni Adem KARABABA'ya, Sinter Müdürlüğü'ne ve çalışanlarına, deney ve test çalışmalarının yapılması için destek veren Kardemir A.Ő. Kalite Mühendisi Arkın ARGUN'a teşekkür ederim.

Sevgili ailem ve eşim Erdem ÇEBİ'ye bu süreçte her anımda yardım ve desteklerini esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
BANTLI KONVEYÖR SİSTEMLERİ	4
2.1. BANTLI KONVEYÖRLER VE ÖZELLİKLERİ	4
2.2. BANTLI KONVEYÖR TÜRLERİ	7
2.3. BANTLI KONVEYÖRLERİN KULLANILDIĞI YERLER.....	10
2.4. KONVEYÖR BANDIN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ	12
2.4.1. Karkasına Göre Bantlar	15
2.4.1.1. Dokuma Örgülü Bantlar.....	15
2.4.1.2. Çelik Saçlı Bantlar	18
2.4.1.3. Çelik Kordlu Bantlar.....	18
2.4.2. Kaplamasına Göre Bantlar.....	20
2.4.2.1. Aşınmaya Dayanıklı Bantlar.....	24
2.4.2.2. Aleve Dayanıklı Bantlar	24
2.4.2.3. Isıya Dayanıklı Bantlar	24
2.4.2.4. Yağa Dayanıklı Bantlar.....	25
2.5. TIRMANMA AÇISINA GÖRE BANTLAR.....	25
2.6. BANDIN ORTADAN SEVKİ	26
2.7. BANT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ.....	27

2.8. BANTLI KONVEYÖRLERLE NAKLİYAT SİSTEM ALTERNATİFLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	30
BÖLÜM 3	34
BANT BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ.....	34
3.1. VULKANİZASYON	35
3.1.1. Sıcak Vulkanizasyon	35
3.1.2. Soğuk Vulkanizasyon	37
3.1.3. Vulkanizasyonun Avantajları	38
3.1.4. Vulkanize Bant Eklerinin Dezavantajları	39
3.2. MEKANİK EKLEME	40
3.2.1 Mekanik Eklemelerin Avantajı.....	42
3.2.2. Mekanik Eklemelerin Dezavantajları	42
3.3. KONVEYÖR BANTLARDA VULKANİZASYON YÖNTEMİ.....	44
3.3.1. Vulkanizasyon Mekanizması ve Çapraz Bağlanma	45
3.3.2. Çapraz Bağlanma Miktarının Mekanik Özelliklere Olan Etkisi.....	47
3.4. VULKANİZASYON PIŞİRİCİ SİSTEMLERİ	48
3.4.1. Kükürt Pişirici Sistemi.....	48
3.4.2. Peroksit Pişirme Sistemi	49
3.4.3. Radyasyon Pişirici Sistemi	50
3.5. VULKANİZASYON AŞAMALARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	50
3.6. VULKANİZASYON TEKNİKLERİ.....	52
3.6.1. Pres Vulkanizasyon	52
3.6.2. Açık Vulkanizasyon.....	57
3.6.3. Sürekli Vulkanizasyon.....	58
3.7. KAUÇUK BİLEŞENLERİ STOKLAMA KOŞULLARI.....	59
3.8. VULKANİZE KAYNAK YÖNTEMİ İLE BANT BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ VE İŞLEM ADIMLARI	60
BÖLÜM 4	80
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	80
4.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASININ GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ	83

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5	84
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	84
5.1. MATERYAL VE METOT	84
5.1.1. Vulkanize Kaynak Yöntemi ile Birleştirme İşlemine Ait Deney Metodu	85
5.2. NUMUNE HAZIRLAMA	85
5.3. ÇEKME DENEYİ	88
BÖLÜM 6	91
DENEYSEL SONUÇLAR	91
BÖLÜM 7	101
GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	101
7.1. GENEL SONUÇLAR	101
7.2. ÖNERİLER	103
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	108

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. En uzun konveyör sisteminin uydudan çekilmiş fotoğrafı	1
Şekil 2.1. 19. yüzyıla ait bantlı konveyör fotoğrafı.....	4
Şekil 2.2. Thomas Robins'in konveyör tasarımı	5
Şekil 2.3. Bantlı ileticinin şematik olarak görünüşü	6
Şekil 2.4. Katlanan ve portatif tip bantlı konveyör	7
Şekil 2.5. Kayabilen bantlı konveyör türü	8
Şekil 2.6. Thyssenkrupp firmasına ait kayabilen bantlı konveyör	8
Şekil 2.7. Yüksek açılı konveyör bandı	9
Şekil 2.8. Kablolulu bantlı konveyör tasarımı görüntüsü.....	10
Şekil 2.9. Konveyör bandın yapısı	13
Şekil 2.10. Dokuma örgülü konveyör bandı.	16
Şekil 2.11. Düz sargılı karkas dokuma	17
Şekil 2.12. Sıkı dokuma karkas.....	18
Şekil 2.13. Çelik kord karkasından oluşan bant bölümü.....	19
Şekil 2.14. Lateks toplanması	21
Şekil 2.15. Tırmanma açısına göre konveyör bant tipleri	25
Şekil 2.16. Yüzey profiline göre konveyör bant tipleri.....	26
Şekil 3.1. Pres kullanılarak sıcak vulkanizasyon ile ekleme yapılan konveyör bandı.....	36
Şekil 3.2. Konveyör bantların soğuk vulkanizasyon ile eklenmesi	38
Şekil 3.3. Mekanik ekleme yöntemi.....	41
Şekil 3.4. Konveyör bantların mekanik ekler ile birleştirilmesi	41
Şekil 3.5. Polimerlerde çapraz bağlanma	45
Şekil 3.6. Vulkanizasyonun kauçuğun fiziksel özelliklerine etkisi.....	47
Şekil 3.7. Kurlenme haline göre kauçukların gerilim ve gerinim eğrisi	48
Şekil 3.8. Doğal kauçuk kükürt ile çapraz bağlanma reaksiyonu	48
Şekil 3.9. Kurlenme süresine göre kauçuk davranışı	51
Şekil 3.10. Basınç-sıkıştırma kalıplama tekniği.....	53
Şekil 3.11. Kompresyon pres ve kalıp düzeneği	54
Şekil 3.12. Transfer kalıp örneği ve kalıplama tekniği	55

Sayfa

Şekil 3.13. Enjeksiyon pres makinesi	56
Şekil 3.14. Enjeksiyon kalıplama.....	56
Şekil 3.15. Otoklavda vulkanizasyon.....	58
Şekil 3.16. Ekstrüzyonda vulkanizasyon	59
Şekil 3.17. NILOS su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi şematik görünümü a) Kaynak makinesi resmi b).	62
Şekil 3.18. Bant kesim işlemi.....	63
Şekil 3.19. Konveyör bandın çapraz kesim işlemi.....	63
Şekil 3.20. Bandın çapraz kesimi.....	64
Şekil 3.21. Kat alma diyagramı.....	65
Şekil 3.22. Sistemde sıyırıcı olduğunda a) ve sistemde sıyırıcı olmadığına b) ekleme yönü.....	66
Şekil 3.23. Bandın alt ve üst kapağı.....	67
Şekil 3.24. Kapak kauçuğu markalama işlemi	67
Şekil 3.25. Kapak kauçuğu soyma işlemi	68
Şekil 3.26. 1. kademe kat alma işlemi.....	68
Şekil 3.27. 2. kademe kat alma işlemi.....	69
Şekil 3.28. Kademelerin tamamen açılması.....	69
Şekil 3.29. Bant taşlama işlemi	70
Şekil 3.30. Bandın alt kapağına kauçuk atılması	71
Şekil 3.31. Solüsyon sürme işlemi	71
Şekil 3.32. Ara kauçuk atılması	72
Şekil 3.33. Ara kauçuğun yapıştırılması	72
Şekil 3.34. Traverslerin ayrılma işlemi	73
Şekil 3.35. Alt bandın traverse yerleştirilmesi.....	73
Şekil 3.36. Alt travers ile bant arasına gazete kâğıdı yerleştirilmesi	74
Şekil 3.37. Bant uçlarının hizalanarak birleştirilmesi	74
Şekil 3.38. Kapakların doldurma işlemi.....	75
Şekil 3.39. Üst bant ile travers arasına gazete kâğıdı yerleştirilmesi.....	75
Şekil 3.40. Üst traverslerin yerleştirilmesi.....	76
Şekil 3.41. Saplamaların sıkılması	76
Şekil 3.42. Elektrik pompası bağlantısı	77
Şekil 3.43. Su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi su tankı	78
Şekil 3.44. Su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi bağlantı hortumları	78

Sayfa

Şekil 3.45. Soğutma işleminden sonra buhar çıkışı	79
Şekil 3.46. Kaynak makinesinin sökülmesi	79
Şekil 5.1. Çekme test cihazının tırtıklı çeneleri	84
Şekil 5.2. Zwick Roell çekme test cihazı	85
Şekil 5.3. B tipi papyon aparatı	86
Şekil 5.4. İşlemsiz bant numuneleri	87
Şekil 5.5. 15 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan numuneler	87
Şekil 5.6. 30 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan numuneler	88
Şekil 5.7. 45 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan numuneler	88
Şekil 5.8. Vulkanize kaynak yapılan bant numunesine uygulanan çekme deneyi ...	90
Şekil 6.1. İşlemsiz bant numunelerine ait kopma-uzama eğri diyagramı.	93
Şekil 6.2. N-1 no'lu numunenin çekme deneyi sonrası kopması.	93
Şekil 6.3. 15 dakika vulkanizasyon süresi olan bant numunelerinin kopma-uzama eğri diyagramı	94
Şekil 6.4. S-15-3 no'lu numunenin çekme deneyi sonrası kopması	95
Şekil 6.5. 30 dakika vulkanizasyon süresi olan bant numunelerinin kopma-uzama eğri diyagramı	96
Şekil 6.6. S-30-3 no'lu numunenin çekme deneyi sonrası kopması	97
Şekil 6.7. 45 dakika vulkanizasyon süresi olan bant numunelerinin kopma-uzama eğri diyagramı	98
Şekil 6.8. S-45-2 no'lu numunenin çekme deneyi sonrası kopması	99
Şekil 6.9. 12 adet numuneye ait kopma- uzama eğri diyagramı	100
Şekil 6.10. Numunelerin çekme dayanımlarının kıyaslanması	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Farklı karkas malzemelerine ait özellikler	14
Çizelge 2.2. Tekstil dokulu bantlarda katman sayısı.....	17
Çizelge 2.3. Dokuma ve çelik bantlar için kaplama kalınlıkları.	19
Çizelge 2.4. Bantlardaki kauçuk malzemelerin özellikleri	23
Çizelge 2.5. Banda etkiyen kuvvete göre önerilen bant malzemesi.....	29
Çizelge 2.6. Tabaka sayısına göre güvenlik faktörleri.....	29
Çizelge 3.1. Kullanılan bandın özellikleri	61
Çizelge 3.2. Bezin cinsi ve kat sayısına göre konveyör bant ek uzunlukları	64
Çizelge 5.1. Vulkanizasyon süresi ve hazırlanan numune sayısı.....	86
Çizelge 6.1. İşlemsiz bant numunelerine ait çekme dayanımı değerleri.....	92
Çizelge 6.2. S-15 no'lu numunelere ait çekme dayanımı değerleri	94
Çizelge 6.3. Vulkanizasyon süresi 15 dakika olan bant bilgileri.	95
Çizelge 6.4. S-30 no'lu numunelere ait çekme dayanımı değerleri	96
Çizelge 6.5. Vulkanizasyon süresi 30 dakika olan bant bilgileri.	97
Çizelge 6.6. S-45 no'lu numunelere ait çekme dayanımı değerleri	98
Çizelge 6.7. Vulkanizasyon süresi 45 dakika olan bant bilgileri.	99
Çizelge 7.1. İşlemsiz banda göre dayanım tablosu	102

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
F	: Kuvvet
F _{max}	: Maksimum kuvvet
h	: Saat
m	: Metre
max	: Maksimum
mm	: Milimetre
N	: Newton
N/mm	: Newton/milimetre
t/h	: Ton/saat
/	: Bölme
°	: Derece
σ	: Gerilme
σ_k	: Kopma gerilmesi
σ_{max}	: Maksimum kopma gerilmesi
%	: Yüzde
Mw	: Megawatt
Kg/mm ²	: Kilogram/milimetrekare
k	: Güvenlik katsayısı
ζ	: Kopma emniyet faktörü
z	: Tabaka sayısı
kPa	: Kilopaskal
ft	: Fit
°F	: Fahrenheit
C	: Karbon

O ₂	: Oksijen
O ₃	: Ozon
D ₀	: Bandın en dar genişliği
S ₀	: Kesit alanı
kp	: Denge Sabiti

KISALTMALAR

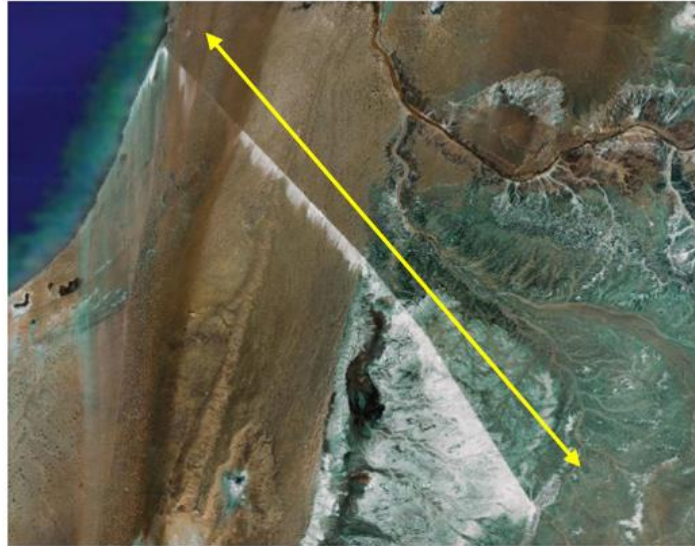
A.Ş.	: Anonim Şirketi
B	: Bant genişliği
EN	: European Norm (Avrupa Normu)
EP	: Polyester polyamide
EPDM	: Etilen-Propilen-Dien Monomer
eV	: Elektronvolt
ISO	: International Organization for Standardization
kg	: Kilogram
Km	: Kilometre
L	: Vulkanizasyon boyu
La	: Açık uzunluğu
Ls	: Ek yeri kat (adım) uzunluğu
Lv	: Ek boyu
NR	: Doğal Kauçuk
PVC	: Polivinilklorür
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskopu
SBR	: Stiren Bütadien Kauçuğu
TS	: Türk Standardı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UV	: Ultraviyole
ZnS	: Çinko Sülfür
XRD	: X ışınları difraktometresi

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sonsuz bantla taşıma sistemi, İngiliz mühendis Lyster'in 1868 yılında bulduğu ve günümüzde de malzeme taşınmasında kullanılan en önemli sistemlerin başında gelmektedir. Konveyörler, malzemelerin havadan veya yerden taşınmasını sağlayan, kapalı bir çevrimde de çalışabilen sürekli aktarma sistemleri olup, malzeme iletiminin sürekliliği sektördeki işletme ekonomisindeki en etkili parametrelerden biridir [1].

Günümüzde en uzun bantlı konveyör, 960 t/h kapasiteli kireçtaşını Bangladeş'te 10 km ve Hindistan'da 7 km olmak üzere toplam 17 km mesafeye iletmektedir. Bu verici, toplam 1,8 MW olan üç senkron tahrik ünitesi tarafından tahrik edilmektedir [2]. Aşağıdaki Şekil 1.1.'de dünyanın en uzun konveyör sisteminin uydu fotoğrafında kuzey rüzgârlarının üflediği fosfatla kaplı zemin açıkça görülebilir [3].



Şekil 1.1. En uzun konveyör sisteminin uydudan çekilmiş fotoğrafı [3].

Bantlı konveyörler, gergin iki kasnak arasındaki, rulolarla sabitlenen sonsuz bir bantı ifade etmektedir. Malzeme naklinin, uzun mesafelerde ve büyük kapasitelerde

yapıldığı zamanlarda bantlı konveyörler en uygun ve ekonomik çözümü sağlamaktadır. Her türlü kuru ve ıslak malzemenin taşınmasında rol oynayan bu konveyörler, özellikle cevher, tahıl, kum ve kömür gibi dökme malzemelerin taşınmasında önemli bir uygulama alanına sahiptir. Taşınan malzeme, bir ya da daha fazla tambur aracılığıyla tahrik edilen bir kayışla taşınır [1]. Konveyör bantlar, tüm tesisi insan vücudunda yer alan kan damarları gibi sararak ihtiyaç olan malzemeyi istenilen zamanda, istenilen yere ulaştıran ekipmanlardır [3].

Bu çalışma ile endüstriyel tesislerde kullanılan bantlı konveyörlerin ek yerlerinde zamanla meydana gelen aşınma sonucunda kopma olan bantlarda vulkanizasyon yöntemi ile birleştirme adımlarının detaylı bir şekilde incelenmesi ve vulkanizasyon süresinin bant mukavemetine olan etkisini araştırarak tesislerde uygulanacak en uygun sürenin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Tez çalışması, 7 ana bölümden oluşmaktadır.

Bölüm 1’de olan Giriş kısmında, bantlı konveyörler genel anlamıyla tanımlanmıştır. Bantlı konveyörlerin özellikleri, türleri, kullanım alanları, elemanları avantajları-dezavantajları, konveyör bant çeşitlerine Bölüm 2’de değinilmiştir.

Bölüm 3’te bant birleştirme yöntemleri açıklanarak, vulkanize kaynak yöntemi ile birleştirme işlemi detaylandırılmış ve bu birleştirme yönteminin adımları açıklanmıştır.

Bölüm 4’te konveyör bantlarda uygulanan vulkanize kaynak yöntemi ile bu yöntemin kullanımı ile ilgili literatür araştırmalarından bahsedilmiştir.

Bölüm 5’te vulkanize kaynak yöntemi ile hazırlanan bant numunelerinin hazırlanma yöntemi ve bu numuneler ile yapılan deneysel çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, çalışma aşamasındaki metotlar hakkında detaylandırma yapılmıştır.

Bölüm 6’da yapılan çalışma sonuçları açıklanmıştır.

Bölüm 7’de deney sonuçlarından elde edilen verilere göre vulkanize kaynak süresinin etkisi hakkında çıkarım ve tartışmalara yer verilerek konunun analiz edilmesi sağlanmıştır.

Kaynakça ve özgeçmiş de son kısımda yer almıştır.

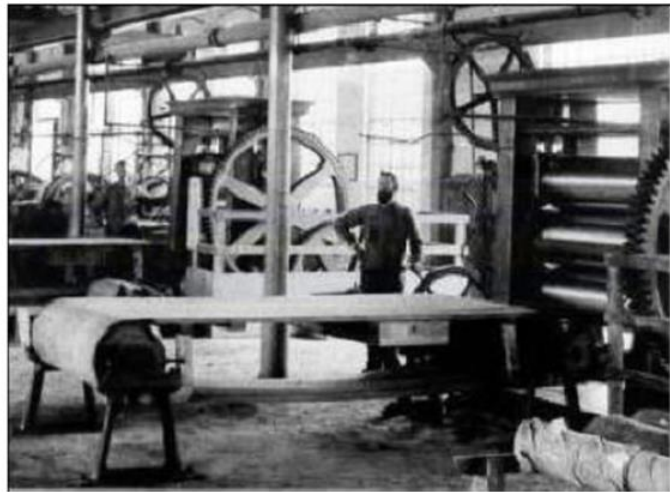
BÖLÜM 2

BANTLI KONVEYÖR SİSTEMLERİ

2.1. BANTLI KONVEYÖRLER VE ÖZELLİKLERİ

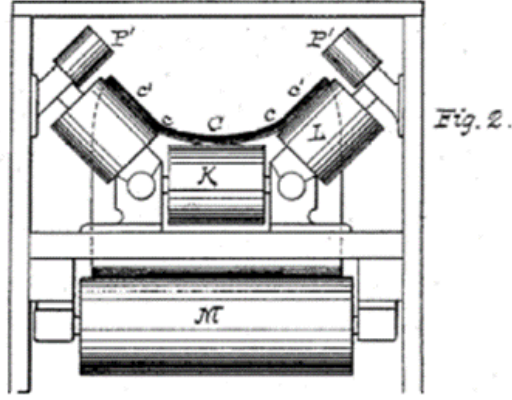
Bantlı konveyör sistemleri, bir güç aktarma kayışının üzerinde yer alan malzemenin, yükleme noktasından boşaltma noktasına taşınmasını sağlayan makinalardır. Ana hatları ile bu bantlar, iki tambur arasında, eninin yüksekliğinden daha büyük olduğu gergili bir bant olarak ifade edilmektedir [3].

Bantlı konveyörler, büyük kapasitelerde istiflenmiş malzemelerin yatay veya az eğimli olarak uzun mesafelere sürekli iletimi için genellikle en uygun çözümdür. Her türlü kuru veya ıslak malzemeyi taşıyabilen bu konveyörler özellikle kömür, cevher, kum gibi yığılmış malzemelerin taşınmasında günümüzde başarılı bir uygulama alanı sağlamıştır. Taşınacak bu malzemeler, bir veya daha fazla tambur tarafından tahrik edilen bir bant ile taşınmaktadır [1]. Aşağıda yer alan Şekil 2.1.'de 19. yüzyılda kullanılan bantlı konveyör görülmektedir.



Şekil 2.1. 19. yüzyıla ait bantlı konveyör fotoğrafı [3].

Bantlı konveyörlerin, 1830'lu yıllardan beri çok basit hallerinin Avrupa kıtasında kullanıldığı tahmin edilmektedir. Konveyörler için ilk kez 1893 yılında patent alan Thomas Robins konveyörlerin ustası olarak bilinmektedir. Thomas Robins 'in üç silindri olarak tasarlamış olduğu konveyör aşağıdaki Şekil 2.2.'de görülmektedir. Thomas Robins, ileriki yıllarda konveyörlerin tasarımını geliştirip kendi şirketini kurmuştur. Bu şirket Thyssen Krupp-Robins adı altında faaliyet sürdürmektedir [3].



Şekil 2.2. Thomas Robins'in konveyör tasarımı [3].

Konveyör bant sistemlerinde sonsuz hareket eden bir bant, malzemeyi yatay, yukarı veya aşağı eğimli olarak taşıyabilmektedir. Bantlar, malzemeyi yükleme noktasından boşaltma noktasına taşınır ve bu görevin yerine getirilmesi için amacına uygun bir makine konstrüksiyonuna yerleştirilir. Bu sistemde, tahrik sistemine bağlı bir tahrik tamburu ve gergi sistemine bağlı bir geri vites tamburu bulunmaktadır. Çelik konstrüksiyon ise, üst bant hattında yer alan konveyör makaraları ile alt bant hattındaki dönüş makaralarını taşır [4].

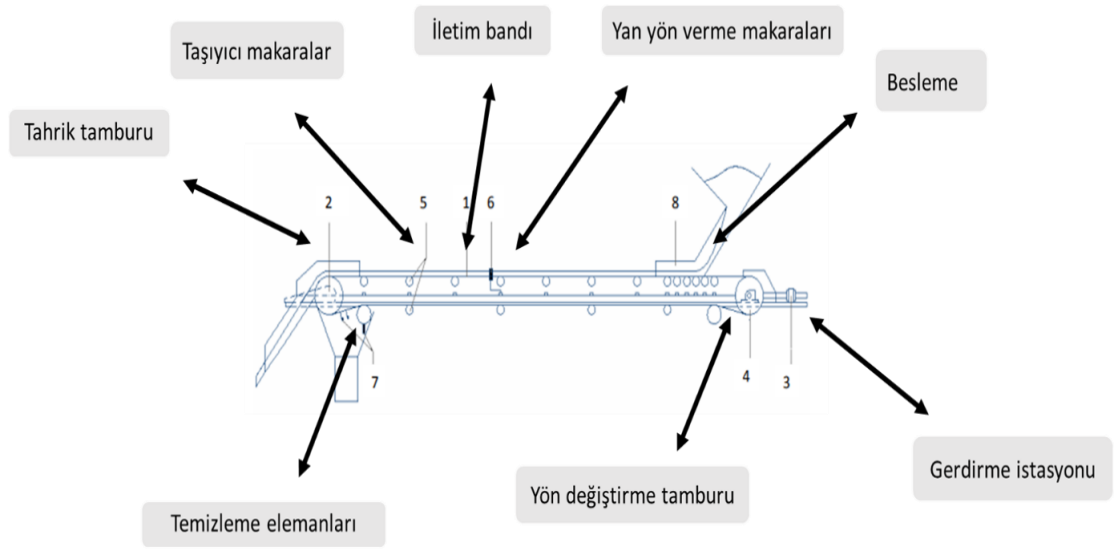
Bantlı Konveyör Elemanları

Bantlı konveyörlerin ana elemanları aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir [5]:

- Taşıyıcı ve dönüş makaraları
- Baş, kuyruk, gergi ve saptırma tamburları
- Tahrik tertibatı
- Gergi tertibatı

- Şasi
- Yükleme tertibatı
- Boşaltma tertibatı
- Bant temizleme tertibatı
- Diğer ekipmanlar
- Malzemeyi ileten bant

Bantlı ileticinin şematik görüntüsü Şekil 2.3.'de yer almaktadır.



Şekil 2.3. Bantlı ileticinin şematik olarak görünüşü [4].

Bantlı Konveyörlerin Avantaj ve Dezavantajları

Bantlı konveyörlerin kullanımında avantaj ve dezavantajlar aşağıda verilmiştir [6].

Avantajlar

- Yüksek debide malzeme taşınımı yapılması,
- Son derece düşük enerji ihtiyacı,
- Az bütçeli yatırım maliyeti, az hizmet ve servis maliyetleri,
- Kolay tasarım,
- Taşınan malzemenin taşıma esnasında çok iyi bir şekilde korunması,

- Çelik halatlı bantların kullanımı sayesinde uzak mesafelere taşıma yapılması.

Dezavantajlar

- Sınırlı yukarı iletim,
- Banttaki yüksek aşınma,
- Kısmi yüklerde verimin düşük olması,
- Toz oluşumunun çok kuvvetli olması.

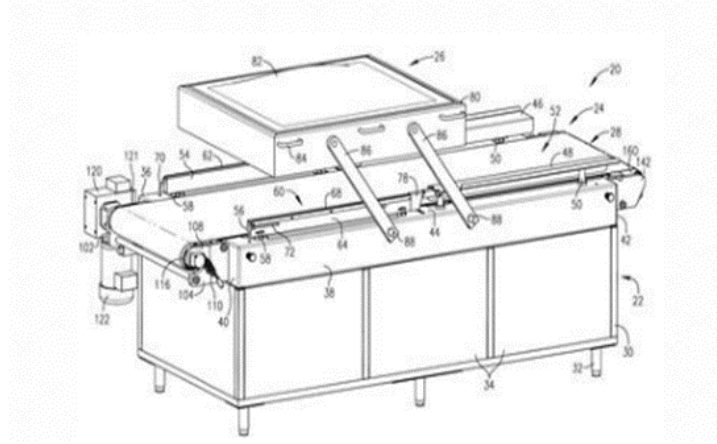
2.2. BANTLI KONVEYÖR TÜRLERİ

Sürekli Bantlı Konveyör: Bu tip konveyör sistemleri genellikle uzun mesafe ihtiyacı duyulan alanlarda tercih edilir. Portatif tip bantlı konveyörler ise taşınabilir olduğundan basit ve hızlı işlemler için üstün özellikler sağlar. (Şekil 2.4.) Yer altı madenlerinde sıklıkla tercih edilmektedir.



Şekil 2.4. Katlanan ve portatif tip bantlı konveyör [7].

Kayabilen Bantlı Konveyör: Bu tip konveyör sistemleri, kızak üzerinde ya da destekli bir yapı üzerinde hizalanarak, iletilen malzeme akışına karşı kayma olanağına sahiptir. Bu konveyörler, uzunlamasına ve yanal olarak hareket eden bir konveyör yapısındadır. Konveyörü yanal yönde hareket ettirebilen bir kaldıraç mekanizması ile konveyör sistemini yanal yönde kaydıracak bir mekanizma da bulunmaktadır. Konveyör sistemi, uzunlamasına yerleştirilmiş bir dizi kızaktan oluşmaktadır. Kızak sistemi sayesinde uzunlamasına hareket edebilir. Aşağıdaki Şekil 2.5.'de kayabilen bantlı konveyöre örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Kayabilen bantlı konveyör türü [7].

Kayabilen konveyör sistemi örnek olarak, travers üzerine monte edilen ve raylarla bağlanan portatif konveyör modüllerinden oluşur. Aşağıda Thyssenkrupp firması tarafından yapılmış olan kayabilen bantlı konveyör sistemine örnek Şekil 2.6.'da yer almaktadır.



Şekil 2.6. Thyssenkrupp firmasına ait kayabilen bantlı konveyör [7].

Yüksek Açılı Konveyör: Bu tip konveyörler, yüksek eğim açlarına sahip alanlarda kullanılmaktadır. Özel bir bantlı konveyör türüdür. Bant çalışma prensiplerine göre, Sandviç Tipi, Yiv Tipi, Oluk Tipi olmak üzere 3 ana türden söz edilebilmektedir. Bunlar arasında açık işletmeler için en kullanılabilir olanı sandviç tipi yüksek açılı bant konveyörlerdir. Bu tip konveyörlerde cevher, tıpkı bir sandviç gibi iki sentetik kayış arasında taşınır. Normal konveyörler gibi sandviç konveyörlerde tahrik ve tespit

tamburları, basınç ve konveyör silindirleri, şasi ve gergi üniteleri bulunur. Aşağıdaki Şekil 2.7.'de yüksek açılı konveyöre örnek gösterilmektedir.

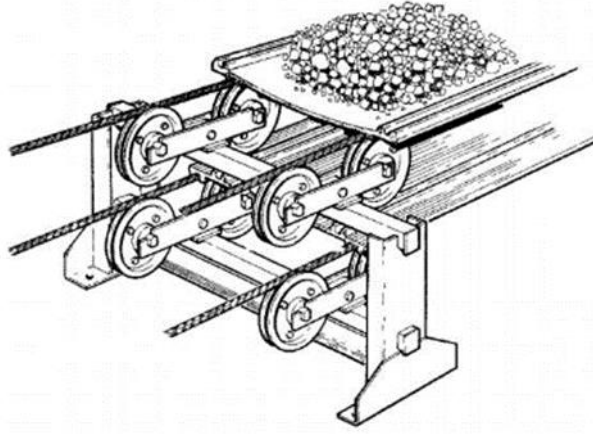


Şekil 2.7. Yüksek açılı konveyör bandı [7].

Kablolu Bantlı Konveyör: Çelik kablolu bant sistemi, her iki tarafta iki sonsuz tahrik kablosu ve yanlardan destekledikleri sonsuz bir banttandır meydana gelmektedir. Bant yanlardaki taşıyıcı kabloların çapı kadar V şeklinde bir kabloya oturur ve kablolarda giden ve gelen makaralar üzerinde taşıma yapılmaktadır.

Kablolu bantlı konveyör sistemlerinde, tahrik ve malzeme iletim sistemleri ayrıdır. İtici kuvvetler çelik kablolu halatlar ile sağlanır ve malzeme taşıma ünitesi ise kauçuk konveyör banttandır oluşur.

Halat, kasnak üzerinde açılan kanallarla desteklenir ve uzunluğu boyunca düzenli aralıklarla yerleştirilen kasnaklar üzerinde hareket eder. Şekil 2.8.'de kablolu bantlı konveyör tasarımı gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Kablolu bantlı konveyör tasarımı görüntüsü [7].

Borulu Bantlı Konveyör: Borulu konveyör, çeşitli dökme malzeme için kapalı eğri taşıma sisteminden oluşur. Yükleme ve boşaltma noktalarındaki konveyör sistemi geleneksel konveyör bantlar ile benzerdir. Fark, yükleme noktasından sonra başlamaktadır. Bant burada belli bir mesafe boyunca özel rulo düzenlemeleri ile boru şeklinde oluşturulur. Boşaltma noktasında, bant son rulo panelinden sonra otomatik olarak açılır ve malzemeyi bir sonraki hedefe gönderir. Boru şekli nedeniyle bu tip konveyörler, yüksek eğimlerde de yatay ve dikey eğrileri kontrol edebilmektedir. Kapalı taşıma sistemi, taşınan malzemeyi sadece iklim koşulları gibi dış etkilere karşı korumakla kalmaz, beraberinde malzeme kaybını ve dökülmesini önleyerek çevreyi koruma görevini de sağlar. Ayrıca borulu konveyörler, kimya, demir çelik ve madencilik sektörleri de olmak üzere, çimento fabrikası, enerji santralleri ve liman hizmetleri alanlarında da kullanılmaktadır [7].

2.3. BANTLI KONVEYÖRLERİN KULLANILDIĞI YERLER

Bantlı konveyörler sabit ya da hareketli olarak tasarlanabilir. Malzemelerin iletimi haricinde; yükleme tesislerinde, boşaltma alanlarında, malzemenin stoklanmasında ve stoktan alınmasında tercih edilir. Bantlı konveyörlerin sıklıkla kullanıldığı alanlar aşağıdaki gibidir [8]:

Maden Ocakları

Maden ukurlarında ham madde ve cevher üretiminde tesis ekonomisindeki en önemli husus malzeme taşınmasıdır. Malzemenin taşınması maden çukurundan temizleninceye kadar, kırma, eleme, bölme, arıtma, konsantrasyon işlemleri ve atıkların transferi gibi işlemler bulunmaktadır. Daha sonra elde edilen malzeme depolanır ve vagonlara ya da gemiye yüklenir. Günümüzde yüksek kaliteli sentetik ipliğe, özellikle çelik tel bantlara sahip bir ya da daha az sayıda hızlı konveyör kullanarak ara transfer sayısını azaltmak mümkün olmaktadır. Yüksek mukavemetli bantların maliyetinin de yüksek olmasından dolayı maksimum güvenlik yükleri için tercih edilmelidir. Madenlerde kömür, demir cevheri ve diğer hammaddelerin taşınmasında yüksek kaliteli bantlar kullanılmaktadır. Ayrıca, bu tür işletmelerde zorlu çalışma koşulları nedeniyle bantların aşınmasını ve hasar görmesini engellemek için önlemler alınmalıdır. Çünkü bant fiyatları bir konveyör tesisinde maliyetin neredeyse yarısını belirler.

Enerji Santralleri

Günümüzdeki enerji santrallerinde malzemenin stoklanması ve taşınması önem arz eden konuların başındadır. Bantlı konveyörler, kullanım yeri açısından uygun olmayan küçük santraller haricinde, tüm enerji santrallerinde tercih edilmektedir. Bantlı konveyörler, kömürün vagonlardan veya gemilerden bankerlere taşınmasında kullanılan en önemli metottur. Santrallerde, bankerler dışında, kömürü birkaç ay depolamak için bir depolama alanına gereksinim vardır. Ana konveyör ve yan dağıtım konveyörleri ile kömür tesiste kolayca dağıtılabılır, depolanabilir ve bankerlere geri gönderilebilir. Bunlar arasında en çok tercih edilen sistemler yine bantlı konveyörlerdir. Santrallerde kaçınılması gereken, malzeme nakliyesi sırasında oluşan tozdur. Bu nedenle malzeme kapalı bir tünelden taşınmalı ve boşaltma esnasında boşaltma olukları özel seçilmelidir.

Liman Yükleme ve Boşaltma Tesisleri

Maden cevheri, kömür, tahıl vb. büyük tonajlı malzemelerin yükleme ve boşaltma işlerinin mümkün olan en kısa sürede yapılması arzu edilir. Bu nedenle liman işletmelerinde sabit ve hareketli konveyör bantları kullanılmaktadır. Örnek olarak Haydarpaşa Limanı silolarında her biri genişliği 800 mm, uzunluğu 215 m ve kapasitesi 200 t/h olan iki bantlı konveyör sayesinde, gemiye taşıma kapasitesi 400 t/h'dir.

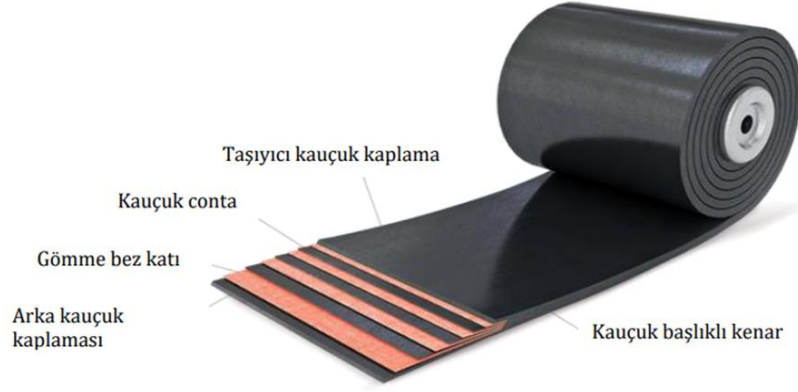
Diğer Kullanım Alanları

Konveyör bantlar, köprü, yol, baraj vs. gibi inşaatların yanı sıra, kazı ve beton hazırlama sahalarında, dökümhanelerde döküm kumunun kalıp makinelerine taşınması, hazırlanması, dağıtılması ve kum hazırlama tesisine geri gönderilmesi için de kullanılır. Aşağıda diğer kullanım alanlarına örneklendirme yapılmıştır [4].

- Cevher hazırlama tesisleri
- Dökümhanelerde kum hazırlama tesisleri
- Termik santraller
- Büyük inşaat tesisleri
- Beton hazırlama tesisleri
- Kimya, kâğıt, çimento ve şeker sanayi
- Tahıl siloları
- Gıda sanayi

2.4. KONVEYÖR BANDIN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

Konveyör bantlar iki ana kısımdan oluşur. Bunlar karkas yapı ve kaplama kauçuğudur. Şekil 2.9.'da konveyör bandın yapısı görülmektedir.



Şekil 2.9. Konveyör bandın yapısı [9].

Malzemeyi taşıyan ana kısım karkas yapısıdır. Bu kısım, bandın ana taşıma gücünü ve taşıma kapasitesini oluşturur. Burada genellikle polyester-poliamid dokuma kord bezi kullanılmaktadır. Bu bezin üst kısmı kauçuk tabaka ile kaplanmıştır. Karkasın dış tarafında bulunan bu kaplama kauçuğu karkası dış etkenlere karşı korur [9].

Karkas yapısında, kayışın istenen özelliklerini karşılamak için dolgu olarak sentetik kauçuk veya polimer malzemeler kullanılır. Bu dolgu karışımlarının kimyasal yapısı değiştirilerek farklı alanlarda kullanılabilen bantlara ulaşılır. Genel amaçlı bantlar -45°C ile +60°C arasında kullanılır. -60°C'de dona mukavim bantlar, +100°C'de ısıya mukavim bantlar ve +200°C'de yüksek sıcaklığa dayanıklı bantlar kullanılabilir.

Konveyör bandın içindeki karkas yapıdan beklenenler aşağıda verilmiştir [5]:

- Yüklü bandın hareket etmesini sağlamak için uygun çekme gerilmesinin olması,
- Yükün konveyör banda olan etkilerinin indirgenmesi,
- Yükün desteklenmesi için gerekli sertliğin sağlanması,
- Uygun birleştirme yöntemi için gerekli mukavemetin sağlanması.

Taşıyıcı bantlar karkas yapısına göre iki grupta incelenir. Bunlar çelik kord yapılı bantlar ve dokuma örgülü bantlardır. TS 547 Konveyör Kayışları Standardında kullanılan malzemeler hakkında özelliklere ulaşılabilir. Karkas malzemesi, pamuk ya da sentetik malzemedan dokunabileceği gibi iplik kord, çelik kord veya çelik sac

olarak karşımıza çıkabilmektedir. Dayanımlarının yüksek olması nedeniyle konveyör bantlarda kapron, naylon, lavsan ve diğer sentetik elyaflar tercih edilmektedir. Karkaslarda kullanılan farklı malzemelere ait özellikler Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir. Sentetik elyafların çekme dayanımı yüksektir, ancak uzama yüzdelerinin fazla olmasından dolayı tek başına kullanılmamaktadır. Bu nedenle, polyester haricindeki sentetik malzemeler sıklıkla pamukla birlikte kullanılır. Pamuk-naylon Pamuk-Rayon kombinasyonları yapılmaktadır.

Çizelge 2.1. Farklı karkas malzemelerine ait özellikler [5].

Malzeme	Piyasa Adı	İplik Çapı [mm]	Kopma Muk. [N/mm]	Uzama [%]	Yoğunluk [gr/cm ³]
Pamuk		0,02	4 - 6	3 - 7	1,54
Suni İpek	Rayon Viskon	0,01 - 0,038	4 - 6	9 - 20	1,50
Polyamide	Naylon Perlon	> 0,007	7 - 9	16 - 28	1,10
Polyester	Dacron Diolen Treviro Terylen Vesten	> 0,007	7,5 - 9,5	11 - 13	1,18
Polyvinyl	Kuralon Vinyol	> 0,007	4 - 8	20 - 25	1,30
Cam iplik		0,007 - 0,01	14,5	2 - 3	2,50
Çelik kord		1 - 5	25	1 - 2	7,80

Bant yapımında yaygın bir şekilde kullanımı olan dokuma malzemeleri aşağıdaki gibidir.

Doğal pamuk: Bant üretiminde uzun süredir kullanılmaktadır. Islandığında artan mukavemet, yüksek nem emilimi gibi olumlu özelliklerinin yanında, düşük boyutsal stabilite ve küften etkilenme gibi özelliklere sahiptir.

Rayon (Suni İpek): Pamuktan biraz daha dayanıklı bir malzemedir ve ıslandıkça gerilme mukavemeti azalır. Kimyasal direnci pamukla aynıdır. Yüksek nem emme özelliğinin yanı sıra düşük boyutsal kararlılık ve küften etkilenme gibi özelliklere sahiptir. Günümüz koşullarında konveyör bant üretiminde kullanılmamaktadır.

Cam yünü: Suni ipek ile karşılaştırıldığında oldukça mukavimdir. Düşük uzaması ve yüksek sıcaklıkların etki ettiği alanlarda kullanımından dolayı üretim hattındaki kullanımı sınırlıdır.

Naylon-Poliamid: Yüksek mukavemet, yüksek uzama, aşınma direnci, yorulma ve darbe gibi özellikleri vardır. Ağırlığının %10'una kadar nemi çekebilir. Buna rağmen düşük kapsamlı stabiliteye ve küflenmeye karşı yüksek dirence sahiptir. Günümüz koşullarında %20 oranında kullanımı mevcuttur.

Polyester: Aşınmaya ve yorulmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Az nem çeker, ancak yüksek boyutsal stabiliteye sahiptir. Küften etkilenmemektedir. 1960'lı yıllardan beri bant dokuması olarak tercih edilmekte olup, günümüz koşullarında bant üretiminde %75 oranında kullanılmaktadır.

Çelik: Yüksek mukavemet ve az uzamanın tercih edildiği alanlarda kullanımı mevcuttur. Yerini çelik kord yapıları karkasa bırakan bu malzeme çok az kullanılmaktadır.

Kevlar: Çelikten iki kat daha dayanıklıdır ve çelik ile polyester arasında uzama özelliklerine sahiptir. Paslanmaz ve çelikten daha hafif bir yapıdadır [5].

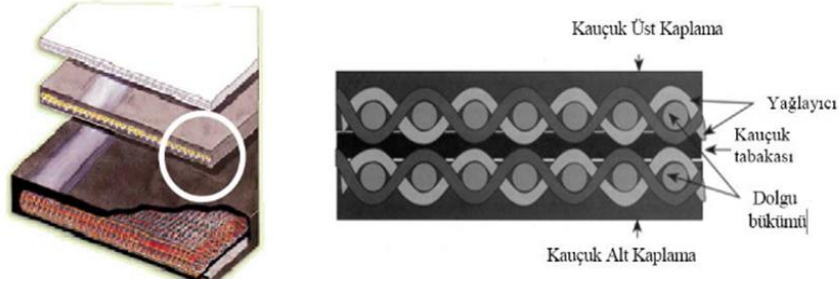
Bant konstrüksiyonları farklı imalat ve ortam koşullarına bağlı olarak birçok şekilde tasarlanabilirler. Bazı bant çeşitleri aşağıda gösterilmektedir:

2.4.1. Karkasına Göre Bantlar

2.4.1.1. Dokuma Örgülü Bantlar

Dokuma örgülü konveyör bantlar, doğal/sentetik dokuların kauçuk/plastik ile emprenye edilmesi ve kauçuk/plastik ile kaplanmasıyla üretilir. Dokuma örgülü bantların plakalar arasındaki üst, alt ve yanlar kauçukla kaplıdır. Bant karkası, konveyör bandının çekme kuvvetini nakleden kısmıdır. Bu karkaslar, tek veya çok

katmanlı dokuların içine tel veya kord yerleştirilerek elde edilir. Şekil 2.10.'da dokuma örgülü bandın katmanları yer almaktadır [4].



Şekil 2. 10. Dokuma örgülü konveyör bandı [4].

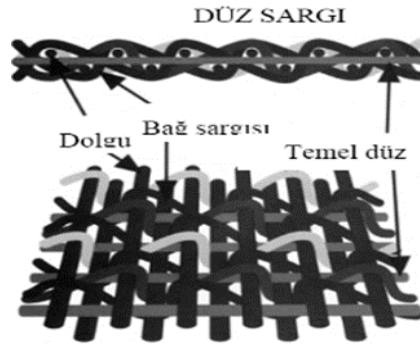
Bandın alt kaplaması, bandın makaralara etki eden kısmında bulunan bant karkasının üzerini örterek koruyan ve aşınmayı önleyen malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kaplama, banda pislik nüfuz etme etkisini azalttığı gibi, tamburdan aldığı itici kuvvetini de karkasa aktarır. Üst kaplama, bandın yük taşıyan yüzünde bulunan, bant karkasının üzerini kaplayan daha kalın ve daha iyi nitelikleri olan kauçuk tabakadır. Kalınlığı takribi olarak 1,5 ile 12 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Koruyucu tabaka, bant karkasının daha fazla korunması gerektiğinde, üst veya alt kapak ile bant karkası arasındaki kaplamaya yerleştirilen seyrek dokulu veya kord yapılı olup, delinmeyi ve yırtılmayı sınırlayan bir ya da birden fazla doku katmanından oluşur. Dokuma tabaka uzunlamasına sargı-ters sargı veya atkı katmanlarına sahip olabilir. Yaygın olarak kullanılan dokuma stili, tek sıra sargılı karkas yapısıdır. İki sıra sargılı teli, yüksek yoğunluklu dökme yüklerin taşınmasında güvenilirlik sağlar. Karkas üstündeki koruyucu katman karkas yapısının zarar görmesini engellemektedir.

Yüksek sıcaklık dayanımı isteniyorsa ilk kat üzerinde ısı yalıtımı sağlayan bir tabaka yer almalıdır. Bandın gücünü içindeki karkas sağlar. Karkastaki dokuma türü ve sayısı, bandın etkisinde kaldığı çekme gerilimini taşımak için yeterli olmalıdır. En yüksek katman sayısı, mukavemet hesaplamasıyla elde edilir. Katman sayısı, bant genişliğine, mukavemetine ve sertliğine bağlı olarak değişir. Sertlik, bandın silindirler üzerinde şekil alma kabiliyetini gösterir. Bant genişliği arttıkça katman sayısı artmalıdır. Oluklu olması tercih edilen bantlarda karkas içindeki dokumaya ait katman sayısını artırmak mümkün değildir, aksi takdirde bant oluk şeklini almayacaktır. Bant genişlikleri için tavsiye edilen katman sayıları Çizelge 2.2.'de gösterilmiştir [4].

Çizelge 2.2. Tekstil dokulu bantlarda katman sayısı [4].

Bant Genişliği [mm]	Minimum / Maksimum Tabaka sayısı	Bant Genişliği [mm]	Minimum / Maksimum Tabaka sayısı
300	2 / 3	1200	2 / 5
400		1400	
500	2 / 5	1600	3 / 5
650		1800	
800		2000	
1000		2500	4 / 5

Bant karkasının temel vazifesi, yüklenen bandı hareket ettirmek için gereken gerilme kuvvetini iletmek ve banda yüklenirken malzemenin aktardığı darbe enerjisini hapsetmektedir. Bir bantlı konveyörün karkas yapısı çoğunlukla sürtünme veya köpük kauçukla birleştirilen dokuma kumaş katmanlarından oluşmaktadır. Bant üretiminde kullanılan en az katman sayısı üçtür ve bu sayı bant genişliğine bağlı olarak 15'e kadar çıkabilmektedir. Bununla beraber karkas ayrıca iç içe geçmiş tek bir lif katmanından oluşabilir. Standart örgü kat, enine ve boyuna ipliklerden oluşur. Boyuna iplikler, uzunlamasına gerilimi taşımaktadır. Enine olanlar ise özellikle ipliklerin bir arada tutulmasını ve genel olarak düzenlenmesini sağlar. Dokuma iplikler aynı bükümlü iplik tipinde olabilirken, enine veya başka bir tür uzunlamasına iplik kullanılabilir. Düz sargılı karkas, temel sargıların bükülmediği yapıdır ve bunlar ana taşıyıcı elemanlardır. Şekil 2.11.'de düz sargılı karkas dokumaya örnek resim görülmektedir.



Şekil 2.11. Düz sargılı karkas dokuma [5].

Bant, boyutsal stabilite ve yük altında kiriş görevi görme yeteneği sağlar. Polyester filament bükümlerinden ve sıkıca dokunmuş bir karkastan, düz sarılı bir karkas yapısından oluşan polyester elyaf sargılarından çok karmaşık bir dokuma elde edilir. Sıkı bir şekilde dokunmuş karkas yapısı Şekil 2.12.'de görülmektedir.



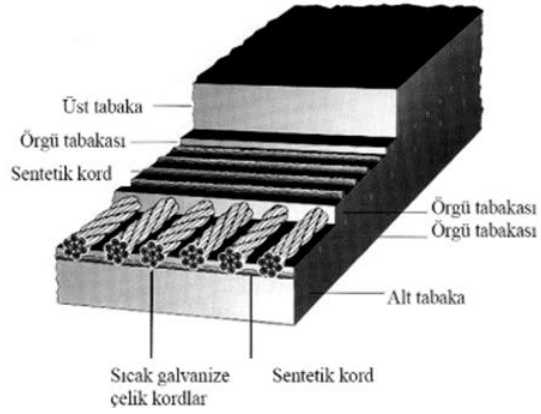
Şekil 2.12. Sıkı dokuma karkas [5].

2.4.1.2. Çelik Saçlı Bantlar

Çelik kordlar yerine ortasında mukavemeti daha yüksek çelik sac bulunan bantlardır. Çelik sac kalınlığı 0,5 ila 1,6 mm, üst kaplama kalınlığı 3 ila 10 mm ve alt kaplama kalınlığı 2 mm'dir. Bu sacların kopma dayanımı yaklaşık 120 kg/mm^2 'dir. Bu bantların kusurlu yönü enine esnekliğinin olmamasıdır. Çelik bantlar kokmaz, soyulmaz ve zarar görmeden soğuk veya sıcak su ile yıkanabilir. Çok temiz bir yapıya sahiptir ve gıda endüstrisinde kullanım için ideal bir banttır. Ayrıca, çıplak çelik bantlar lastik bantlardan daha uygundur [5].

2.4.1.3. Çelik Kordlu Bantlar

Çelik kord yapılı bantlar, çelik ağın kauçukla empenye edilmesi ve kauçukla kaplanmasıyla elde edilen, büyük kütleli malzemelerinin uzun mesafelerde, genellikle yatay veya eğimli olarak bir yerden diğerine taşınmasında kullanılır. Çekme kuvvetlerini lastiğin içine taşımak için çelik tellerden oluşan kordlar yerleştirilir ve daha fazla çekme kuvveti taşıyabilen, daha uzun ömürlü bantlar yapılır. Bant boyunun uzaması ile, yükleme noktasındaki darbelerden kaynaklanan aşınma azalır. Günümüzde dünyanın en uzun bantlı konveyörlerinde çelik kord saclar tercih edilmektedir. Çelik örgü atkılar ve çözümler, çelik kordlardan yapılmış bir ağ şeklinde dokunmaktadır. Çelik kord bantların karakteristik uzamaları 10 güvenlik katsayısı için %0,2 ile %0,5 arasındadır. Şekil 2.13.'de dokuma katmanlarının arasındaki çelik tel halatlı bant gösterilmiştir [5].



Şekil 2.13. Çelik kord karkasından oluşan bant bölümü [5].

Bu bantların diğer bantlara göre avantajları aşağıdaki gibidir:

- Bant boyu daha uzun yapılabilmektedir.
- Uzamanın az olmasından dolayı germe aralığı daha kısa olur.
- Uzun bir bandın ömrü, aynı noktalar arasında uzanan birkaç banttan daha fazladır.

Dokuma bantlar ve çelik bantlar için üst ve alt kaplama kalınlıkları ve uygulama örnekleri aşağıdaki Çizelge 2.3.'de belirtilmiştir. Kaplamanın kalınlığı taşınacak malzemenin partikül boyutuna, aşındırıcılığına ve özgül ağırlığına göre değişmektedir [10].

Çizelge 2.3. Dokuma ve çelik bantlar için kaplama kalınlıkları [10].

	Kullanım alanı	Taşınan Malzeme	Üst Kaplama [mm]	Alt Kaplama [mm]
Dokuma Bantlar	Portatif Bantlar Çuval ve Paket Nakli	İnce ve Hafif Malzeme	2	1
	Nakliyat Bantları	Taş kömürü, Potas, Çakıl, Kum, İnce Cevher	2-4	2
	Nakliyat Bantları Çakıl ve Taş Ocakları	İri kömür, taş, çakıl, Cevher, dekapaj	4-8	2-3
	Makine Bantları Bagger ve Absetzer	İri parçalı taş, cevher, dekapaj	8-16	3-4
Çelik Bantlar	Nakliyat Bantları	Taş kömürü, Potas, Çakıl, Kum, İnce Cevher	4-8	4-6
	Nakliyat Bantları Kömür - Taş Ocakları	İri kömür, taş, çakıl, Cevher, dekapaj	6-12	4-8
	Makine Bantları Bagger ve Absetzer	İri parçalı taş, cevher, dekapaj	10-20	6-10

2.4.2. Kaplamasına Göre Bantlar

Bant kaplamaları, konveyör bandını ve karkaslarını koruyarak bandın bakımına özen göstermek için kullanılmaktadır. Kaplama malzemesi, elastomer (tabii veya suni kauçuk), plastomer (örn. PVC) ve diğer malzemelerden oluşabilmektedir. Rulo tarafı ve taşıyıcı tarafındaki kaplama kalınlıkları yüklere bağlıdır ve her siparişte mutabık kalınmalıdır. 4 mm'ye kadar kaplama kalınlıklarına tolerans -0,2 ila +1 mm ve 4 mm'den fazla olanlara tolerans -0,05 ila +1 mm'dir.

Kaplamalar aşağıdaki nitelikleri sağlamak için kullanılır:

- Sürtünme artışı,
- Eğik çalışmanın sağlanması,
- Temizlenebilmesi,
- Sürtünme katsayısının artırılması,
- İstenilen renklerin sunulması,
- Kesme direncinin sağlanması,
- Yük darbe dayanımının sağlanması.

Kauçuk kaplama, karkas yapısının bozulmasını, mekanik hasarı, taşınan yükün banda zarar vermesini engeller. Ek olarak, üst kısımda yükü taşıyan ek bir koruyucu kauçuk tabaka, silindir ve tambur üzerinde hareket sağlayan alt kısım vardır. Lastik kaplama ise katmanları birbirine bağlayarak karkas bandın dış yüzeyinde meydana gelen mekanik (makaralar üzerinde ezilme, yüklenme bölgesindeki darbe tesirleri...) ve aşındırıcı etkiler ile nem ve sıcaklıktan koruma sağlar. Kaplamalar ayrıca yangına, yağa ve kimyasallara karşı banda ek koruma sağlar.

Bant kaplamasının, nakliyede kullanılacak malzemeye uyan bir sertlik ve kalınlıkta seçilmesi önem arz etmektedir. Bilhassa pamuk bazlı karkasların küf ve kimyasallara bağlı olarak hızla bozulması bu korumaları gerektirir. Kaplama malzemesi olarak polimer tipleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan polivinilklorid, doğal kauçuk, çeşitli sentetik kauçuklar ve üretan malzemeler en çok kullanılan malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Ek olarak, polimer kaplamaların özelliklerinde karıştırılarak iyileştirmeler yapılabilir. Katkı maddesi olarak diğer polimerler,

antioksidanlar, pigmentler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaplamanın kalınlığı, bandın aşınmaya ve tahribata karşı direncini etkileyen bir faktördür. Kalınlıktaki artış, bant imalat maliyeti üzerinde en az etkiye sahip faktördür. Kauçuk bazlı bantların aşınma direnci PICO testi ile belirlenir. En dayanıklı elastomer için en yüksek yenilgi sayısı kullanılır. Örneğin, PICO oranı 135 olan elastomer Kalite I, PICO oranı 100 olan elastomer Kalite II olup, PVC malzemenin PICO oranı 50'dir. Taber aşınma testi, aşınma değeri ile doğrudan ilişkili olduğu için sıklıkla kullanılır. Bandın ortasındaki tüm dokuma katmanlara karkas denir. Kauçuk kaplı bantlar, iç yapısındaki karkas malzemelerin tüm yüzeylerinin elastik bir koruyucu malzeme (kauçuk) ile kaplanmasından meydana gelir [5].

Kauçuk Malzeme Özellikleri

Doğal bir ürün olan kauçuk malzemesinin ham maddesi tropikal ağaçlardan elde edilmektedir. Brezilya'nın kauçuk ağacı (*Hevea brasiliensis*) olarak adlandırılan bu ağaç, amazon ormanlarında yaşayan bir bitkidir. Şekil 2.14.'de kauçuk ağaçlardan toplanan lateks gösterilmektedir. 20-30 m boyunda, yuvarlak gövdeli, Brezilya kauçuk ağacının üstünde toplanan yapraklar, ıslak humuslu topraklarda yetişir. Kauçuk ilk olarak Brezilya'da elde edilmiştir [11].



Şekil 2.14. Lateks toplanması [11].

Yaşam alanlarımızda sürekli kullandığımız, bazıları hayati önem taşıyan malzemelerin tek hammaddesi olarak kauçuk malzemeler kullanılmaktadır. Kauçuklar, oda sıcaklığında amorf yapıdaki, ortam sıcaklığına göre düşük cam geçiş sıcaklığı bulunan, çapraz bağlı olmayan ancak çapraz bağlanma özelliğinde olan, yani vulkanize edilebilen ve nadir olarak çapraz bağlanma yaparak elastomere dönüşen polimerler olarak tanımlanabilmektedir. Kauçuklar, vulkanize olmadan önce yüksek plastik özellikleri taşıırken, vulkanize olduktan sonra yüksek elastik özelliklere sahiptirler. Kauçuk malzemeler, dolaşmış moleküler zincirlerinin uzama özellikleri sebebiyle oda sıcaklığında önemli bir esnekliktedir. Yüksek sıcaklıkta ve deforme edici kuvvet etkisindeyken de kalın sıvı akışı özelliğine sahiptir. Şekillendirilebilirlikleri uygun koşullarda gerçekleşir. Sıcaklık arttığında malzeme akışkanlığı da artar ve termoplastik davranış gösterir. Çapraz bağlanabilirliği vulkanizasyon ile açıklanabilir. Vulkanizasyon, kauçuk malzemelerin yapısında (çapraz bağlanma reaksiyonu) geri dönüşü olmayan elastik özellikler haline gelen kimyasal bir değişiktir. Vulkanize olmadan önce yüksek plastik özellik gösteren malzeme, çapraz bağlama ile yüksek elastik özellik göstermeye başlar.

Kauçuğun Tarihi Gelişimi

Avrupalılar, Kristof Kolomb'un 1493-1496 yılları arasında Amerika'ya yaptığı ikinci gezi sırasında kauçuğa rastlamışlardır. 19. yüzyıldaki üç önemli olay, doğal kauçuğun tarihini değiştirmiş olup, bu olaylarla birlikte kauçuk endüstrisindeki gelişim süreci başlamıştır. 1820'de İngiliz Thomas Hancock, kauçuğun kırılma sürecini keşfederek kauçuk malzemeyi yumuşatmış ve dolgu maddelerinin karıştırılmasını kolaylaştırmıştır. 1823'te Mackintosh, su geçirmez giysiler yapmak için bazı yöntemler denemiştir. Bununla birlikte, kauçuk malzeme güneş ışığı altında yumuşadığı ve soğukta sertleştiği için yaygın olarak kullanılmamıştır. Charles Goodyear 1839'da vulkanizasyonu keşfettiğinde bu sorun kaybolmuştur. Goodyear, kükürt kullanılarak kauçuk malzemelerin çapraz bağlanabileceğini keşfettikten sonra, birçok endüstriyel ürüne uygun özelliklerde malzemeler meydana getirmiştir. Yapay kauçuklar 1930'larda geliştirilmiştir. Japonya, İkinci Dünya Savaşı'nda Güneydoğu Asya'yı işgal ettikten sonra doğal kauçuk elde etmekte güçlük çeken Almanya, Amerika'yı ve müttefiklerini doğal kauçuğa alternatif olacak yapay kauçuk çeşitlerini

aramaya teşvik etmiştir. 1948'de Bütadien ve Stiren +5, -10 ve bu sıcaklıklardan daha düşük derecelerde kopolimerize edilebilmiştir [12].

Konveyör bant kullanımında yer alan kauçuk malzemelerin özellikleri aşağıdaki Çizelge 2.4.'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Bantlardaki kauçuk malzemelerin özellikleri [2].

Kısa sembol (ASTM D 1418-79)	Yaygın kullanılan adı	Bileşimi	Genel özellikleri
NR	Doğal	Isopren	Aşınma, kesilme ve delinme dayanımı mükemmel. Yağlı ortamlarda çalışılmamalı.
SBR	SBR	Styrene-butadiene	Aşınmaya dayanım mükemmel, kesilme, delinme, yırtılma, ısıya dayanım iyi. Yağlı ortamlarda çalışılmamalı.
EPDM	Etilen-Propilen kauçuk	Ethylene-propylene diene terpolymer	Yaşlanma ve ısıya dayanım mükemmel, Aşınma dayanımı iyi.
CR	Neopren	Chloropren	Aşınmaya, güneş ve alev dayanım iyi. Petrol bazlı yağlarla çalışılabilir.
NBR	Buna N	Nitrile-butadiene	Bitkisel, hayvansal ve petrol kökenli yağlarla mükemmel çalışabilir.
IR	Poliizopren	Isoprene, sentetik	Doğal kauçuk ile özellikleri aynı.
BR	Polibütadien	Polybutadiene	Aşınma dayanımı ve esneklik mükemmel. Düşük ısıda kullanılabilir.
IIR	Butil	Isobutylene-isoprene	Yüksek ısıya mükemmel dayanım. Yaşlanmaya çok iyi dayanım. Aşınmaya iyi dayanım.

Kauçuk Bandın Özellikleri ve Yapısı

Bant, malzemenin hareketi için gereken çekme kuvvetine, malzemenin mekanik ve aşınma etkisine, neme ve sıcaklığa mukavim olmalıdır. Bant ayrıca, malzemenin yükleme bölgesindeki etkisine, rulolara yaşlanma ve kaskalar üzerine sarılma nedeniyle bükülmeye ve merkezkaç kuvvetinin etkisi altına maruz kalmaktadır.

Hatasız bir çalışma için, bir konveyör bandının aşağıdaki özelliklerde olması gerekir:

- Daha az nem emme,
- Yüksek mukavemet,
- Düşük özgül ağırlık,
- Daha az uzama,

- Tamburlarda sarma ve oluklanmanın neden olduğu bükölme etkilerine karşı direnç,
- Eğrilik değışikliklerinden kaynaklanan alternatif gerilmelere karşı direnç,
- Malzemenin aşındırıcı etkilerine karşı direnç ve uzun ömür,
- Darbelere karşı iyi direnç,
- Düşük ağırlık ve uzamada yüksek enine ve boyuna elastikiyet,
- Kimyasal bileşenlerden etkilenmeme.

Orta derecede mukavemeti olan pamuk ya da naylon gibi sentetik malzemenin yapılmış birkaç kat dokumaya sahip elastik bantlar, yukarıda yer alan koşulları en iyi şekilde karşıladıkları için geniş bir uygulama alanı sahip olmuşlardır.

Kaplamasına göre bantlar 4 ana başlıkta incelenebilmektedir.

2.4.2.1. Aşınmaya Dayanıklı Bantlar

Genellikle darbelere, aşınmaya, ozona ve oksijene dayanıklı doğal kauçuk esaslı bantlardır. Yağ, alkali ve asidik koşullarda kullanılmaz. Kaba parçalı ve aşındırıcı malzemeleri zorlu çalışma koşullarında taşımak için kullanılır. Çalışma sıcaklığı en fazla 70°C'dir. Sıklıkla kullanılan yerler; çimento fabrikası, liman, taş ocağı, karayolları, enerji tesisleri, şeker fabrikaları, kâğıt fabrikaları, kömür madenleri ve demir çelik fabrikalarıdır.

2.4.2.2. Alev Dayanıklı Bantlar

Kauçuk esaslı bir kaplama olan kloropren yanmaya karşı dayanıklıdır. Aşınmaya dayanıklı bantlara kıyasla zorlu çevre koşullarına uyumludurlar. Çalışma sıcaklığı en fazla 100°C'dir ve genellikle yeraltı madenlerinde kullanılır.

2.4.2.3. Isıya Dayanıklı Bantlar

Genellikle etilen propilen dien monomer (EPDM) kauçuktan üretilir. Sıcak malzemeleri taşımak için kullanılır. Taşınabilen malzemenin sıcaklığı 100-400°C'dir.

Asit, oksijen, su ve ozona dayanıklıdır. Sıklıkla kullanılan yerler; tuğla fabrikaları, dökümhaneler, demir çelik fabrikaları, çimento fabrikaları ve kireç ocaklarıdır.

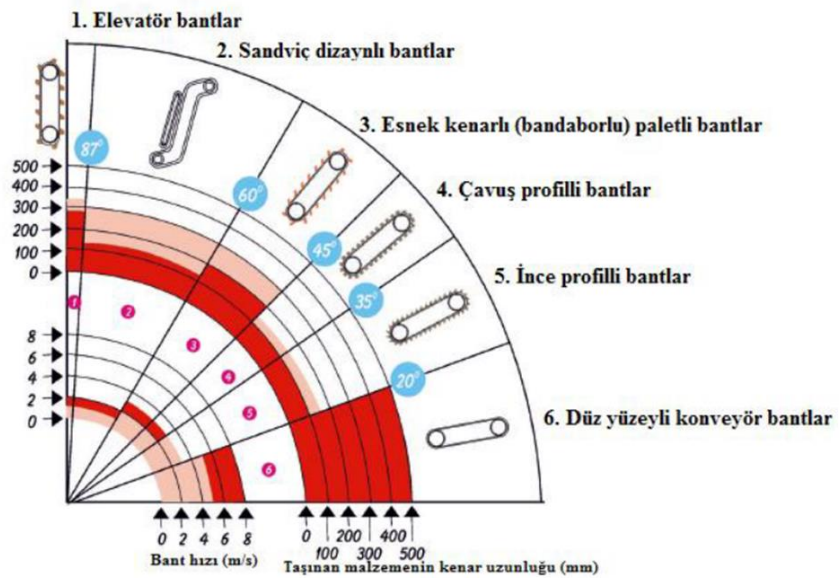
2.4.2.4. Yağa Dayanıklı Bantlar

Nitril kauçuk bazlıdır. Gres, yağ, asit, aromatik ve alifatik hidrokarbonlara karşı dayanıklıdır. Çalışma sıcaklığı en fazla 90°C'dir. Genellikle cam ve gübre fabrikalarında kullanılır.

2.5. TIRMANMA AÇISINA GÖRE BANTLAR

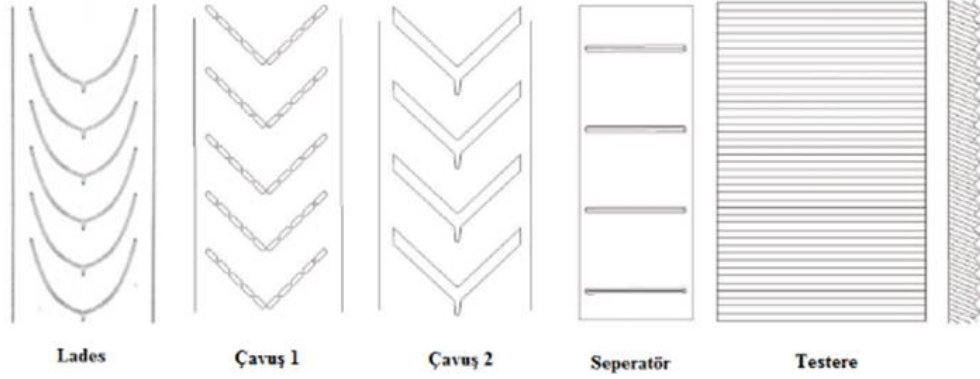
Tırmanma açısına göre bant tipleri aşağıdaki gibidir [13].

- Yüzeyi düz olan konveyör bantlar: 20°'ye kadar,
- Profili ince bantlar: 20-35° arası,
- Çavuş profilli bantlar: 35-45° arası,
- Paletli esnek kenarlı bantlar: 45-60° arası,
- Sandviç tasarımlı bantlar: 60-87° arası,
- Elevatör bantlar: 87-90° arası.



Şekil 2.15. Tırmanma açısına göre konveyör bant tipleri [13].

Bu üç sınıflandırmanın haricinde konveyör bantların yüzey profillerine göre ayrılması da mümkündür. Konveyör bantların üst yüzeyi düzgün olabilir veya kullanıma bağlı olarak farklı bir desene sahip olabilir. Yüzey profiline göre bant tipleri Şekil 2.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Yüzey profiline göre konveyör bant tipleri [13].

2.6. BANDIN ORTADAN SEVKİ

Konveyör bantlarda bant ekseninin konveyör ekseninde kalması önemlidir. Kayışın yana bırakılması malzeme dökülmesine ve kayışın hasar görmesine neden olur. Kayışın düz makaralar üzerinde ortalanması kolaydır; ancak üçlü taşıyıcı makaralı konveyörlerde, hareketli bir kayış daha yükseğe çıkacağı için kayışın daha yüksek yan makaralara kaçma olasılığı vardır.

Aşağıdaki noktalar bandın yana doğru akma olasılığını artırır:

- Eğim açısının arttırılması,
- Silindirler arasında çok fazla mesafe,
- Kaygan yataklı makaralar,
- Bandın sert olması nedeniyle orta makaraya sığmaması,
- Bandın tam ortadan yüklü olmaması,
- Yüksek bant hızının olması,
- Bandın makaraya uygun bir şekilde oturmaması,
- Silindirlerin ve tamburların sıkışması ve zor dönüşü,

- Eklem yerlerinin düzgün yapılmaması,
- Konveyör eksenine makara ve tamburların dik olarak yerleştirilmemesi,
- Bant şasisinin eksik yönü ve hizalanması,
- Açık konveyörlerde rüzgâr etkisi.

Bandın ortadan taşınması için alınması gereken yapısal tedbirler aşağıdaki gibidir:

- 1,50 ile 30 arasında eğimli yan silindirlerin kayış hareket yönüne yerleştirilmesi gerekmektedir.
- Bombeli baş ve kuyruk tamburları kullanılmalıdır.
- Sabit kılavuz makaralar kullanılmalıdır. Yan kılavuzlar, kayış çerçevesinin kenarına sabitlenir ve kayışın yanal hareketini sınırlayarak kayışın kenarına temas eder. Uzun bantlı konveyörlerde kullanılmamalıdır, çünkü bant kenarlarında aşınmaya neden olur.
- Kılavuz silindir düzeneklerini kullanmak gerekmektedir.

Dökme ve parça malzemelerin bir kayış üzerinden bir yerden diğerine sürekli iletimi bantlı konveyörler, endüstrinin hemen hemen tüm alanlarında geniş uygulama alanı bulmuştur. Taşınan malzemeler, kömür veya kömür gibi parçaların yanı sıra toz halinde kuru veya ıslak olabilir. Çalışma sıcaklığı normal bantlı konveyörler için 100-150°C, özel sentetik bantlı konveyörler için 150°C'dir. Bu çeşitlilik, konveyör sistemlerinde farklı yapılardaki kayışların geliştirilmesine ve kullanılmasına yol açmıştır.

2.7. BANT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Bantlı konveyörlerde taşıyıcı bant, tesisin en önemli maliyet unsurlarındandır. Ek olarak, bütün tesisin operasyonel güvenliği, taşıyıcı bandın gücü ile yakından ilgilidir. Bu nedenle taşıyıcı bandın ömrünün uzun olması ve üzerine etki eden her türlü kuvveti güvenle taşıyabilmesi gerekir.

Banda $(F_1)_{\max}$ etki eden maksimum kuvvet, geometrik sarma açısı tam olarak kullanıldığında ortaya çıkar. Buna göre bandın uyguladığı çekme kuvveti $F \cdot k_{\max} = F'$ 'dir.

Standart yükleme koşullarında ihtiyaç duyulan çekme kuvveti F , tesisin ömrü boyunca stabil gitmemektedir. Tesis ömrünü tamamladıkça silindir sürtünmesi artar ve bazı silindirler sıkışır veya bükülür. Öngörülemeyen sürtünme kaynakları ortaya çıkar. İşyerinde fiili çalışma koşullarında bandı gererken "k" gibi bir güvenlik faktörüne uyulması zor görünmektedir. Bant ömrünü azaltacağı düşünülmeden bandı aşırı gerdirmek bazı problemlerden kurtulmak için tercih edilen yoldur.

Bant dayanımının hesaplanmasına esas olarak sadece $(F_1)_{\max}$ alınması, tesisin işletme güvenliği ve ekonomisi yönünden yetersiz olacaktır. Kayış özelliklerinin belirlenmesine ilişkin mukavemet hesaplamalarında "k" katsayısını içeren ancak bu katsayıdan çok daha büyük bir güvenlik faktörüne ihtiyaç bulunmaktadır. Bant kopma emniyet faktörü olarak adlandırılan bu katsayı "ζ" ile gösterilmiştir. Motorun aşırı yüklenme özelliği, aşırı gerdirmeye kuvvetleri, sıkıştırma ve eskime nedeniyle rulolarda oluşan ek dirençler, eskime sebebiyle kayıştaki mukavemetin azalması, eğilme nedeniyle kayış katmanlarında meydana gelen aşırı gerdirmeye kuvvetleri, kayışın üzerinden geçerken bağlantı noktalarının maruz kaldığı etkiler rulo, tambur ve yükleme - boşaltma bölgelerinde meydana gelen tesadüfi etkileri dikkate alınacaktır. Buna göre mukavemet hesabındaki kuvvet $\zeta \cdot (F_1)_{\max}$ olacaktır.

Yukarıda yer alan açıklamalar doğrultusunda; bant malzemesi $(F_1)_{\max}$, ζ, güvenlik faktörü ile kuvvetini taşıyacak kadar güçlü olmalıdır. $(F_1)_{\max}$ geometrik sarma açısı ile F_{\max} üretilirken oluşan F_1 kuvveti, yani $(F_1) k > 1$ 'dir. Bu nedenle $(F_1)_{\max}$, kayma emniyetini de göz önüne alan bir miktardır. Motorun aşırı yüklenme özelliği ve buna göre sağlanan kayma güvenliği "ζ" de mevcuttur. Bu durumda, "ζ" kopma emniyet faktörünü "k" kayma emniyet faktörü ile azaltmak gerekir. $(F_1)_{\max}$, k emniyet faktörü ile aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır. (2.1., 2.2.)

$$k = \frac{(F_1)_{k>1}}{(F_1)_{k=1}} \quad (2.1)$$

olduğundan,

$$(F_1)_{max.} \frac{\zeta}{k} = \frac{(F_1)_{k>1}}{k} \cdot \zeta = (F_1)_{k=1} \cdot \zeta \quad (2.2.)$$

olur.

Taşıyıcı bandın mukavemetini belirleyen ilk faktör, yapıldığı malzemenin mukavemetidir. Taşıyıcı bant ile etkileşime giren kuvvetler göz önüne alındığında ekonomik olarak bant malzemesinin hangi tip seçilmesi gerektiği aşağıdaki Çizelge 2.5.'de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Banda etkiyen kuvvete göre önerilen bant malzemesi [10].

Banda etkiyen Kuvvet [Kp/m] $(F_1)_{k=1} \cdot \zeta$	Önerilen Bant Malzemesi
1500 - 4000	Pamuk Dokuma
5000 - 12500	Yapay Elyaf Dokuma
10000 - 63000	Çelik Özlü

Taşıyıcı bandın mukavemetini belirleyen diğer bir faktör, bant kalınlığı veya katman sayısıdır. Katman sayısı, seçilecek bandın özelliklerine göre üç farklı şekilde hesaplanır.

- Pamuk dokuma bantlarda katman sayısı hesabı:

Bu tip bantları seçerken kabul gören güvenlik faktörleri aşağıdaki Çizelge 2.6.'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Tabaka sayısına göre güvenlik faktörleri [10].

Tabaka Sayısı	3 - 5	6 - 9	10 - 14
Kopma Güvenlik Katsayısı ζ	11	12	13

Bu emniyet faktörü ile “ $(F_1)_{k=1} \cdot \zeta$ ” hesaplama yapıldıktan sonra katman sayısı "z " aşağıda yer alan formüle göre hesaplanır. (2.3.)

$$z = \frac{(F_1)_{k=1} \cdot \zeta}{B \cdot \sigma_k} \quad (2.3)$$

Formülde yer alan " σ " ifadesi [kp/cm/tabaka] birimi ile bir santimetre genişliğindeki bir bant tabakasının kopma dayanımını ifade eder.

- Yapay elyafli bantlarda katman sayısı hesabı:

Bu tip bantlarda katman sayısına bakılmaksızın, kırılma güvenliği faktörü " $\zeta = 9.8$ " alınır. Bununla birlikte, önceki denkleme göre hesaplanan katman sayısından bir tane daha seçilir. Buna göre yukarıdaki ifade aşağıdaki formüle dönüşür. (2.4.)

$$z = \frac{(F_1)_{k=1} \cdot \zeta}{B \cdot \sigma_k} + 1 \quad (2.4)$$

- Çelik telli bant seçimi:

Çelik tel bantlar için katman hesaplaması yapılmaz. Aşağıdaki formülle hesaplanan " σ_k " için uygun güçte bir bant seçilir. (2.5.) Kopma güvenlik faktörü bu tip bantlarda da " $\zeta = 9.8$ " dir [10].

$$\sigma_k = \frac{(F_1)_{k=1} \cdot \zeta}{B} \quad (2.5)$$

2.8. BANTLI KONVEYÖRLERLE NAKLİYAT SİSTEM ALTERNATİFLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bantlı konveyör sistemi, sürtünme kuvveti yardımıyla iki tambur arasına gerilmiş sonsuz kayışın hareket ettirilmesi prensibine dayanmaktadır. Malzemeyi ileten bant farklı farklı malzemelerden yapılmış olup, dayanıklılığı ve kullanımına göre nakliye ekonomisine etkisi değişmektedir. Bantlı konveyör taşımacılığının olanaklarının incelenmesi sonucunda dünya üzerinde yaygın olan ve ekonomik yönleri tartışılan üç tip konveyör bant sistemi tespit edilmiştir:

- Klasik tekstil bantlı konveyörler

- Çelik telli kord bantlı konveyörler
- Halatlı bant konveyörler

Bantlı konveyör sistemlerinde işletme maliyetlerini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bantlı konveyörlerin ekonomik olup olmadığına net olarak karar verilebilmesi için ilk yatırım ve işletme dönemi giderleri teferruatlı olarak incelenmelidir.

Ancak sistem seçimini hızlandırmak ve ekonomik olup olmadığı konusunda ön bilgi elde etmek amacıyla bu konu ile ilgili yayınlanan rapor ve makaleler değerlendirilerek bantlı konveyör sistemleri ekonomik ve teknik olarak karşılaştırılmaktadır.

Ekonomik Karşılaştırma

Taşıma mesafesi en az seviyeye getirilerek tahrik istasyonu, tambur tertibatları ve gerdirme ekipmanını azaltılacağından, ilk yatırım, işçilik ve enerji maliyetleri önemli ölçüde azaltılır. Takılacak tek tahrikli kademenin uzunluğu, kayışın yapısına ve tahrik tipine göre farklılık gösterir. Klasik tekstil kayışları ile 1-2 km'ye kadar, çelik kord kayışları ile 4 km'ye kadar ve halat kayışları ile 16 km'ye kadar tek aşamada taşıma yapmak mümkündür. Çelik kord bantlı konveyörlerin ilk yatırım maliyetlerinin konvansiyonel tekstil bantlı konveyörlere göre yaklaşık %40, halat bantlı konveyörlere göre %20 daha pahalı olduğu belirlenmiştir.

Hareketli parçaların ağırlığı ve sürtünmesi daha az olduğundan (malzeme tek adımda uzun mesafelerde taşınabildiğinden) halat bantlı konveyörlerde enerji tüketim maliyetleri klasik konveyörlere göre %30-40 daha düşüktür.

Çelik kord bantlı konveyörlerde yüksek çekme kuvvetleri, geleneksel kayışlara kıyasla birim ağırlığı daha az olan ince çelik kayışlarla taşındığından, enerji maliyetleri %10-15 daha düşüktür.

- Aralarında fazla bir fark olmamasına rağmen, halat bantlı konveyörler onarım ve bakım açısından en ekonomik olanlardır. Boyuna çelik kord bantlarında ani

ve aşırı yük altında kopmalar olduğunda tamir-bakım maliyetleri klasik kayışlara göre daha yüksektir.

- Bantlı konveyörlerin uzun mesafeleri tek bir aşamada taşıma kabiliyeti ile yedekli transfer noktaları ortadan kalktığı için işçilere olan ihtiyaç da azaltılır. Dolayısıyla işçilik açısından en ekonomik sistem halatlı bantlardır. İkincisi çelik kord bantlarıdır. İşçilere en büyük ihtiyaç klasik tekstil bantlı konveyörlerdedir.

Teknik Karşılaştırma

Kayışın halat sistemindeki silindirlerin üzerinden geçmemesi nedeniyle malzeme kayıştan hafifçe dökülme eğilimindedir, ancak titreşim daha az olduğu için kayış boyunca toz oluşumu diğer sistemlere göre daha azdır. Azaltılmış transfer noktaları da daha az toz oluşumuna neden olur. Çelik kord kayış sisteminde, klasik tekstil kayışlarına göre toz daha az meydana gelir.

- Bantlı konveyör tesislerindeki gürültüye sebep olan etmenler genellikle taşıyıcı ve geri dönüş silindiri gruplarından ve tahrik ünitelerinin seslerinden oluşur. Sayılarında bir azalma varsa, gürültüde bir azalma olur. Bu durumda en iyi sistem halatlı bant, ikincisi çelik kordlu bantlı konveyörlerdir. Klasik tekstil bantları en çok gürültüyü çıkarır.
- Bantların bağlanma kolaylığı açısından en iyileri halatlı bantlarıdır. Sürüş gerilimi banda verilmediğinden düşük gerilimli eklemeler yapılır. Karkas yapısı çelik kablolu bantlarda tek katmanlı olduğundan, bunların bağlanması klasik bantlardan daha kolaydır.
- Halat kayışları tekne kabiliyeti açısından çok güvenilir değildir. Yapılarındaki enine donatı telleri ve yanlardan halatlı tahrik nedeniyle diğer sistemlere kıyasla iyi bir tekneleşme elde edilemez. Klasik tekstil ve çelik kord kayışları malzemeyi istenilen kapasitede güvenle taşıyabilir.

- Yüksek gerilimli klasik ve elik kordlu kayış sistemleri, farklı yük ve virajlarda (yatay ve dikey) zor bir ortamda tutulur. İp bantlarında ise ip ile bandın bağlantısı serbest olduğu için ancak makaraların konumları değiştirilerek ayarlanabilir [14].

BÖLÜM 3

BANT BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Uzun mesafelerde ve yüksek kapasitelerde çalışan bantlı konveyörlerin en zayıf noktaları eklemlerdir. Bantların uzun ömürlü kullanımı için kaliteli ve doğru uygulanmış ek yerleri önem arz etmektedir. Konveyör bantlarında en maliyetli bileşen bandın kendisidir. Sistemin doğru çalışması güvenilirlik için önemlidir.

Konveyörün çalışması esnasında bant birçok değişen yüke maruz kalmaktadır. Konveyör hattı boyunca, yükleme ve boşaltma döngüsündeyken taşınan malzemeler bant kapakları, silindir tertibatları ve temizleme sistemlerinde aşınma meydana getirir. Kauçuk ve bantta meydana gelen aşınmadaki bir diğer faktör ise çevresel koşullardır. Bahsi geçen tüm faktörler bandın doğal aşınma ve yıpranmasına neden olur. Aşınma süreci, çalışma koşullarına ve bu koşullara uygun bant seçimine bağlı olarak değişmektedir.

Bant aşınması, aynı zamanda çalışma koşullarına uyulmasından da etkilenmektedir. Aşınmanın önlenmesi için, konveyörün kullanım şartlarını takip etmek (özellikle, bandın konveyörün eksenine boyunca yüklenmesi, aşırı yüklenmemesi, yeterli başlangıç gerginliğinin sağlanması) gerekmektedir.

Eklem yerlerinin mukavemeti, kullanılan birleştirme yöntemine ve eklenen parçanın kalitesine bağlıdır. En iyi mukavemet ve dayanıklılığı sağlamak için vulkanizasyon yöntemi ile bant birleştirme veya sıcak-soğuk yapıştırma en uygun çözümdür [15].

Günümüzde kauçuk konveyör bantların birleştirme işleminde mekanik birleştirme (ekleme) yöntemi, soğuk birleştirme yöntemi ve sıcak birleştirme (vulkanizasyon) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu bantların çekme dayanımı %100 ise, bu değer mekanik ek ile sabitlendiği zaman %35-45'e, soğuk birleştirme ile sabitlendiği zaman

%65-75'e, vulkanizasyon ile yapıştırıldığı zaman %75-80'e düşmektedir. Görüldüğü üzere bandın en zayıf noktası birleşme noktalarıdır [10].

Vulkanizasyon ve mekanik ekleme yöntemleri tüm dünyada uygulanan, özellikle Kuzey Amerika'da bandın mekanik olarak eklenmesi, Kuzey Amerika dışında ise vulkanizasyon daha yaygındır.

3.1. VULKANİZASYON

Vulkanizasyon, kauçuğun ısı ve basınç altında katkı maddeleri ile birleştirilmesiyle ham kauçuğun sertleştirilmesi (kürlenmesi) işlemidir. Mukavemet üstünlüğü, hizmet ömrünün daha uzun olması ve çalışma koşullarının daha temiz olması nedeniyle genellikle bant birleştirme için tercih edilen yöntemdir. Vulkanize eklemeler, maksimum bant geriliminin uygulanmasına izin verdikleri için tamburdan banda daha iyi çekiş sağlar. Vulkanize bir bant eki, iç dokuma, örgü, dikiş, kaynak veya diğer bir mekanik bağ içermemektedir. Bant ekinin germe elemanları, dokuma katlar veya çelik kordonlar birbirine dokunmadığından, bant eki yalnızca kauçuğun karkas veya çelik kordonlara yapışmasına bağlıdır. Adezyon, bir ara kauçuk veya bağlantı kauçuğu, montaj kauçuğu veya tutkal adı verilen kauçuk benzeri bir malzeme kullanılarak sağlanır [16].

3.1.1. Sıcak Vulkanizasyon

Konveyör bantlarda en iyi ekleme yöntemi, iyi bir makine ve nitelikli personel ile uygun koşullarda sıcak vulkanizasyon işlemidir. Şekil 3.1.'de vulkanizasyon işlemi yapılan konveyör bandı görülmektedir. Uzun montaj süresi, uygun hava ve çevre koşullarının her zaman olmaması sıcak vulkanizasyon işleminin en büyük dezavantajlarıdır. Durdurulamayan sürekli prosesler için uygun bir yöntem değildir [13].

Yeraltı madenciliğinde geniş bir kullanım alanı bulamayan sıcak vulkanizasyon yöntemi 4-5 saatlik bir sürede gerçekleştirilir. Kullanılan yapıştırıcıların tutuşma sıcaklıkları fazlaca düşük olup, bu yöntem büyük ve ağır elektrikli ısıtıcılar gerektirir.

Sıcak vulkanizasyon (yapıştırma) yöntemi, bu dezavantajların çok fazla önem arz etmemesi nedeniyle bağlantının yüksek kalitesinden dolayı açık işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır [10].

Sıcak vulkanizasyonda, bandın katmanları merdiven basamağı veya parmak şeklinde soyulur, tutkal ve kauçukla üst üste bindirilir. Daha sonra, bandı vulkanize etmek için ısıtılmış bir pres/ocak, ısı ve basınç uygulanır.

Bu pres, tüm yüzeylere sürekli olarak basınç uygular. Banda bağlı olarak basınç 34 ile 1200 kPa arasında değişebilmektedir. Pişirme sıcaklıkları, bant tipine ve kauçuk bileşimine bağlı olarak 120-200 °C arasında, sertleşme için gerekli süre, bant kalınlığına ve bileşimine bağlı olarak değişmektedir. Bant üreticileri normalde ekleme kılavuzlarına süre ve sıcaklık tablolarına ekler.

Vulkanizasyon, yani pişme işlemi bittiğinde, ortaya çıkan ek yerinde herhangi bir noksanlık olup olmadığı incelenmelidir. Ek yerinin banttan, sıyrıcılardan ve diğer konveyör elemanlarından geçerken performansını artırmak için ek yerindeki fazla kauçuğu zımparalamak yaygın bir uygulamadır [16].



Şekil 3.1. Pres kullanılarak sıcak vulkanizasyon ile ekleme yapılan konveyör bandı [9].

3.1.2. Soğuk Vulkanizasyon

Soğuk vulkanize yapıştırıcılar, soğuk vulkanizasyon ile konveyör bantların yapıştırma işleminde kullanılmaktadır. Bu yapıştırıcılar ile ısıtma aparatına ihtiyaç duymadan bandın kullanıldığı çalışma koşullarında ekleme ve onarım işlemleri gerçekleştirilir. Soğuk vulkanize yapıştırıcılar konveyör bantların yapıştırılmasında, tamirinde, ayrıca bandobar ve paletlerin yapıştırılmasında, tambur kaplama ve diğer birçok kauçuk yapıştırma işlemlerinde tercih edilmekte, sıcak vulkanizasyona alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır [13].

Soğuk yapıştırma sırasında, bandın uçları, bant eksenine 20°'lik bir açı yaparak çapraz kesilir. Bu esnada bandın dokuma katmanları meydana çıkar ve bunlarla kademeli bir yapı oluşturulur. Bu kademenin basamak üstleri güzel bir şekilde temizlendikten sonra üç kez yapıştırıcı solüsyon sürülür. Son katın iyice kurumaması ile yapıştırılacak bandın uçları birbirinin üstüne konular ve bir saat basınç altında bekletilir. Soğuk yapıştırma için gereken süre, harcanan iş gücü ve sonuçta meydana gelen bant kayıpları, sıcak yapıştırma ile aynıdır. Ancak bağlantı kalitesi sıcak yapıştırmaya göre daha kötüdür. Bu sebeple soğuk yapıştırma çok fazla kullanılan bir yöntem değildir. Şekil 3.2.'de soğuk vulkanizasyon işlemine örnek resim gösterilmektedir.

Sıcak vulkanizasyon işleminde bandın her iki ucu soğuk yapıştırmada olduğu gibi kesilir, üç kez yapışkan solüsyon uygulanarak temizlenir ve kurumaya bırakılır. Yapıştırılacak parçalar üst üste bindirildikten sonra bu parça 140-150°C'de 60 dakika boyunca plakalar arasında sıkıştırılır. En sağlam, mukavim ve güvenli bağlantı bu şekilde sağlanır [10].



Şekil 3.2. Konveyör bantların soğuk vulkanizasyon ile eklenmesi [10].

3.1.3. Vulkanizasyonun Avantajları

Vulkanize bant eki daha pahalı ve yapılışı uzun sürmesine rağmen, genellikle mükemmel bir yatırımdır. Yüksek seviyelerde bant gerilimine dayanabilen güçlü bir ek yeri sağlar. Tanınmış firmalar tarafından yapılan bant ekleri yüksek kaliteli malzeme-işçilik içerir ve genellikle garantilidir. Vulkanize bant eki, içinden malzeme geçme olasılığı olmaksızın sonsuz bir parçaya kimyasal olarak bağlandığından kaçak malzeme kontrolü yönünden tercih edilen birleştirme yöntemidir. Düzgün yapılmış bir vulkanize ek yeri, kauçuk yan kenar, silindir makaralar, bant destek yapıları veya bant temizleyicileri ile etkileşime girmez.

Soğuk vulkanizasyon, sıcak vulkanizasyona kıyasla bazı avantajlar sunar. Hiçbir ısıtma kaynağı veya pres gerektirmez, Ekipmanın taşınması kolaydır ve özel hiçbir elektrik gerekmez. Bu nedenle, soğuk vulkanize bant ekleri, erişimin zor ve gücün mevcut olmadığı en uzak sahalarda dahi gerçekleştirilebilir. Yalnızca küçük el aletleri gereklidir, bu nedenle, ekleme ekipmanını satın alma ve koruma maliyeti düşüktür.

Sıcak ve soğuk vulkanize bant eklerinde, bandı hazırlamak ve birleştirme sürecini tamamlamak hemen hemen aynı süreyi alır; bununla birlikte, soğuk bant eki, yapıştırıcı bağın uzun kür süresi nedeniyle sıcak vulkanizasyondan daha fazla duruş süresi gerektirebilir.

3.1.4. Vulkanize Bant Eklerinin Dezavantajları

Vulkanizasyonun göz önünde bulundurulması gereken dezavantajları, mekanik eklemeye karşılaştırıldığında yüksek başlangıç maliyeti ve bant ekini gerçekleştirmek için gerekli sürenin uzunluğudur. Hem sıcak vulkanizasyon hem de soğuk kimyasal bağlama için bantı hazırlamak amacıyla katmanların soyulması zor olabilir. Bir konveyörün tesise hazır hale getirilmesi için, ısıtılmış ve bitmiş eklem yerinin kavramasına izin verecek kadar hazırlanıp soğumasına kadar 24 saatten fazla bir süre geçebilir veya soğuk kimyasal bağın sertleşmesi için bu süre daha uzun olabilir.

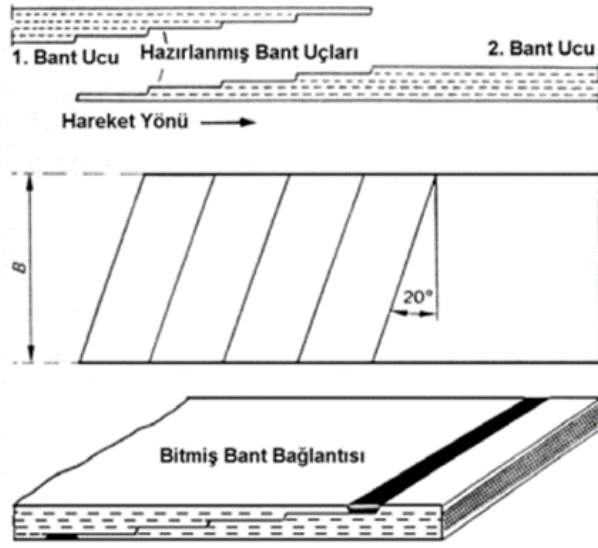
Vulkanize eklemenin tamamlanması için geçen bu süre özellikle acil bir tamirin gerekli olduğu durumlarda bir dış ekip ve ekipmanın kiralanarak sahaya getirilmesi ile tesiste duruş verilmesinden dolayı maliyetleri artırmaktadır. Zaman ve maliyet baskıları nedeniyle, vulkanize bant ekleri, konveyör uzunluğunun sıkça uzatıldığı veya kısaltıldığı uygulamalarda önerilmez. Bu, gerdirme payının bir vulkanize bant eki için yeterli bant bırakmadığı ve iki bant eki gerektiren, çoğunlukla ara bant adı verilen kısa bir bant parçasının eklenmesi gereken durumlar içinde geçerlidir.

Vulkanizasyon eski, aşınmış bantlarda daha güç ve daha az güvenilir olabilir. Sıcak malzemeleri taşıma sürecinde kullanılan konveyörlerdeki uygulamalarda, tüm malzemenin, bant durdurulmadan önce boşaltılması önemlidir. Durdurulmuş bir bandın üzerinde bırakılan sıcak malzeme bant ekini "pişirerek" ömrünü azaltabilir. Bir vulkanize bant ekinin montajı, özellikle geniş bir bantta verev bant eki kullanıldığında, 2,4 ila 3 metreye (8 ila 10 ft) kadar kayda değer bir bant uzunluğu harcayabilir. Bu montaj daha uzun bir bandın satın alınmasını veya yeni bir bant parçası veya ara bant eklenmesini gerektirebilir. Vulkanize bantlar içerecek yeni konveyör sistemleri tasarlarlarken, banttaki gevşekliği gidermek üzere tasarlanmış bir gerdirme tamburu mekanizması eklemek akıllıcadır. Gerdirme tamburunun bant gerilmesine neden olacak, dolayısıyla zaman alıcı yeni bir bant ekiyle bantı kısaltma ihtiyacının önüne geçecek yeterli hareketi olmalıdır [16].

3.2. MEKANİK EKLEME

Bantların yapıştırılmasında kullanılan mekanik birleştirmeler, sıcak veya soğuk vulkanizasyonun mümkün olmadığı koşullarda uygulanır. Şekil 3.3. ve 3.4.'de mekanik ekleme yöntemi gösterilmiştir. Ani yırtık ve kesiklerin tamiri için mekanik birleştirme tercih edilebilir, ancak ilk planlanan duruşta vulkanizasyon ile tamir edilmelidir [13].

Kullanılacak bağlantı elemanlarının uçları bant dokumaya zarar vermeyecek şekilde bilenir ve bağlantı elemanlarının ucuna bandı deldikten sonra tekrar bükülüp banda yapışmasını sağlayacak bir şekil verilir. Birleştirilecek bant uçları düzgün bir şekilde kesilmelidir. Bağlantı elemanları, her iki bandın uç kısmına da sırayla, düzgün bir şekilde çivilenir. Bant uçları bir araya geldiğinde bağlantı elemanları tarak gibi iç içe girer ve aralarında oluşturulan kanala çelik tel geçirilerek bağlantı biter. Mekanik eklemenin en önemli avantajı; istenilen uzunluktaki bant parçalarının birleştirilmesi, sökülmesi ve uygulamanın yaklaşık 15 dakika bir sürede hızlıca bir şekilde bitirilmesidir. Yeraltı madenciliğinde bant yırtılmaları ve diğer bant arızalarının sık sık yaşanmasından dolayı, ortalama her 25 metrede bir bant boyunca mekanik ekleme bağlantısı ile karşılaşılmaktadır. Bu çok sayıda eklemekten sızan ince kömür tozu, merdaneler ve şase üzerinde birikir. Bu birikimlerin, yanmaz bantların kullanılmadığı zamanlarda çok fazla yangına sebep olduğu bilinmektedir. Eklem yerleri ayrıca nemin bant kumaşına nüfuz ettiği yerlerdir. Kısa bir süre sonra dayanımını kaybeden dokuma katmanlar, tutturucuları tutamaz bir halde olur. Bundan dolayı yaklaşık 2-3 ayda bir bağlantının yenilenmesi gerekmektedir. Her bağlantıda ortalama 80-100 mm bant kesilip atılırsa, bu kayıp miktarı zamanla büyüyecektir. İnce kömürün aşağıya geçmesini ve nemin banda girmesini engellemek için, bağlantı elemanları çakılmadan önce bağlantı elastik conta plakaları ile desteklenmelidir [10].



Şekil 3.3. Mekanik ekleme yöntemi [10].



Şekil 3.4. Konveyör bantların mekanik ekler ile birleştirilmesi [10].

Yıllar boyunca mekanik ekleme, bant birleştirme yöntemi olarak vulkanizasyona düşük kaliteli bir alternatif olarak kabul edildi. Son gelişmeler, mekanik bağlantı elemanlarını vulkanizasyona karşı daha iyi bir konuma yerleştirmiştir. Bu yenilikler arasında daha ince bantların kullanımı (bant tertibatında sentetik malzemelerin kullanılmasıyla mümkün), mukavemeti artırmak ve aşınmayı azaltmak için bağlantı elemanlarında kullanılan tasarım ve malzemelerde iyileştirmeler yapılmaktadır [16].

3.2.1 Mekanik Eklemelerin Avantajı

Mekanik eklemenin başlıca avantajı, bandın kolaylıkla ayrılmasına izin vermesidir. Eklemenin bu şekilde ayrılması, madencilik gibi uygulamalarda bandın uzamasına veya kısalmasına olanak tanır. Tambur astarı, makara ya da darbeli yataklar gibi diğer konveyör elemanlarının bakımının daha pratik yapılmasına fırsat sağlar.

Mekanik sabitleme elemanlarının diğer bir avantajı da tamir için duruş süresini en aza indirmeleridir. Bu bant ekleri çoğu zaman bir veya iki saatte monte edilebilirken, bir vulkanize ek yerinin tamamlanması tam bir gün veya daha uzun sürebilir. Sabitleme elemanları, mevcut tesis bakım personeli tarafından, yalnızca el aletleri veya basit portatif makineler kullanılarak kolaylıkla monte edilebilir; bunun aksine, vulkanizasyon genellikle, özel ekipmana sahip bağımsız alt işverenlerin çağrılmasını gerektirir.

Sabitlenen ek yeri birkaç yüz dolara mal olup yalnızca birkaç milimetre bant kullanacakken, vulkanize ek yeri birkaç bin dolara mal olup birkaç metre bant kullanabilir.

Mekanik sabitleme elemanları, yapması basit ve muayenesi kolay bir bant eki sağlar. Eğer düzenli olarak muayene edilirse, bir mekanik ekleme normalde yakın bir arızanın işaretini gösterecektir. Mekanik eklemeler düşük maliyetlidir ve uzun süreler boyunca depolanabilir. Hızlı montaja ve bandın kolaylıkla uzatılmasına veya kısaltılmasına izin verirler. Sabitleme elemanı seçiminin hem bant hem de sabitleme elemanı üreticilerinin tavsiyelerinin uygun olduğundan emin olmak önemlidir.

3.2.2. Mekanik Eklemelerin Dezavantajları

Taşınacak malzemeler sıcaksa, ısının metal bir tutturucudan iletilmesi durumunda vulkanize birleştirme yöntemi tercih edilebilir. Malzeme sıcaklığı 121°C'yi (250°F) aştığında, metal sabitleme elemanından bant karkasına geçen ısı miktarı, lifleri zayıflatarak nihayetinde sabitleme elemanının çıkmasına neden olabilir. Bu uygulamalarda vulkanize bant eki tercih edilebilir.

Sabitleme elemanlarını muayene etmeme ve sonuçta bu sabitleme elemanlarının arızası, ciddi bant hasarına yol açabilir. Eğer sabitleme elemanları bant eki genişliğinin bir kısmında çıkmaya başlarsa, bant boylamasına yırtılabilir. Bant ve sabitleme elemanları doğru seçildiğinde, bu çıkma olayına genellikle yeterince sıkılmamış cıvatalar ile aşınmış kanca veya plakalar neden olur. Plaka tipi mekanik sabitleme elemanları genellikle plakaların aynı şekilde değiştirilmesine izin verir. Bu da, eğer hasar ilk fark edildiğinde yapılırsa, ek yerinin kesilip çıkarılması ve tamamının değiştirilmesi ihtiyacını ortadan kaldıracaktır.

Mekanik eklemeler, dokuma bantlarda bantı sonsuzlaştırmak veya yırtık ve delikleri onarmak için kullanılır; bununla birlikte çelik kablolu bantlarda, yalnızca yanlış büyüklükte veya tipte sabitleme elemanı kullanılması, bir bandan işletme gerilimi kapasitesini büyük oranda azaltabilir. Düzgün şekilde gömülmemiş veya özellikleri yanlış olan bir mekanik eklemenin ekstra kalınlığı, transfer noktasının sızdırmazlığını neredeyse imkânsız kılacaktır. Aşırı büyük veya transfer nokta alanından geçemeyecek kadar kalın olan bant ekleri, aşınma astarına veya yükleme teknesine yakalanarak bant ekine zarar verebilir ve ömrünü kısaltabilir. Bu bant eki sorunları bazen aşınma astarının ve yükleme teknesinin banttan daha yüksekte olmasını, bu şekilde kenar sızdırmazlığı sistemine daha fazla malzemenin ulaşmasına izin verir. Bu da hızlandırılmış aşınma ve döküntüyle sonuçlanır. Çoğu zaman, bant ekinde kullanılan sabitleme elemanları uygun şekilde kırılmış olmayacaktır ve bu uzatılmış perçin veya cıvatalar, yükleme teknesi sızdırmazlığı sistemleri veya bant sıyırıcıları gibi diğer bileşenlere takılacaktır.

Hepsi olmasa da mekanik eklemelerin çoğu, ek yerinin içinden küçük bir miktarda taşınan malzeme geçmesine izin verecektir. Bu malzeme, konveyörün hareket yolu boyunca düşecek, makaralar, tamburlar ve diğer konveyör bileşenleri için olası hasara neden olacaktır. Plaka tipi sabitleme elemanları, iyi yapılmış bir ek yerinde, malzeme sızıntısına neredeyse hiç izin vermez. Menteşe tipi sabitleme elemanlarının tamamı, ek yerinden geçen ince malzemelerle sorun yaşar. Bu sorun, vulkanize bant ekleriyle giderilir. Daha büyük mukavemet sağlasa da V şeklindeki bant ekinin de kendine ait maliyetleri vardır. Tamamlanması için 3 metreye (10 ft) kadar bant tertibatı gerekebilir. Bu, önemli miktarda pahalı bandın atılması anlamına gelebilir. Mekanik

eklemeler dokuma bantlarda bandı sonsuzlaştırmak veya yırtık ve delikleri onarmak için kullanılır. Bununla birlikte çelik kablolu bantlarda yalnızca geçici tamirler için kullanılabilirler [16].

3.3. KONVEYÖR BANTLARDA VULKANİZASYON YÖNTEMİ

1840'lı yıllara gelindiğinde kauçuk plastik bir malzeme olarak biliniyordu. Aynı zamanda soğukta sertleşmesi ve sıcakta yumuşayarak yapışkan hale gelmesi kauçuğun sanayide kullanılmasını sınırlıyordu. Özellikle Macintosh ve Hancock tarafından üretilen yağmurluklar İngiltere'nin iklim şartları için problem teşkil etmemekteydi. Çünkü İngiltere'nin iklimi ne çok sıcak ne de çok soğuk olmakta idi. Yani üretilen yağmurluklar iklim şartlarından etkilenmemekteydi. Fakat bu durum kışlar çok soğuk olan Amerika'nın kuzey bölgeleri ile yazlar çok sıcak olan Amerika'nın güney bölgeleri için geçerli olmamaktaydı. Kauçuk sınırlı bir kullanım alanından, modern hayatın vazgeçilmez bir mühendislik malzemesi olması Connecticut, New Haven'da hırdavatçılık yapan Charles Goodyear'ın (1800-1860), 1839 yılında, vulkanizasyon işlemini bulmasıyla gerçekleşmiştir [17].

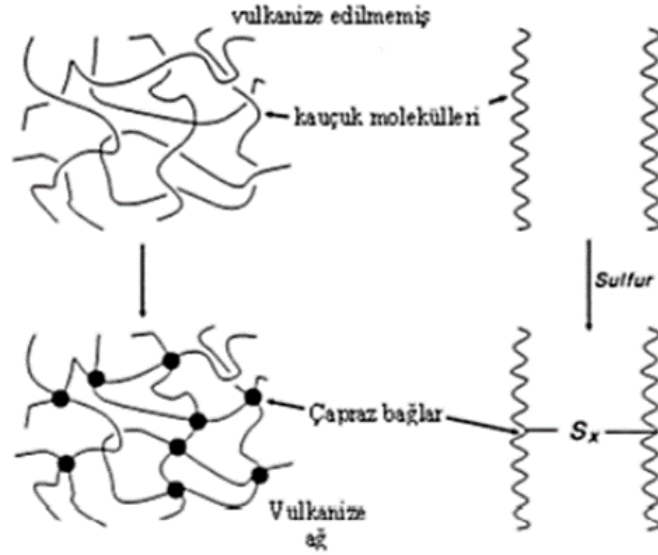
Vulkanizasyon, moleküllerin yer değiştirme enerjisini kullanarak aralarında çapraz bağ kurması ile oluşturulan ağ vasıtasıyla yer değiştirmemiş bir yapının meydana gelmesidir. Elastomerler moleküler ağırlığı yüksek, zincirleri uzun ve karmaşık yapıya sahip polimerik malzemelerdir.

Elastomerler, kürlenmediğinde macunsu bir yapıya sahip olduğu için uzama yapmaz ve esnek olmazlar. Elastomerlerden istenilen performansı elde etmek için ağırlığı yüksek moleküller çapraz bağlama ile birbirlerine bağlanırlar. Bu bağlanma, yüzlerce karbon atomunun birbirine yeterince bağ oluşum enerjisi sağlamasıyla oluşur ve bu oluşuma vulkanizasyon ya da kürlenme denir. Mekanik parçalar gibi yaygın olarak kullanılan kauçuk ürünler, vulkanizasyon olmadan elde edilemez. Vulkanize edilmemiş kauçuk ürünler deformasyondan sonra şeklini koruyamaz ve yapışkan hale gelir. Vulkanizasyon, sıklıkla kauçuklara veya elastomerlere uygulanan bir işlemdir. Mekanik kuvvetlerin etkisi altında kalan kauçuk veya elastomer malzemeler, kuvvet kaybolduğunda eski boylarına geri dönerler. Vulkanizasyon, deforme edici kuvvetler

kaldırıldıktan sonra kalıcı deformasyonu azaltır. Bu sayede plastisite özelliği azalma gösterirken elastisite özellikleri artar [12].

3.3.1. Vulkanizasyon Mekanizması ve Çapraz Bağlanma

Vulkanizasyon işlemi, doğal kauçuğu ve diğer elastomer malzemeleri çapraz bağlı polimerlere dönüştüren kimyasal bir işlemdir. Vulkanizasyondan önce plastik özellikleri yüksek olan kauçuk, vulkanizasyondan sonra geri dönüşü olmayan bir şekilde yüksek elastik özellikler ile yer değiştirir. Çapraz bağlama reaksiyonu Şekil 3.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Polimerlerde çapraz bağlanma [12].

"Vulkanizasyon", "kauçuk kütleme" ve "çapraz bağlama" terimleri aynı tanımlamalara atıfta bulunur. Fiziksel veya kimyasal yöntemle doğrusal bir polimerden üç boyutlu bir ağ yapısı oluşturma çapraz bağlama denilmektedir. Ağ yapısının oluşumu, kauçukların elastomerik özelliklerini üretmek için ihtiyaç duyulan koşullardan biridir. Kauçuk endüstrileri için çapraz bağlama tekniği bu nedenle oldukça önemlidir. Çapraz bağlamanın malzeme özellikleri üzerinde mühim bir etkisi bulunmaktadır.

Cam değişim ısısı; polimer zincirlerinin hareketliliğinin azalması ve çapraz bağlanma esnasında sonsuz bir değere yaklaşan molar kütle artmasından dolayı artış gösterir.

Malzemenin dayanımı artar. Makromoleküllerin çözünürlüğü molar kütledeki artış nedeniyle azalma gösterir. Malzeme tamamen çözünmez hale çapraz bağlama tamamlandığında gelir. Elastomerlerin çapraz bağlama özellikleri; vulkanizasyona etki eden malzeme miktarına, aktivitesine ve tepkime süresi ile ilişkilidir.

Bu özellik, çapraz bağlama yoğunluğu veya vulkanizasyon derecesi olarak ifade edilir. Kauçuk malzemeye ısı verildiğinde, polimer molekülleri arasında tek tek köprüler meydana gelir. Sertleştirme sürecinin hızlanması için çoğunlukla bir katalizör ve başlatıcı eklenir. Kükürt kullanılan en yaygın vulkanizasyon maddesidir. Çapraz bağlama işlemi oldukça karmaşık bir dizi tepkime içermektedir. Birçok kauçuk sistem için ağ; polimerin erimesinden sonra başlar. Malzeme çapraz bağlamadan sonra kolay bir şekilde işlenemez. Montaj ya da kalıplamadan önce çapraz bağlama oluşursa, malzeme kullanılamaz hale gelerek jelleşmiş olarak isimlendirilir. Elastomerlerin vulkanizasyon (kürleme) sürecini aşağıdaki adımlarla kısaca sıralayabiliriz.

- Her aşama önemlidir ve bitmiş ürünün özellikleri ile hizmet süresine etki eder.
- Kürleme sırasında jelleşme ve katılaşma aşamasından geçen polimer malzeme çapraz bağlama işlemini tamamlar.
- Zincirler arasındaki kovalent bağlar jelleşme noktasındayken oluşmuştur.
- Reçine sıvıdan kauçuğa jelleşme noktasındayken dönüşür.

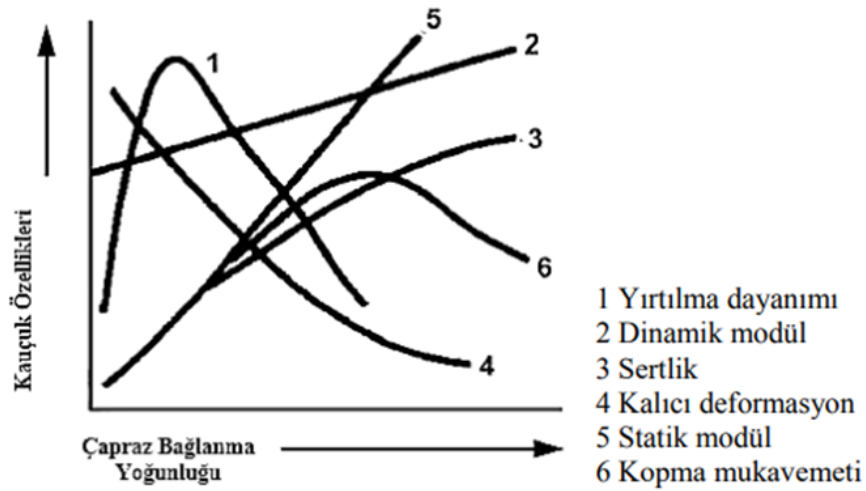
Polimerin katı hale gelip, malzemenin büyük bir kısmının çapraz bağlandığı ve kürleme reaksiyonunun çok yavaş ilerlemeye başladığı nokta katılaşma noktasıdır. Vulkanizasyon, püskürtme presinin haznesinde eriyen hamur karışımının, kalıba yerleştirilen metal parça üzerinde (bazen metalsiz, sadece lastik macunlu), kalıbın rayları vasıtasıyla, belirlenen sıcaklık ve basınç altında kalıpta tutularak en uygun zaman içinde gerçekleştirilmesidir. Kauçuklarda çapraz bağlama, aşağıdaki özellikleri iyileştirir.

- Sürekli deformasyon
- Basınç altında sürekli deformasyon
- Isı dayanıklılığı
- Sertlik

- Aşınma, yırtılma ve yorulma direnci
- Çekme kuvveti
- Çözücülerde çözünme
- Elastikiyet

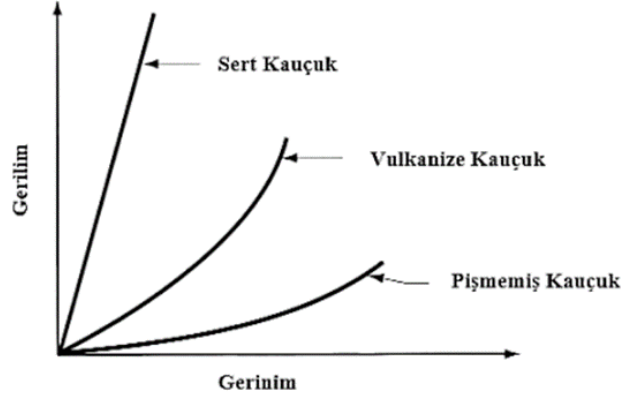
3.3.2. Çapraz Bağlanma Miktarının Mekanik Özelliklere Olan Etkisi

Az sayıda çapraz bağ içeren yumuşak ve yapışkan olan vulkanize edilmemiş kauçuk malzemesinin aşınmaya karşı direnci zayıftır. Elastikiyet modülü, çekme mukavemeti ve oksijenin etkisi altında bozulmaya karşı direnç gibi özelliklerinin tümü kürlendikten sonra iyileşir. Çekme mukavemeti ve sürtünme mukavemeti kürlenme süresi arttıkça artarken çekme uzaması azalır. Yüksek darbe dayanımı için optimal kürlenme süresine sahiptir. Şekil 3.6.'da görüldüğü gibi; çapraz bağlanma ile moleküler ağırlık artarken, kırılma direnci de arttıkça belirli bir noktadan sonra darbe direnci azalmaya başlar.



Şekil 3.6. Vulkanizasyonun kauçuğun fiziksel özelliklerine etkisi [12].

Tüm mekanik özellikleri optimize eden optimum çapraz bağlama derecesi yoktur. Uygulamaya göre çapraz bağlama seçilmelidir. Çapraz bağ yoğunluğu ile elastisite modülü doğru orantılıdır. Şekil 3.7.'de gösterildiği gibi; gerilme ve gerinim eğrileri çapraz bağlama seviyesine göre değişir.



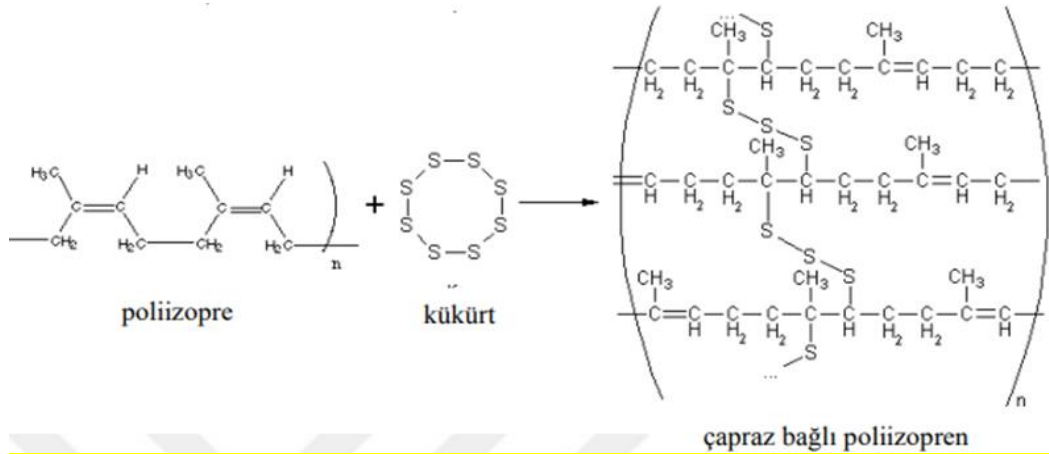
Şekil 3.7. Kürlenme haline göre kauçukların gerilim ve gerinim eğrisi [12].

3.4. VULKANİZASYON PİŞİRİCİ SİSTEMLERİ

Kauçuk hammadde tedarikçileri vulkanizasyon işlemi için en uygun karışım ve pişirme sistemini önermektedir. Kauçuk yöntemi her firmaya özel olduğundan üreticiler kendi deneyimlerini de ekleyerek en uygun karıştırma ve pişirme sistemini belirlemektedir. Kükürt ve peroksit ile daha yakın zamanda radyasyonlu pişiriciler kauçuk endüstrisinde en yaygın kullanılan sistemlerdir.

3.4.1. Kükürt Pişirici Sistemi

Geleneksel vulkanizasyon, kükürt bazlı bir kimyasalın makromolekül zincir yapısındaki C=C çift bağının kırılmasıyla yapılır. Kükürt pişirme sistemi ile çapraz bağlama Şekil 3.8.'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Doğal kauçuk kükürt ile çapraz bağlanma reaksiyonu [12].

Toz ve yağlı kükürt kauçuk hamurda kullanılır. Saf olmamasından dolayı sıvı kükürt kullanılmaz. Daha iyi esneklik ve dinamik özellikler sağlayan kükürtlü pişirme sistemi, aynı zamanda kötü termal ve geri dönüşüm gücü sergiler. Orta derecede ısı, geri dönüşüm, esnek ve dinamik özellikler ile en iyi mekanik özellikleri elde etmek için orta hızlandırıcılı ve kükürtlü sistemler kullanılmaktadır.

3.4.2. Peroksit Pişirme Sistemi

Peroksitlerle çapraz bağlama sülfür vulkanizasyonu ile karşılaştırıldığında, nispeten daha kolaydır. Birçok elastomer tipini çapraz bağlamak için çok çeşitli peroksitler kullanılabilir. Genelde, diasil peroksitler silikon elastomerlerin çapraz bağlanması için kullanılırken, ketal ve diasil peroksitler esas olarak dien ve etilen-propilen elastomerleri için kullanılır. Peroksit çapraz bağlamanın avantajları ve dezavantajları aşağıda özetlenmiştir.

Avantajlar:

- Çapraz bağlama süresinin kısalığı
- İyi ısı ve yaşlanma direnci (C-C çapraz bağı daha karardır)
- Düşük voltaj ve zorlanma
- Düşük kalıp kirliliği
- Kükürt köprüleri olmadığı için şeffaf ürünler oluşturabilme

Dezavantajlar:

- Çapraz bağlama maddesinin pahalılığı
- Düşük mekanik ve termal yırtılma mukavemeti
- Yüksek ısı direnci için çok uzun kürleme süreleri
- Kürleşmenin daha yavaş olması
- Antiozonlar ile düşük uyumluluk

3.4.3. Radyasyon Pişirici Sistemi

Kauçuğun radyasyonla kürlenmesi hem kuru hem de lateks durumunda iyonizasyon ve ışınlama sergileyerek yapılır. Endüstriyel uygulamalarda elastomerlerin radyasyonla çapraz bağlanması artan bir popülerlik kazanmaktadır. Radyasyon çapraz bağlama, kürleme sırasında oksijenin uzaklaştırılmasını, ek ısıl işlemleri (son kürleme), çoğunlukla pahalı, kokusuz katkı maddelerini ve uçucu bozunma ürünlerini gerektirmez. Radyasyon pişirme sisteminin avantajları aşağıdaki gibidir:

- Geleneksel yöntemlere göre daha hızlı ve çok yönlüdür.
- Çapraz bağlama için ortam sıcaklığındayken enerji daha az tüketilir.
- Çapraz bağlama işlemi, tamamen kontrol edilebilir, düzenli ve ayarlanabilir.
- Mekanik özellikler çok iyidir.
- Tüm radyasyon ocaklarıyla çapraz bağlama temiz bir teknolojidir.

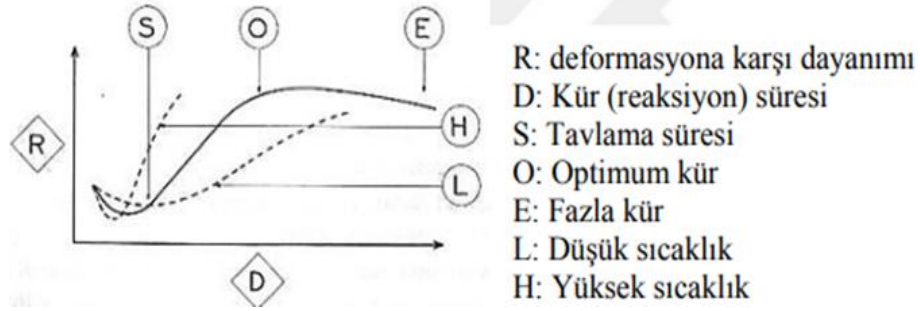
3.5. VULKANİZASYON AŞAMALARINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Kimyasal bir süreç olan vulkanizasyon işlemi, basınç sabitken, belirli bir sıcaklık ve sürede gerçekleşir. Vulkanizasyon esnasında çapraz bağlama; ısı, katalizör tarafından sağlanan sertleştirme işleminin veya katalizör ile hem ısı hem de aktivasyonun sonucudur. Vulkanizasyon sürecini etkileyen faktörler aşağıda özetlenmiştir.

Vulkanizasyon Sıcaklığı: Bu parametre, kauçuğun mekanik özellikleri, çapraz bağ yoğunluğu, türü ve yapısı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Vulkanizasyon işlemi, termal ve oksidatif bozulmayı en aza indirmek için olması gereken en düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmelidir. Daha yüksek kürleme sıcaklıkları proses verimliliğini artırmak için tercih edilebilir.

Vulkanizasyon Süresi: Çapraz bağlamanın en iyi şekilde tamamlanmasında etkili olan bir diğer faktör de kürleme süresidir. Vulkanizasyon süresi; kauçuk hamur tarifi, seçilen pişirme sistemine ve vulkanizasyon sıcaklığına göre belirlenir. Yetersiz sertleşme süresi ile kauçuk, beklenen mekanik özelliklerini yerine getirmek için sertleşmez ve hala yumuşaktır. Kürleme sırasında kalıpta yabancı maddeler bırakır.

Aşırı kürlenme süresi; kauçuk parçaların çapraz bağlanmasını olumsuz etkiler ve kırılabilirliğe neden olur. Kürlenme süresinin kauçuk üzerindeki etkileri Şekil 3.9.'da grafiksel olarak açıklanmıştır.



Şekil 3.9. Kürlenme süresine göre kauçuk davranışı [11].

Piştirici Sistemi: Çapraz bağlamanın etkili bir biçimde gerçekleşmesi için ocak sistemi kükürdün ince taneli ve çok iyi dağılmış olmasını gerektirir. Mamul niteliklerini en üst seviyede etkileyen faktör, kükürdün homojen dağılımıdır. Kauçuk ana zincirlerine zarar vermeden büyük deformasyon kapasitesine sahip kauçuk üretmek için birbirinden belli bir mesafede az sayıda çapraz bağlantı oluşturulmalıdır. Kullanıma uygun, bir lastik için 100 parça kauçuğa ağırlıkça 1 ila 5 parça kükürt eklenir. Bu, her 10 ila 20 tekrar eden birimde yaklaşık bir çapraz bağa karşılık gelir. Kükürt içeriğinin artırılması kauçuğu sertleştirir ve esnekliği azaltır.

Hızlandırıcı ve Aktivatör: Kükürt ile çapraz bağlamanın, aktivatörler ve hızlandırıcılar olmadan tek başına gerçekleşmesi mümkün değildir. Sadece sıcaklık ve kükürt ile çapraz bağlanma çok uzun zaman alır (3-5 saat). Çapraz bağ yoğunluğu ile kükürt oranı, hızlandırıcı tipine ve dozajına bağlıdır. Bu hızlandırıcı ve kükürt içeriği, nihai ürünün mekanik ve termal özelliklerini etkileyen çapraz bağ yoğunluğunu ve tipini etkiler. Kauçuk bileşikleri belirli basınçlarda kürlenir, ancak basıncın kürleme hızı üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Başta su olmak üzere gaz halindeki maddelerin gelişmesiyle oluşan gözeneklerin oluşmasını engeller. Bu nedenle, kürleme sıcaklığında kullanılan basınç, verilen sudaki doymuş buhardır. Gerilimden daha yüksektir [11].

3.6. VULKANİZASYON TEKNİKLERİ

Kauçuk formundaki hamurun ürün haline gelmesi, uygun yöntemler ve çalışma ekipmanları ile yüksek teknoloji enjeksiyon ile kompresyon preslerinde mümkündür. Vulkanizasyonda; genellikle basınç ve sıcaklık etkisinde aşağıdaki proses yöntemleri kullanılır.

- Pres vulkanizasyon
- Açık vulkanizasyon
- Sürekli vulkanizasyon
- Soğuk vulkanizasyon

3.6.1. Pres Vulkanizasyon

Sıcaklık ve basıncın etkisi altındaki kauçuk parçalar; parça geometrisi, ağırlık ve kauçuk malzemesine göre farklı tonajlardaki preslerde vulkanize edilir. Kütleme işlemi bitince parça kalıptan çıkarılarak üretim tekrarlanır. Vulkanizasyon işleminin temeli kalıp tasarımıdır. Kalıpta; kauçuk macun akışı, kalıbın sızdırmazlığı, parçanın kalıptan ayrılması ve parçanın bozulmadan çıkarılması önem arz etmektedir.

Pres vulkanizasyon işlemi, parça geometri ve malzemesinin dikkate alınarak, 3 farklı türde kalıplama tekniği ile meydana gelir.

- Basınç-sıkıştırma kalıplama
- Transfer kalıplama
- Enjeksiyon kalıplama

Basınç-Sıkıştırma Kalıplama

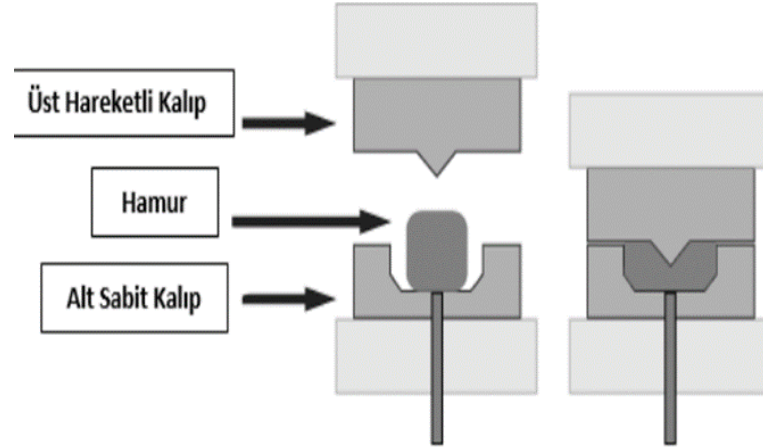
Basınç-sıkıştırma (kompresyon kalıplama) kalıplama tekniğinde; kalıp, hazne sayısı, parça üretim sayısı ve geometriye göre tekil veya çoğul olarak tasarlanmaktadır. Her bir kalıp odası, şekillendirilmiş, vulkanize edilmemiş kauçuk ile doldurulur. Kauçuk malzeme, kütleme sıcaklığında ve çapraz bağlamanın tamamlanması için yeterli süre

boyunca basınç altında kapalı kalır, süre dolduğunda kalıp açılarak kurlenmiş kauçuk parçalar çıkarılır. Bu zaman dilimi içinde; akışkan hale gelen kauçuk malzeme, kalıp odalarını doldurur ve şekilde görüldüğü gibi çapraz bağlama tamamlanır. Küf göz şeklini alarak son halini almıştır.

Bu yöntemde gözden kaçırılmaması gereken konu her bir kalıp haznesine uygun ve eşit miktarda kauçuk malzeme (ağırlık ve hacim) yerleştirilmesidir. Bu nedenle kalıba konacak hamur parçalarını tartmak gerekir.

Basınç-sıkıştırma kalıplama yönteminin avantaj sağladığı yönler aşağıdaki gibidir.

- Parça üretimi ucuz ve hızlı bir şekilde gerçekleşir.
- Miktarı birkaç gram olan küçük kauçuk contalar Şekil 3.10'daki gibi imal edilebilir.
- Sürtünme zorlanması etkisinde kalan hamur yoktur.



Şekil 3.10. Basınç-sıkıştırma kalıplama tekniği [11].

Basınç sıkıştırma (kompresyon kalıplama) düzeneği Şekil 3.11.' de görülmektedir.



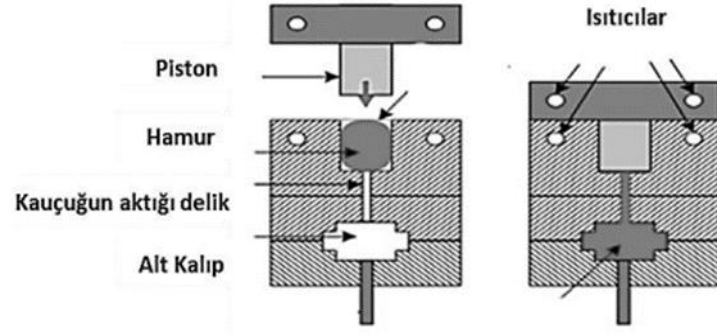
Şekil 3.11. Kompresyon pres ve kalıp düzeneği [11].

Bu tekniğin dezavantajlı olduğu hususlar aşağıdaki gibidir:

- Manuel olarak boşaltma ve doldurma yapılacağından uzun çevrim süresi ve operatör ihtiyacı fazladır.
- Kauçuk parçanın fazlalığı veya konumunun yanlışlığı, son üründe kalıp ayırma çizgisi oluşma, hava problemi veya çapak gibi problemleri getirebilir.

Transfer Kalıplama

Transfer kalıplama işlemi, basınç-sıkıştırma ile aynıdır. Tek fark; kauçuk macunun bir delikten geçerek kalıp boşluğuna aktarılmasıdır. Transfer kalıplama tekniği Şekil 3.12.'de ifade edilmiştir. Transfer kalıplama; kalıp boşluğu, silindir ve piston olmak üzere üç temel parçadan meydana gelir. Kürlenmemiş hamur parçası, hidrolik basınç altında silindirin içine konular, kauçuk küçük delikten boşluğa itilir ve kalıba akar. Kürlenme tamamlanana kadar kalıp açılmayacaktır. Yükselen piston ile kalan transfer hamuru piştikten sonra silindirdeki pişen hamur atılarak parçalar kalıptan çıkarılır.



Şekil 3.12. Transfer kalıp örneği ve kalıplama tekniği [11].

Transfer kalıplamanın avantaj ve dezavantajları aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir.

Transfer kalıplamanın avantajlı noktaları:

- Hamur kalıbı boşluğu hareket ederken, kauçuk etkisi altında kaldığı kuvvetle akışkan hale geldiği için kısa pişirme süresi mevcuttur.
- Basınç-sıkıştırma kalıplama tekniğine göre çevrim süresi daha kısa ve sabittir.
- Transfer kalıplama ile daha dar toleranslara sahip daha kompleks parçalar üretilebilir.
- Tasarım esnekliği ile çoklu kalıplama sağladığı için üretim maliyetlerini düşüren çözümler sunar.

Transfer kalıplamanın dezavantajları;

- Daha karmaşık kalıplar nedeniyle kalıp imalat ve bakım maliyetleri yüksektir.
- Kauçuğun aktığı delikte kalan atık kauçuk nedeniyle ek kalıp temizliği gerekir.

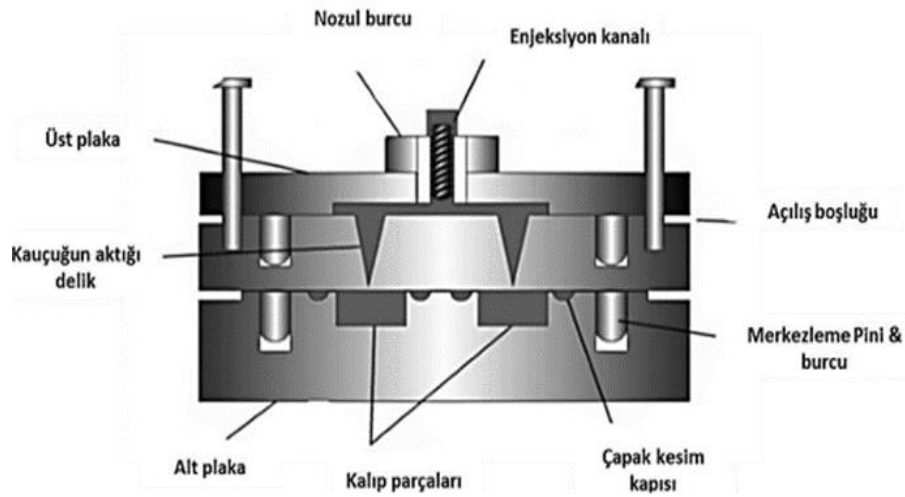
Enjeksiyon Kalıplama

Enjeksiyon kalıplamada; kauçuk macun, Şekil 3.13.'deki enjeksiyon presine genellikle şeritler halinde beslenir. Namlu boyunca ısıtılan kauçuk yumuşar, sonrasında vidalı besleme sistemi yardımıyla kalıba preslenir ve kalıpta çapraz bağlama oluşur. Vida besleyici, istenen sayıda parçayı oluşturmak için gereken tam malzeme miktarını alır.

Kürleme işlemi tamamlandıktan sonra kalıp açılır ve parçalar çıkarılır. Enjeksiyon kalıplama tekniği Şekil 3.14'te yer almaktadır.



Şekil 3.13. Enjeksiyon pres makinesi [11].



Şekil 3.14. Enjeksiyon kalıplama [11].

Enjeksiyon kalıplamanın avantajları aşağıdaki gibidir.

- Hamur şeritlerini hazırlamak, kauçuğu önceden şekillendirmekten ve tartmaktan daha kolaydır.
- Kalıp kapalıyken püskürtüldüğü için fire oranı daha azdır.

- Enjeksiyondan alınan parçaların fiziksel boyutları benzerdir.

Enjeksiyon kalıplamanın dezavantajları aşağıdaki gibidir.

- Daha karmaşık presler ve kalıplardan dolayı yatırım maliyeti yüksektir.
- Vulkanizasyon süreleri kısa ve üretim adetleri düşük olan parçaların çok yüksek birim maliyetleri vardır.
- Kütleme esnasında oluşan atık gazlar zor uzaklaştırılır.

3.6.2. Açık Vulkanizasyon

Bu teknikte; sıcak hava veya buhar kullanılır. Vulkanizasyon, sıcak hava fırınlarında sıcak havanın zayıf ısı transfer özelliği nedeniyle çok verimli değildir. Oksijenin neden olduğu yaşlanmayı geciktirmek için uzun sürede, daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Açık buhar vulkanizasyonundan, vulkanize edilecek parçalar özel taşıma arabaları veya aparatları üzerine yerleştirilerek buharın enjekte edildiği büyük kaplarda yapılır. Endüstride otoklav olarak adlandırılan bu kaplar Şekil 3.15.'de verilmiştir. Doymuş buhar, sıcak havanın aksine daha iyi ısı transferi sağlar ve soy gaz gibi davranır. Sonuç olarak, vulkanizasyon daha yüksek sıcaklıklarda daha kısa sürelerde gerçekleşir.

Açık buhar vulkanizasyonu ile hortum, lastik ve kablo gibi ekstrüde ürünler ateşlenir.



Şekil 3.15. Otoklavda vulkanizasyon [11].

3.6.3. Sürekli Vulkanizasyon

Ekstrüzyon sistemi ile yapılan bir tekniktir. Ekstrüzyon-vulkanizasyon (pişirme) hatları genel olarak ekstrüderler, vulkanizasyon üniteleri, ön dondurma üniteleri, mikrodalga üniteleri, sıcak hava tünelleri veya tuz banyosu sistemleri, soğutma üniteleri, silikonizasyon, sarma üniteleri ve ihtiyaç duyulabilecek diğer özel ekipmanlardan oluşmaktadır. Genelde kauçuk hamur önceden merdanelerden geçirilerek ısıtılmış şerit şeklinde ekstrüdere beslenir ve ekstrüderin sonunda kafa (veya meme) şeklini almış kauçuk malzeme elde edilir. Ekstrüder görüntüsü Şekil 3.16.'da verilmiştir. Hortum, boru, fitil ve kanal şeklindeki kauçuk malzemeler genelde bu yöntemle imal edilir [11].



Şekil 3.16. Ekstrüzyonda vulkanizasyon [11].

3.7. KAUÇUK BİLEŞENLERİ STOKLAMA KOŞULLARI

Kauçuk karışımlarının saklama koşulları, işlenebilirliği doğrudan ciddi şekilde etkiler. Depolama koşullarındaki düşük ve yüksek sıcaklıklar, nem ve ışık gibi çevresel etkiler, kauçuk karışımının üretimini ve kalitesini etkilemekle birlikte, bitmiş ürünün çalışacağı yerdeki performansı ve çalışma ömrü üzerinde ciddi etkiler oluşturmaktadır. Aşırı sertleşme, yumuşama, yırtılma, çizik veya diğer yüzey deformeleri nedeniyle kauçuk ürünler zamanla fiziksel olarak değişebilir ve kullanılamaz hale gelebilir. Bu değişimler ayrıca belirli bir etmenin ya da ışık, ısı, nem, yağ, oksijen, ozon, su veya diğer çözücülerin etkisi gibi birden fazla faktörün kombinasyonu olabilir. Uygun saklama koşulları ile bu faktörlerin zararlı etkileri en aza düşürülebilir. Kauçuk parçaların raf ömrünü uzatmak için aşağıda yer alan saklama koşulları ile ilgili faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Sıcaklık: Sıcaklık ve oksijenin sinerjistik etkisiyle elastomerlerde çapraz bağların artırılması ve kırılması ile yumuşama ya da sertleşme oluşabilir. Optimum sıcaklık 4°C ile 25°C arasındayken kauçuk ürünler depolanabilir. Kauçuk ürünlerin yorulması ve bozulması yüksek sıcaklık altında daha hızlı olur. Bundan dolayı depolardaki ısı kaynakları bu sıcaklığı geçmeyecek bir düzende olmalıdır. Elastomerlerin yaşlanması sıcaklıktaki her 10°C'lik artış ile 2-4 kat daha hızlı olur. Düşük sıcaklığın etkisi, yüksek sıcaklık kadar kalıcı veya zarar verici değildir, ancak kauçuk ürünler daha sert hale

gelir. Bu nedenle, sıcaklık 4°C'nin altında ise bozulmayı engellemek için özen gösterilmelidir.

Nem: Bağlı nem depolama alanında %75'in altında olmalıdır. Koşulların çok nemli veya çok kuru olduğu durumlardan uzaklaşılmalıdır. Havalandırma ihtiyacı olduğunda, minimum seviyede olmalıdır. Yoğunlaşmanın meydana gelmesine izin verilmemelidir.

Işık: Kauçuk ürünler ışıktan, özellikle güneş ışığından ve ultraviyole içeriği yüksek yapay ışıktan korunmalıdır. Büyük karton kutular ve polietilen torbalar ışığa karşı iyi koruma sağlar.

Oksijen ve Ozon: Oksijen (O₂) ve Ozon (O₃) kauçuk ürünler çok fazla tahrip eder. Bu sebeple mümkünse hava geçirmez kutularda muhafaza edilmelidir. Özellikle ozon karbon desteğine zarar verir ve polimer zincirinin daha küçük zincirlere ayrılmasına sebep olur. Diğer kauçuk ürünler ve contalar ozon üreten donanımlardan uzak tutulmalıdır.

Deformasyon: Deformasyon, kauçuk ürünlerin kırılmasına ya da deformasyonuna neden olabileceğinden, kauçuktan imal edilen parçalar, gerilim, sıkıştırma veya diğer deformasyonların olmadığı uygun koşullarda muhafaza edilmelidir.

3.8. VULKANİZE KAYNAK YÖNTEMİ İLE BANT BİRLEŞTİRME YÖNTEMİ VE İŞLEM ADIMLARI

Bu çalışmamızda, Kardemir A.Ş. tesislerinde kullanılan genişliği ve kat adedi 1000/5, kalınlığı 16 mm, üst ve alt kaplama kalınlığı 6/3mm, A Tipi EP800 tekstil dokulu bandın vulkanize kaynak yöntemi ile birleştirme işlem adımları uygulanmaktadır. Aşağıda Çizelge 3.1.'de bandın özellikleri yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Kullanılan bandın özellikleri

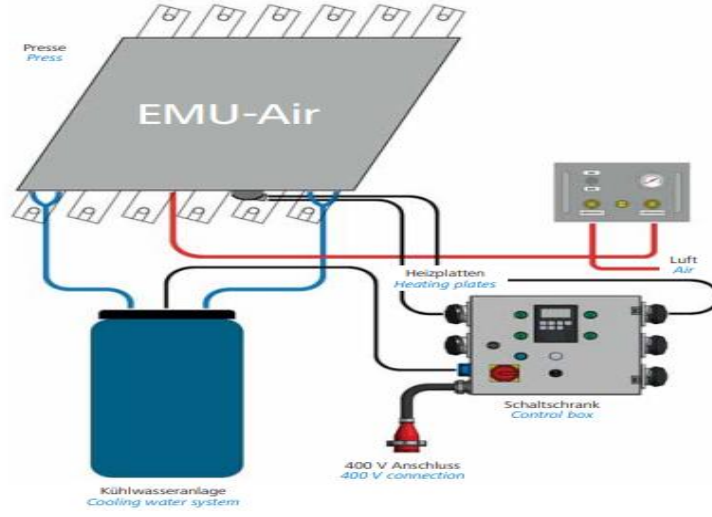
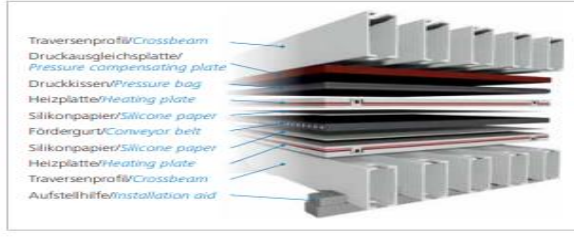
Konveyör Bandın Kodu				Bant Tipi	Bez Tipi
A/B	C	D/E	F	N/mm	N/mm
1000/5	16	6/3 mm	A Tipi	EP 800/5	EP160

A: Bant genişliği
B: Kat Adedi
C: Bant kalınlığı
D: Üst kaplama kalınlığı
E: Alt Kaplama kalınlığı
F: Bant Tipi

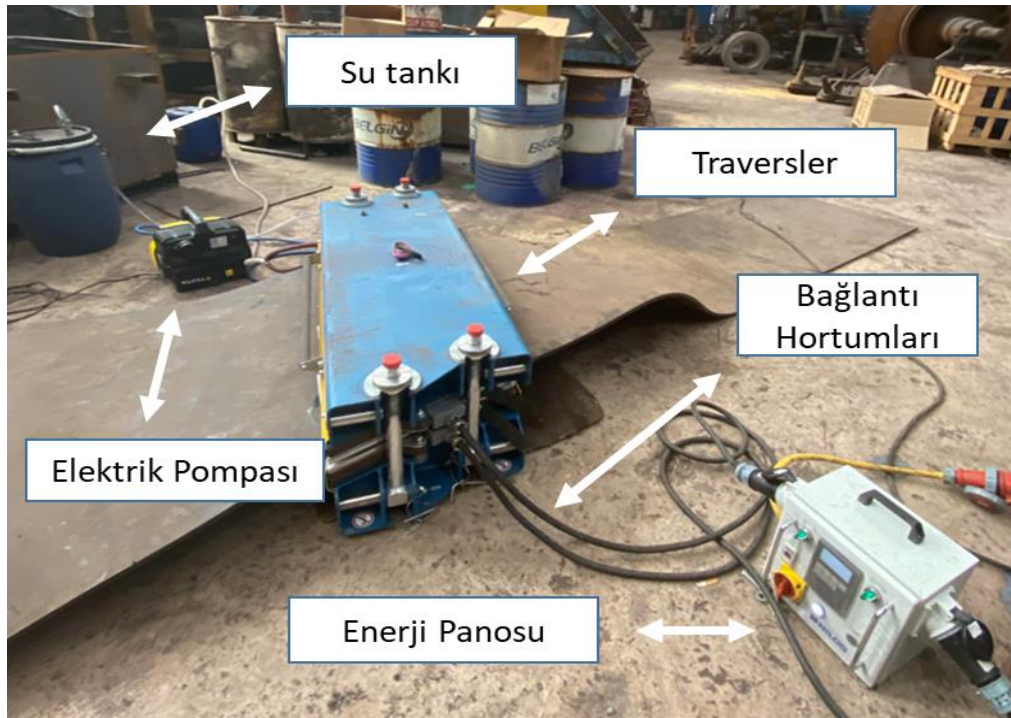
TS EN ISO 14890 standardına göre EP800-1000-5-6/3-A bant, çözgüsü polyester (E) atkısı polyamid (P), bant genişliğinde toplam boyuna kopma mukavemeti 800 N/mm olan, 1000 mm genişliğinde, 5 katlı, üst kaplama kalınlığı 6 mm, alt kaplama kalınlığı 3 mm olan A Tipi kaplama sınıfındadır.

Tekstil katlı konveyör bantların vulkanize kaynak yöntemi ile birleştirilmesi işleminde öncelikle ortam koşullarının sağlanması gerekir. Ortam koşullarının güneş ışığından, yağmur, rüzgâr toz gibi çevresel faktörlerden korunması gerekir. Birleştirme öncesinde konveyör bandın da temiz ve kuru olmasına dikkat edilir.

Çalışmamızda, Kardemir A.Ş. Sinter Müdürlüğü tesislerinde yeni kullanılmakta olan aşağıda Şekil 3.17.(a) ve Şekil 3.17.(b)'de görüldüğü üzere NILOS marka su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi kullanılmıştır. Tesiste 0-20 mm kalınlığındaki bantlarda bant kalınlığı +10 dakika, 20 mm üzeri bantlarda bant kalınlığı +20 dakika vulkanizasyon süresi uygulanmaktadır. Sıcaklık ise 145°C'de iken ideal vulkanizasyon sıcaklığına ulaşılmaktadır. Sıcaklık ile süre doğru ve uzun ömürlü bir bant birleştirme işlemi için en önemli parametrelerin başında gelmektedir. Sıcaklık veya sürenin gereğinden az ya da fazla olması kauçuk pişmesini etkilemektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.17. NILOS su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi şematik görünümü a) [18]. Kaynak makinesi resmi b).

- Bant birleştirme işleminde ilk olarak kenardan 90°'lik ölçü alınıp birleştirme yapılacak bandın kesim işlemi yapılır. (Şekil 3.18.)



Şekil 3.18. Bant kesim işlemi

- Konveyör bantların yapıştırılmasında; çapraz kesim işlemi bağlantının mukavemetini olumlu yönde etkilediği için genellikle tercih edilen bir uygulamadır. (Şekil 3.19.) Şekil 3.20.'de görüleceği üzere bandın genişliğinin 0,3 katı, yani $0,3 \times B$ ölçüsünde zaviye alınarak kesim yapılmaktadır. Birleştirme yapılacak her iki bant ucunun zaviyesi alınır.



Şekil 3.19. Konveyör bandın çapraz kesim işlemi [13].



Şekil 3.20. Bandın çapraz kesimi

Konveyör bantların ek mesafeleri kumaş cinsine ve kat sayısına göre Çizelge 3.2.' de belirtilen uzunluklara göre açılır.

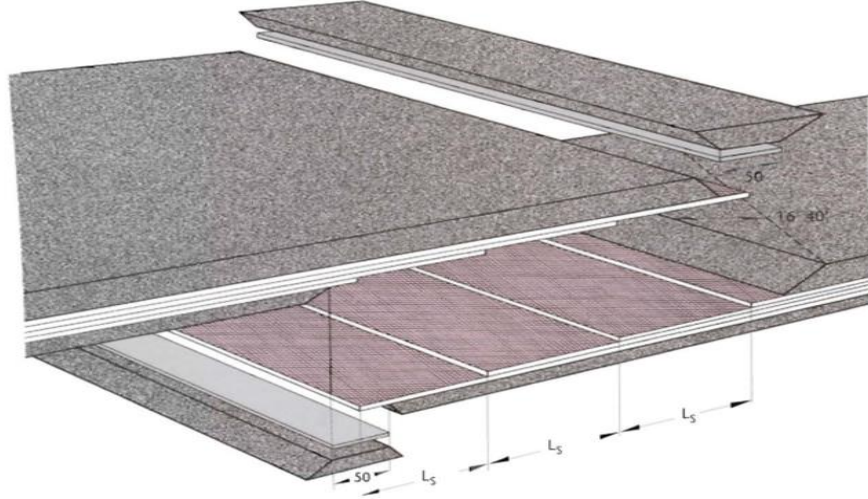
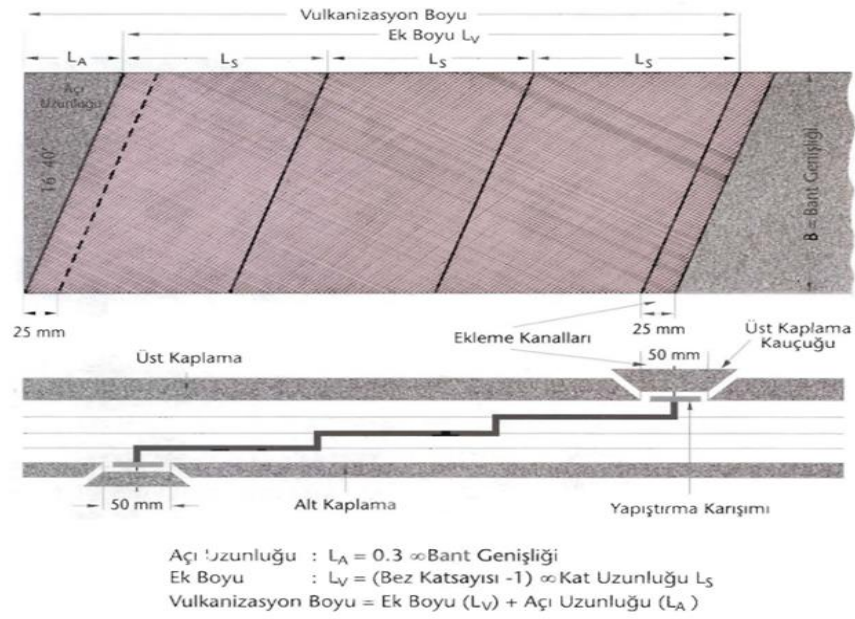
Çizelge 3.2. Bezin cinsi ve kat sayısına göre konveyör bant ek uzunlukları [13].

Bez Mukavemeti (kg/cm)	Kat Adedi	Katların Uzunluğu (mm)	Ek Boyu (mm)
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

- Kademe açma işlemi, kat adedinden bir eksik olarak uygulanmaktadır. Örneğin bantta toplamda 5 kat kord bezi olması halinde, kat açma işlemi 4 kademe olarak gerçekleşmektedir. Kat alma işleminde kort bezine zarar vermeden işlemin yapılması gerekmektedir. Aksi durumda bandın mukavemeti zarar göreceğinden, bantta kopmalar meydana gelebilecektir. Aşağıdaki Şekil 3.21.'

de görüleceği üzere L vulkanizasyon boyu, L_V ek boyu, çapraz kesim işlemindeki açılı uzunluğu ise L_A 'dır.

- L (Vulkanizasyon Boyu) = L_V (Ek boyu) + L_A (Açılı Uzunluğu)
- L_A (Açılı Uzunluğu) = $0,3 \times B$ (Bant Genişliği)
- L_V (Ek Boyu) = $(\text{Bez Katsayısı} - 1) \times L_S$ (Kat Uzunluğu)



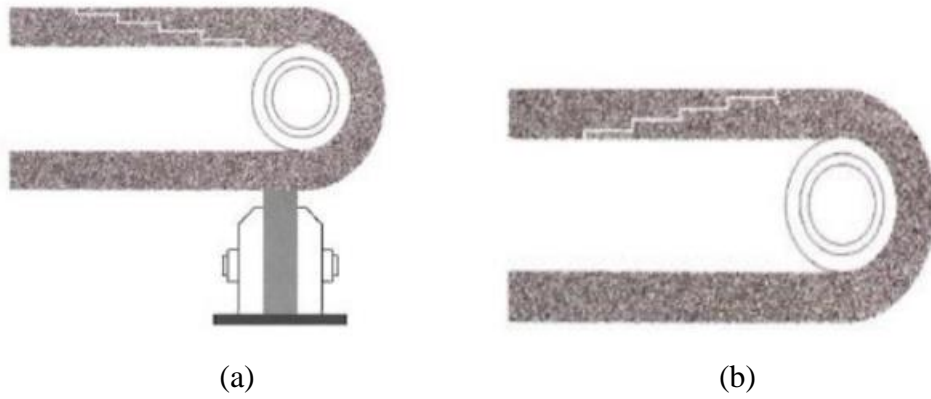
Şekil 3.21. Kat alma diyagramı [19].

Kullanmış olduğumuz bant 5 katlı olduğundan 4 kademe kat açma işlemi yapılır. Atölye ortamında kaynak yaptığımız bantlarda her kat 8 cm olacak şekilde 4 katın toplam boyu $4 \times 8 \text{ cm} = 32 \text{ cm}$ olup, buna ilave olarak kapak kauçuğu 3 cm olmak

üzere toplam ek boyu, yani L_v 35 cm'dir. Buna göre L_s yani kat adedine karşılık kat uzunluğu 8 cm olmaktadır.

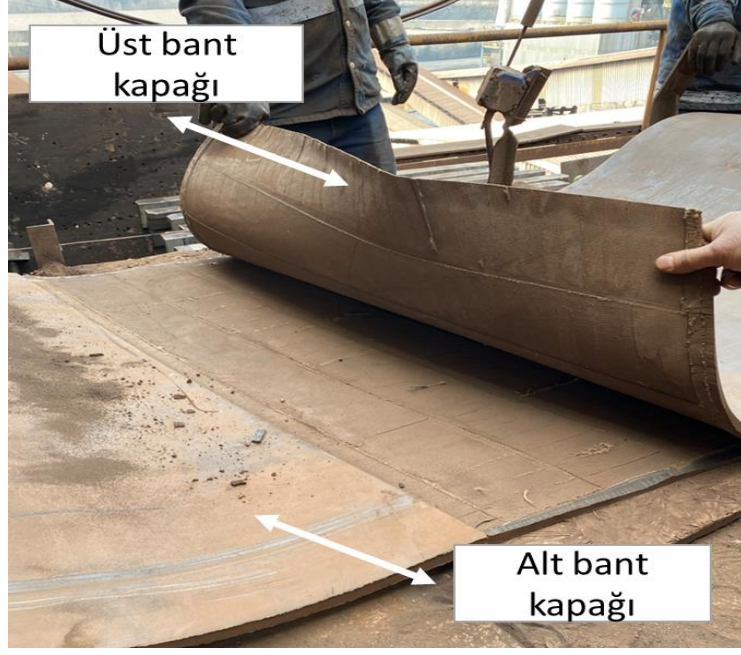
Birleştirme yapılacak olan alanın yönü ise bant dönüş yönü ve sıyırıcı olup olmamasına göre farklılık göstermektedir. Sert sıyırıcıların bulunması durumunda ek bant yönünün tersi yönündedir (Şekil 3.22. (a)). Kaydırma yataklı konveyörlerde ise ek bant dönüş yönü ile aynı yöndedir (Şekil 3.22. (b)).

Tesislerde bant birleştirme işlemi, atölye ortamı ya da bant sistemi üzerinde yapılmaktadır. Tesis, birleştirme sırasında duruş vererek çalışma yapabileceği durumda kalabilmektedir. Bu çalışmamızda, atölye ortamında kaynak yapılmıştır.



Şekil 3.22. Sistemde sıyırıcı olduğunda a) ve sistemde sıyırıcı olmadığında b) ekleme yönü [13].

Bandın gidiş yönüne yani hareket yönüne göre öndeki kısmın altı, arkadaki kısmın üstü, katları soyulmak üzere hazırlanmaktadır. Aşağıdaki Şekil 3.23.' de bandın gidiş yönüne göre hazırlanan alt ve üst kapağı örnek olarak görülmektedir.

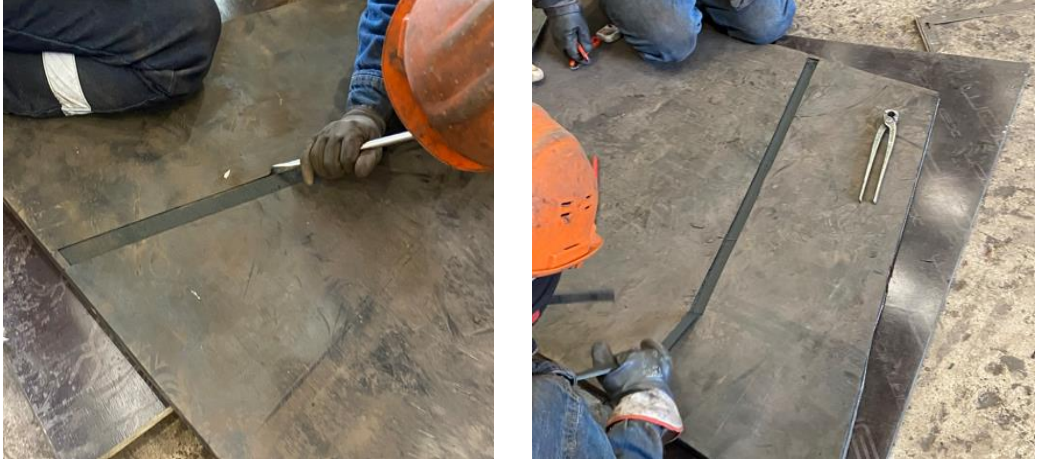


Şekil 3.23. Bandın alt ve üst kapağı

- Öncelikle kat alma işleminde 3 cm'lik kapak kauçuğu alınır. Şekil 3.24. ve Şekil 3.25.'da kapak kauçuğunun markalaması ve soyma işlemi görülmektedir.



Şekil 3.24. Kapak kauçuğu markalama işlemi



Şekil 3.25. Kapak kauçuğu soyma işlemi

- Kapak kauçuğu alındıktan sonra 1. kademe kat alma işlemi yapılırken üst kaplama kauçuğu ve bir bez olacak şekilde toplam 32 cm kat alınır. 2. kademede 8 cm geriden 24 cm'lik bir bez, 3. kademede 8 cm geriden 16 cm'lik bir bez, 4. kademede ise yine 8 cm geriden 8 cm'lik bir bez alınır. Aynı işlem bandın diğer tarafına da uygulanmaktadır. Şekil 3.26. ve Şekil 3.27.'de örnek olarak 1. ve 2. kademe kat alma işlemi yer almaktadır.



Şekil 3.26. 1. kademe kat alma işlemi



Şekil 3.27. 2. kademe kat alma işlemi

- Kat alma işlemi uygulanırken kerpeten, tornavida ve kat alma bıçağı gibi el aletleri kullanılır. Ayrıca, kademeler açılırken bezler komple çekilemeyeceğı için 3-5 cm'lik kesilerle kat açma işlemine devam edilir.
- İşlem sonucunda, 1. kademede 4 bez, 2. kademede 3 bez, 3. kademede 2 bez, 4. kademede 1 bez kalır. Şekil 3.28.'de kademelerin tamamlanmış hali yer almaktadır.



Şekil 3.28. Kademelerin tamamen açılması

- Bütün kademeler açıldıktan sonra bandın üzerinde kalan kauçukları temizlemek için bant, taşlama taşıyla taşlanır. İyi bir temizleme, bandın yapıştırma işlemine de etki eden önemli faktörlerden biridir. Bu işlem kort bezi görülünceye kadar devam etmektedir. Kort bezine zarar verilmeden yapılmalıdır. Taşlama işleminden sonra bir fırça yardımıyla oluşan toz ve partiküllerden arınma sağlanır. Bandın taşlama işlemi Şekil 3.29.'da gösterilmektedir.



Şekil 3.29. Bant taşlama işlemi

- Taşlama işlemi bittikten sonra, ilk önce bandın alt kapağına, alt kapağın kalınlığı kadar (3 mm) kauçuk atılır. (Şekil 3.30.) Kauçuğun genişliği 6 mm olacak şekilde kesilen yerden aynı hizada birleştirilir.



Şekil 3.30. Bandın alt kapağına kauçuk atılması

- Bandın üst bölgesine, mevcut yüzeye ince tabaka halinde vulkanize bant solüsyonu sürülür. (Şekil 3.31.)



Şekil 3.31. Solüsyon sürme işlemi

- Solüsyondan sonra, kademeler arasına tek parça halinde 1 mm kalınlığında ara kauçuk yapıştırılır. Yapıştırılan kauçuğun üzerine bastırılıp iyi yapışması sağlanır ve bant bölgesindeki fazlalıkları kesilir. Yapışma tamamen

gerçekleştikten sonra kauçuk üzerindeki ince koruyucu naylon alınır. (Alt banda ara kauçuk ve solüsyon, üst banda solüsyon şeklinde işlem uygulanmalıdır.) Bu kauçuk, bandın birbirine daha iyi yapışması için kullanılmaktadır. Şekil 3.32. ve Şekil 3.33.'de ara kauçuk ekleme işlemi görülmektedir.



Şekil 3.32. Ara kauçuk atılması



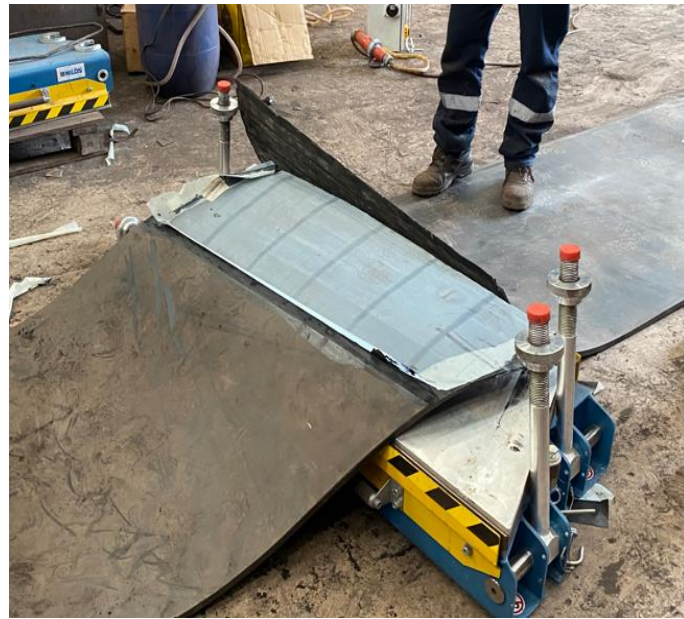
Şekil 3.33. Ara kauçuğun yapıştırılması

- Koruyucu naylon alındıktan sonra bandın kenarlarına 1 mm kalınlığında, 60 mm genişliğinde yan kapaklar atılır.

- Sonrasında traversler 2 parçaya ayrılır ve alt travers üzerine bandın alt tarafı yerleştirilir. Alt traversin üzerine, gidiş yönünün tersinde kalan, yani altta kalacak bant yerleştirilir. Üstte kalan bant da yerine gösterilip alıştırıldıktan sonra hizalama yapılır. Şekil 3.34. ve Şekil 3.35.'de altta kalan bandın traverse yerleştirme işlemi görülmektedir.



Şekil 3.34. Traverslerin ayrılma işlemi



Şekil 3.35. Alt bandın traverse yerleştirilmesi

- Şekil 3.36.'de görüleceği üzere bant ile travers arasında gazete kâğıdı konularak aradan sızan solüsyonun traverse yapışması engellenir.



Şekil 3.36. Alt travers ile bant arasına gazete kâğıdı yerleştirilmesi

- Her iki bant ucu hizalama yapılarak, solüsyon tekrar ince bir tabaka halinde sürülür. Solüsyon hafif kuruduktan sonra iki bandın birleştirme işlemi gerçekleştirilir.
- Her iki taraftan 3 mm kalınlığındaki kapaklar hizalanacak şekilde bandın yüzeyinde birleştirme yapılır. Şekil 3.37.'de yer almaktadır.



Şekil 3.37. Bant uçlarının hizalanarak birleştirilmesi

- 60 mm olan kapaklar, ince kauçuklar ile saçlı sollu olacak şekilde doldurulup örölür. Her atılan kauçuk arasına solüsyon sürölür. Bu işleme, Şekil 3.38.'da görölceği üzere kapakları doldurma ya da örme işleme denilmektedir. Sonrasında kauçukların bant dışına gelen fazlalıkları kesilir.



Şekil 3.38. Kapakların doldurma işleme

- Aynı zamanda bandın üst bölgesine de Şekil 3.39.'da göröldüğü üzere gazete kâğıdı konup, solüsyonun üst traverse yapışması önlenir.



Şekil 3.39. Üst bant ile travers arasında gazete kâğıdı yerleştirilmesi

- Üst traversler yerleştirilir. Traverslerin birleşmesi için kenarlardan saplamalar yerine yerleştirilip sıkılır. 380 V besleme yapılarak kablo bağlantısı yapılıp, panoya enerji gelip gelmediği kontrol edilir. Sonra ısıtıcı kabloları trafo ile travers arasında bağlantı yapılır. Şekil 3.40. ve Şekil 3.41.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.40. Üst traverslerin yerleştirilmesi



Şekil 3.41. Saplamaların sıkılması

- Su soğutmalı kaynak makinesinde, traversler arasına su verilmesi için elektrik pompası bağlantısı yapılır.

- Enerji verilmeden önce elektrik pompasının motor basıncı, kapasitesi olan 8 bara otomatik olarak çıkar. Şekil 3.42.'de elektrik pompası bağlantısı görülmektedir. Panodan otomatik enerji verilerek pişirme yani vulkanizasyon işlemine başlanır.



Şekil 3.42. Elektrik pompası bağlantısı

- Sıcaklık değeri 80°C'ye ulaştığı zaman basınç değeri 6 bara otomatik olarak gelir. Sıcaklık değerinin 145°C'ye ulaşması yaklaşık 30-40 dakikayı bulmaktadır.
- Sıcaklık 145°C'ye geldiğinde 30 dakika vulkanizasyon gerçekleşir. Vulkanizasyon gerçekleştikten sonra enerji kesilir. Tankın giriş hortumları bağlanarak traversler arasına su verilir ve soğutma işlemine başlanır. Şekil 3.43. ve Şekil 3.44.'de tank ve hortum bağlantıları görülmektedir.



Şekil 3.43. Su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi su tankı



Şekil 3.44. Su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi bağlantı hortumları

- Soğutma işlemi bittikten sonra buhar çıkış hortumları ile de buhar dışarı atılır. Daha sonra kaynak makinesi sökülür. Şekil 3.45.'de buhar çıkışı görülmekte, Şekil 3.46.'da ise kaynak makinesi sökülmektedir.



Şekil 3.45. Soğutma işleminden sonra buhar çıkışı



Şekil 3.46. Kaynak makinesinin sökülmesi

- Su verme işleminden sonra bant ortalama 20-30 dakika arasında soğumaktadır. Haznede yani tankta yer alan su fazla ise soğuma daha hızlı gerçekleşmektedir.

BÖLÜM 4

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Soyubol, yaptığı çalışmasında elastomer malzemelerin statik ve dinamik özelliklerini etkileyen parametreleri incelemiş ve vulkanizasyon parametrelerinin değiştirilerek farklı özelliklere sahip parçalar elde edilebileceğini ortaya koymuştur. Vulkanizasyon sürelerinin değiştirilmesiyle elde edilen ölçümlerde, pişme süresinin artmasıyla kopma uzamasındaki değişimi ve elastomer tipinin bu değişim için önemli bir faktör olduğu gözlenmiştir. 175°C'de 6 ve 8 dakika vulkanize edilmiş EPDM ve NR hammaddeli numunelerinin kopma ve uzama değerleri incelenmiştir [20].

Hardygora ve arkadaşları, konveyör bantlardaki eklem yerlerinin analizi üzerine yaptıkları çalışmada, kat sayısına bağlı olarak mukavemet kaybının %30 ile %45 arasında değişebileceğini, en güçlü eklemlerin aynı mukavemet özelliklerine sahip kayışlar arasında yapılabileceğini, Wrocław Teknoloji Üniversitesi Bant Taşıma Laboratuvarı'nda (LTT) yapılan testlere göre, sıcak vulkanizasyon ile birleştirilmiş tabakaları azaltarak, orta tabakaların, eklemlerin mukavemetini kaybetmeden dış eklemlerden daha kısa olabileceğini göstermiştir [15].

Akın Şahbaz, konveyör bantların sıcak pres yapıştırma ve soğuk vulkanize yapıştırma işleminden sonra aynı noktalarından alınan test numuneleri incelendiğinde, kesme gerilimi değerlerinin sıcak pres yapıştırma işleminde 2070 N, soğuk vulkanize yapıştırma işleminde 2920 N olduğunu tespit etmiş, elde edilen sonuç ile sıcak pres yapıştırma bölgesine geliştirilen soğuk vulkanize yapıştırıcının uygulanabileceğini göstermiştir [13].

Mazurkiewicz, yapmış olduğu çalışmasında kauçuk malzemelerin yapıştırılması için belirlenen yöntemlerin endüstriyel uygulaması açısından önemli bir konu olduğu, konveyör bandının birleştirilmesinde kullanılan kauçuk yapıştırıcılar için önemli olanın mukavemet özellikleri olduğu, bir numunenin kesit alanının stabil bir ölçümü

garanti eden bir metoda dayalı mukavemet testleri kullanılarak oluşturulduğu, bu çalışmalar sayesinde söz konusu mukavemet parametrelerine ait kesin değerlerin ve konveyör bandının analiz edilen bileşen malzemeleri ile yapışkanla bağlanmış derzinin sayısal bir model oluşturulmasında kullanılacak uygun özelliklerinin belirlenmesini sağladığı belirtilmiştir [21].

Öztürk, yaptığı çalışmasında EPDM ve doğal kauçuklar ile yapılan deneylerde farklı hızlandırıcıların sadece vulkanizasyon süresini kısaltmadığı, buna bağlı olarak birçok fiziksel özelliğin de etkilendiği görülmüştür. Ayrıca hızlandırıcı miktarı arttıkça, vulkanizasyon hızlanmış, pişmeye başlama zamanı biraz kısaldıktan sonra artmış ve çok değişikliğe uğramamıştır. Kopma dayanımı ve uzama miktarı hızlandırıcı miktarı arttıkça artmış, sonrasında azalma göstermiştir. EPDM karışımlar için en kısa pişme zamanlarını ditiyokarbamatlar ve tiuramlar ile sağlanmıştır. En uzun pişme zamanlarını ise orta derece hızlandırıcılar olan merkaptoları göstermiştir [22].

Gerdemeli, “Sürekli Transport Teknikleri - Bantlı Konveyörlerin Konstrüksiyonu” adlı çalışmasında bantlı konveyörleri oluşturan ana elemanları ve özelliklerinden, makara konstrüksiyonu ve tahrik tamburu ile ilgili hesaplamalarından, konveyör bant çeşitlerinden ve bantlı konveyörlerin işletmesi ve bakımından bahsetmiştir [23].

Tümay, yaptığı çalışmada 60 derecelik açı yöntemi ile kauçuk bantların vulkanizasyon yöntemi ile birleştirme aşamalarını ele alarak karşılaşılan engellerden bahsetmiştir [24].

Akyüz, “Tabii Kauçuk (NR) / Stiren Bütadien Kauçuk (SBR) Esaslı Burçların Üretimi ve Test Yöntemleri” çalışmasındaki reometrik veriler tüm karışımlar için analiz edildiğinde, NR oranı arttığında sertlik verilerinde de artış gözlemlendiğini belirtmiştir. NR/SBR karışımlarındaki fizikomekaniksel test sonuçlarına göre, formülde yer alan SBR oranı azalıp NR oranı arttığında çekme mukavemetinin de arttığı, ancak kopma uzama verilerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Dispersiyon test sonuçları incelendiğinde, dispersiyondaki artış NR kauçuğunun artmasıyla görülmüştür. Çalışmalar neticesinde SBR kauçuğunun NR kauçuğun mekanik özelliklerine göre daha kötü sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Bu etkinin aynı

zamanda vulkanizasyon parametrelerine bakıldığında SBR oranının yüksek olduğu formülasyonda diğerlerine göre daha yüksek derecede vulkanizasyonun gerçekleştiği görülmüştür [12].

Zhaoxiang Zhang ve arkadaşları, yapmış olduğu çalışmasında vulkanizasyonun kauçuk conta üzerindeki etkilerini incelemek üzere termal genleşme, soğuk büzülme ve büzülme dikkate alan bir gerilme-gerinim ilişkisini gösteren modelleme oluşturulmuş ve kauçuk conta vulkanizasyonundan kalıp açıklığına kadar olan sürecin termal-mekanik-kimyasal bağlanması için geçici bir analiz yöntemi geliştirilerek kauçuk contanın kalıptaki ve soğutma sonrası boyutsal değişimleri öngörülmüştür. Araştırma sonuçlarında, vulkanizasyon sıcaklığındaki bir artışın, contanın boyutsal büzülmesinde bir artışa neden olduğu görülmüştür. Vulkanizasyon sıcaklığı 165°C'den 185°C'ye yükseldiğinde, boyutsal büzülme oranı doğrusal olmayan bir şekilde %3,2'den %3,8'e yükselmiştir. Vulkanizasyon kalıplama süresinin, termal stres salınımını sınırlayan kauçuğun yüksek elastik modülüyle ilişkili olabilecek daha büyük bir conta büzülmesine neden olduğu, Örnek olarak, 175°C'lik vulkanizasyon sıcaklığı için, boyutsal büzülme oranı, vulkanizasyon reaksiyonunun neden olduğu büzülmedeki her % 1'lik artış için % 0.206 oranında artmıştır [25].

Chen ve arkadaşları, yapmış olduğu çalışmasında ZnS (Çinko Sülfür) filmini, kükürt buharı atmosferinde 2 saat, 4 saat, 6 saat ve 8 saat boyunca 440 ° C'de vulkanizasyon ile hazırlamıştır. Numunelerin kristal yapısı, yüzey morfolojisi, mikroskobik kusurları ve optik özellikleri, XRD, SEM, yavaş pozitron ışını Doppler genişletme spektroskopisi ve UV görünür spektrofotometre ile geriye dönük olarak ölçülmüştür. Sonuçlarda, vulkanizasyon süresinin numunelerin kristallliği ve optik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiş, vulkanizasyon süresi arttıkça numunelerin kristallliğinin de arttığı görülmüştür. Ancak aşırı vulkanizasyon süresi, numune kristallliğini zayıflatmıştır. 6 saatlik vulkanizasyon süresinde numunelerin kristallliğinin en iyi olduğu ve bant aralığı değerinin 3,49 eV (elektronvolt) olduğu saptanmıştır. Vulkanizasyon süresi araştırılarak 440°C'de en uygun vulkanizasyon süresi bulunmuş ve düşük sıcaklıkta vulkanizasyon ile hazırlanan ZnS filminin özellikleri optimize edilerek çeşitli optoelektronik cihazlarda potansiyel olarak kullanılmıştır [26].

Dayıoğlu, yapmış olduğu çalışmasında doğal kauçuk (NR) esaslı parçalarda vulkanizasyon parametrelerini incelemiş, sıcaklık 160°C sabitken, 3, 5, 10 ve 15 dakikalık farklı vulkanizasyon sürelerinde kükürt pişirici sistemi ile vulkanizasyon işlemi uygulamıştır. Hazırlanan numunelerde yoğunluk, sertlik, çekme mukavemeti ve kopma uzaması gibi yöntemler kullanılmış, testlere göre vulkanizasyon süresi ile çapraz bağ yoğunluğunun arttığı, 10 dakikada en yüksek değere ulaştığı, sonrasında ise negatif yönde etki gösterdiği, mekanik testlerde vulkanizasyon süresi 10 dakika olan numunelerin performansının en iyi olduğu ve maksimum çalışma ömrüne sahip olduğu gözlemlenmiştir. Belirli bir vulkanizasyon süresi aşıldığında NR kauçukların eski haline döndüğü ve malzemenin üstün özelliklerinin kaybolduğu grlmştir [11].

4.1. LİTERATÜR ARAşTIRMASININ GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Bantlı konveyörlerde meydana gelen aşınmalar için bant ekleme yöntemi olarak uygulanan vulkanizasyon yönteminin farklı çalışmalarda kullanılan malzeme ve parametrelere ait sonuçları incelenmiştir. Bu çalışmalarda, vulkanizasyon sürecine etki eden faktörler incelendiğinde vulkanizasyon sıcaklığı, vulkanizasyon süresi gibi parametrelerin kullanılan malzemedeki çekme dayanımı, kopma uzaması, sertlik, yoğunluk değerlerindeki etkilerine göre parametrelerin uygun aralıklarda seçilmesinin önemi vurgulanmıştır.

Kardemir A.ř.'de kullanılan su soğutmalı kaynak makinesinin kullanımını artırılması ile olabilecek arıza durumlarında bandın tesiste kullanımının daha kısa sürede gerçekleşmesini sağlayarak duruş süresinin azaltılması, bunun sonucunda oluşabilecek maliyetlerin önüne geçilmesi ve literatüre katkı sağlamak amacıyla bir sonraki çalışmada hem sıcaklık hem vulkanizasyon süresinin ortak etkisinin incelenmesi planlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan vulkanize kaynak makinesinin özelliklerinin farklı olması literatüre katkı sağlamıştır.

BÖLÜM 5

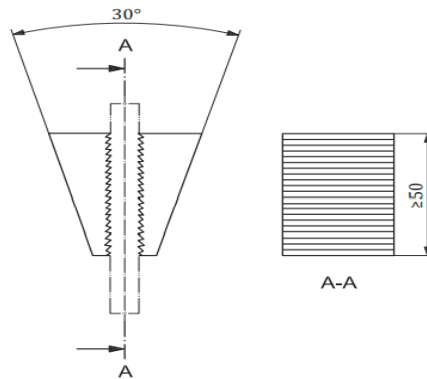
DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. MATERYAL VE METOT

Yapmış olduğumuz çalışmada, Kardemir A.Ş. Sinter Müdürlüğü tesisinde kullanılan konveyör bantların vulkanize kaynak yöntemi ile birleştirme esnasında kaynak süresinin bant mukavemetine olan etkisi incelenmektedir. Konveyör bant olarak, EP800-1000-5-6/3 mm A tipi aşınmaya dayanıklı bant kullanılmıştır.

Kapasitesi 1000 t/h olan bu bant tesiste malzeme naklinin tesisler arasında iletimi esnasında kullanılmakta ve sinter, kok tozu, kireç tozu ve cevher malzemelerini taşımaktadır. TS EN ISO 283 standardı, kullanmış olduğumuz konveyör bant için, yapılan vulkanize kaynak yönteminde kullanılmaktadır.

Bu standartta, tekstil dokulu konveyör bantların kopma noktasındaki uzamanın belirlenmesi ile ilgili yapılacak test yöntemi anlatılmaktadır. Çekme test cihazının (100 ± 10) mm/dakika kesintisiz olarak sabit bir hızda uzama yapabilen bir cihaz olması istenmektedir. Ayrıca, cihazda Şekil 5.1.'de görüleceği üzere cihazda enine tırtıklı çenelerin kullanılması önerilmektedir [27].



Şekil 5.1. Çekme test cihazının tırtıklı çeneleri [27].

5.1.1. Vulkanize Kaynak Yöntemi ile Birleştirme İşlemine Ait Deney Metodu

Deneylelerimizde, Kardemir A.Ş. Kalite Güvence Metalurji ve Laboratuvarlar Müdürlüğü, Mekanik Fizik ve Test Laboratuvarında kullanılmakta olan Zwick SP-1200 marka çekme test cihazı kullanılmıştır. Söz konusu çekme test cihazı aşağıdaki Şekil 5.2.'de yer almaktadır.



Şekil 5.2. Zwick Roell çekme test cihazı

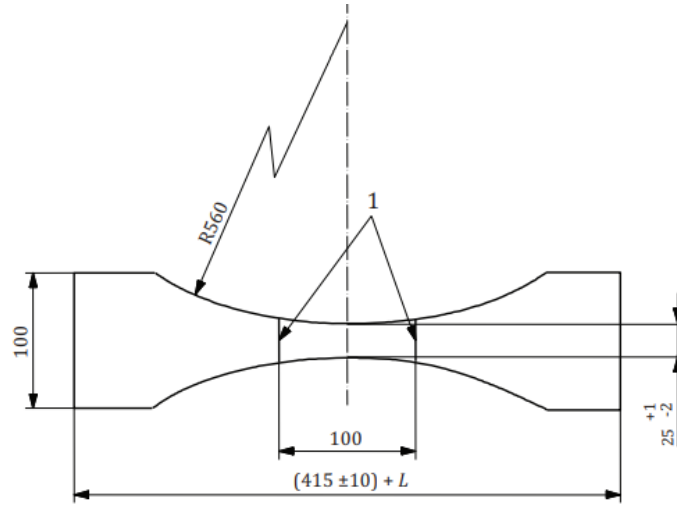
Cihaz 120 ton kapasiteli Hidrolik sistemli dinamik çekme test cihazıdır. Cihazda çekme testleri yansıra basma testleri de yapılabilmektedir.

Cihazın çeneleri V çene tipli olup numuneyi çift yönlü kısıpaca alarak tutmaktadır. Hidrolik sistem ile çalışan cihaz, Zwick Test Expert I yazılımıyla çalışmakta ve bu yazılımla beraber birçok parametreyi hesaplayarak sonuç verebilmektedir. Cihaz otomatik ekstansometre cihazı ile numune üzerinde otomatik olarak uzamaya bağlı ölçümler yapılabilmektedir.

5.2. NUMUNE HAZIRLAMA

Çekme deneyi yapılacak olan bant numunelerine, aşağıdaki Çizelge 5.1.'de yer alan sürelerde vulkanizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Vulkanizasyon sıcaklığı 145°C'de

sabit olacak şekilde, 15, 30, 45 dakikalık süreler için 3' er adet numune ve hiç işlem görmemiş bant için de 3 adet numune olmak üzere toplamda 12 adet numune hazırlanmıştır. ISO 37'ye göre numuneler papyon aparatına göre kesilmiştir [28]. TS EN ISO 283 standardında yer alan B Tipi şablon kullanılarak kesim işlemi yapılmıştır. Numuneler, bandın uzunlamasına doğru, kenarlardan 50 mm mesafe içeriden kesilmiştir. Tüm numuneler kopma oluşana kadar çekme deneyine tabi tutulmuştur. B Tipi papyon numune aparatı aşağıdaki Şekil 5.3.'de yer almaktadır.



Şekil 5.3. B tipi papyon aparatı [27].

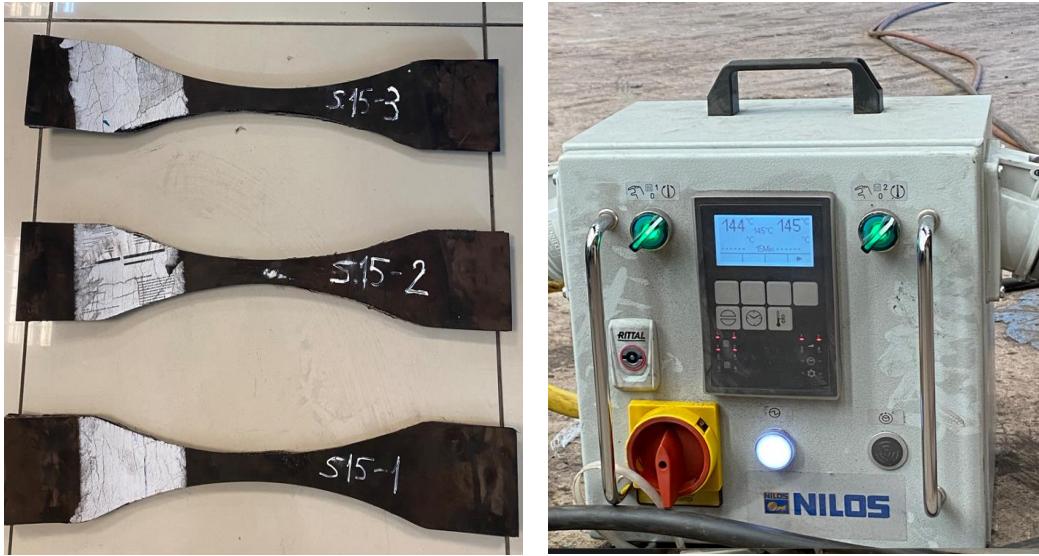
Çizelge 5.1. Vulkanizasyon süresi ve hazırlanan numune sayısı

Numune Adı	Numune Sayısı	Vulkanizasyon Süresi	Vulkanizasyon Sıcaklığı
İşlemsiz Bant Numuneleri			
N-1,2,3	3 Adet	İşlemsiz Bant	İşlemsiz Bant
Su Soğutmalı Kaynak Makinesi ile Hazırlanan Numuneler			
S-15-1,2,3	3 Adet	15 Dakika	145°C
S-30-1,2,3	3 Adet	30 Dakika	145°C
S-30-1,2,3	3 Adet	45 Dakika	145°C

Farklı vulkanize kaynak sürelerinde B Tipi papyon aparatına göre kesilerek hazırlanan numune resimleri aşağıdaki gibidir. (Şekil 5.4., Şekil 5.5., Şekil 5.6., Şekil 5.7., Şekil 5.8.).



Şekil 5.4. İşlemsiz bant numuneleri



Şekil 5.5. 15 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan numuneler



Şekil 5.6. 30 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan numuneler



Şekil 5.7. 45 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan numuneler

5.3. ÇEKME DENEYİ

Teste başlamadan önce çekme test cihazının çenelerinin konumu numunelere uygun bir şekilde hazırlanmaktadır. B Tipi şablon için çene konumları 415 ± 10 mm ölçüsüne göre ayarlanmıştır.

Uygun çenelerin belirlenip takılması ve ayarlanmasından sonra, test numunesi çeneler arasına yerleştirilerek sabitlenmiştir. Numunenin çenelere yerleştirilmesinde ilk önce üst çeneler, daha sonra alt çeneler sıkılmıştır. Bu işlem cihazın kumanda üzerinden de yapılabilmektedir.

Numunenin yerleştirilmesinden sonra cihaz menüsünden start tuşuna basılarak test başlatılmıştır.

Start verilmesiyle ekrana çıkan pencereye numunenin çapı, kalınlığı ve genişliği gibi bilgiler girilmiş ve n yük uygulandıktan sonra ekstansometre çeneleri otomatik olarak kapanmıştır. Cihazın güvenlik kabin kapağı kapatıldıktan sonra, cihaz bağlı olan numuneyi çekmeye başlamıştır. Bu esnada cihaz yazılımından numunenin göstermiş olduğu dirence karşı grafiksel veriler oluşmaya başlamıştır.

Numunedeki uzama miktarına göre belirlenecek test süresi sonunda malzeme kopacaktır. Kopma olduktan sonra cihaz bu işlemi otomatik olarak algılamaktadır ve böylelikle yükten düşen cihaz otomatik olarak testi sonlandıracaktır.

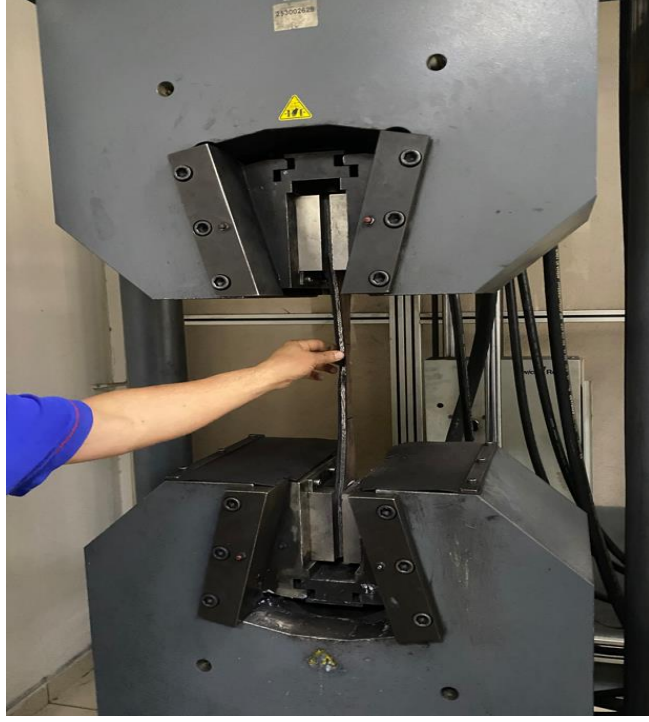
Numunenin kopması sonrasında ekstansometre çatalları da otomatik olarak numune üzerinden ayrılacak ve ilk konumuna geri dönecektir.

Kopan numune çenelerin gevşetilmesiyle çenelerden alınarak değerlendirme için tezgh üzerine bırakılır veya direk olarak hurdaya atılabilir.

Biten testin ardından test yazılım programında, tespit edilen tüm test sonuçları görülecektir.

Aynı Şekilde çok adetli numuneler olduğunda bu işlemler tekrarlanır ve her numune için ayrı ayrı veriler program ekranında oluşacaktır.

Yapılan deneylere ait örnek numune resmi Şekil 5.8.' da gösterilmektedir.



Şekil 5.8. Vulkanize kaynak yapılan bant numunesine uygulanan çekme deneyi

BÖLÜM 6

DENEYSEL SONUÇLAR

Bantlı konveyör kullanan tesislerde zamanla çevresel koşullar, çalışma koşulları ile bandın maruz kaldığı yüklerden dolayı bantlarda aşınmalar ve yıpranmalar meydana gelmektedir. Malzemelerin hat boyunca iletilmesinde tesislerin sürekliliği önem arz ettiğinden en iyi mukavemet ve dayanıklılık sağlayan vulkanize kaynak ile bant birleştirme yöntemi tercih edilen uygulamalar arasındadır. Bandın ek yerlerinin mukavemeti birleştirme yöntemine ve bant malzemesinin kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Birleştirme esnasında uygulanan vulkanizasyon süresi, sıcaklık ve basıncın doğru aralıklarda seçilerek birleştirme işleminin yapılması bandın ek yerlerinin uzun ömürlü olmasını sağlayan en önemli parametrelerdir.

Bu bölümde, Kardemir A.Ş. Sinter Müdürlüğü'nde kullanılan konveyör bantların vulkanizasyon yöntemi ile birleştirme esnasında uygulanan vulkanizasyon süresinin bandın mukavemetine olan etkisinin deneysel olarak incelenmesi ve neticelerinin değerlendirilmesi konu edilmektedir.

Yapılan çekme testi sırasında oluşan maksimum kuvvet değeri, test parçasının genişliğine bölünür. Bu değer N/mm olarak ifade edilmektedir. 3 adet işlemsiz bant numunesi, su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi ile 15,30,45 dakikalık vulkanizasyon süresine göre hazırlanan 3'er adet olmak üzere toplamda 12 adet bant numunesi için bulunan bu değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Buna göre, F_{max} kopma mukavemeti, bandın en dar genişliği D_0 olmak üzere, bandın kopma mukavemeti $\sigma_k = \frac{F}{D_0} \left(\frac{N}{mm} \right)$ olarak ifade edilmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda hazırlanacak olan test raporunda, TS EN ISO 283 standardına göre test edilen bandın malzeme tanımı, uluslararası standartlara referansı, kullanılan test parçasının tipi, test sırasındaki sıcaklık ve bağıl nem, uzunlamasına

yönde N/mm cinsinden ortalama gerilme mukavemeti gibi bilgilendirmenin yer alması gerektiği belirtilmiştir.

Aşağıdaki Çizelge 6.1.'de işlemsiz bant numunelerine ait çekme dayanımı test sonuçları yer almaktadır.

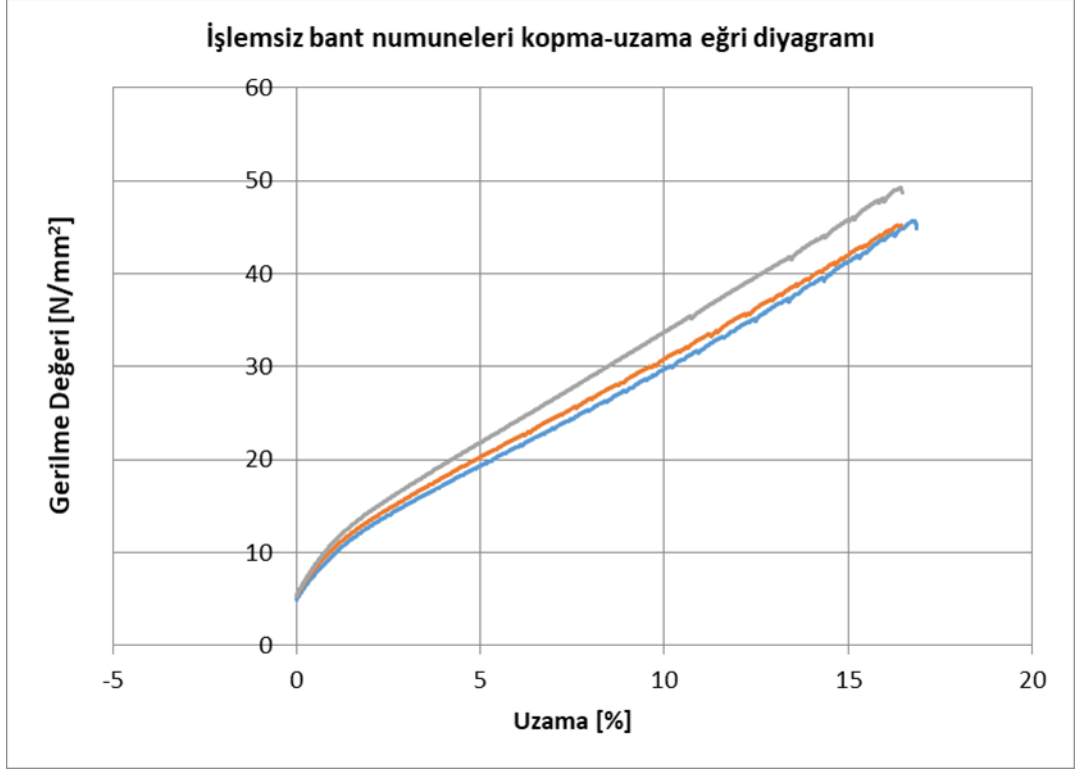
Gerilme Değeri [N/mm²]

Çizelge 6.1. İşlemsiz bant numunelerine ait çekme dayanımı değerleri.

Numune No	Kalınlık (mm)	Kesit (mm-D ₀)	Kesit Alanı – S ₀ (mm ²)	F _{max} - Çekme Kuvveti – (N)	Çekme Dayanımı (N/mm)	Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm)
N-1	16	28	439,60	20098	717,79	739,60 ± 37,69
N-2	16	26	412,91	18665	717,88	
N-3	16	26	412,91	20361	783,12	

Bu sonuçlara göre, işlemsiz bant numunesinin ortalama kopma mukavemeti 739,60 N/mm'dir. EP800/5 bant için, EP160 bez cinsinde 5 katlı bant toplam boyuna kopma mukavemeti ≥ 800 N/mm olması gerekmektedir. Test sonuçlarındaki değer, standarda göre belirlenen 800 N/mm kopma mukavemeti değerinin altında kalmıştır. Bu duruma, kullanılan bandın stoklarda 1-2 yıl civarında beklemiş olması ve bandın temin edildiği firmanın istenilen şartlara uygun gönderim yapıp yapmamasının etkisi olduğu düşünülmektedir.

İşlemsiz bant numunelerinin Şekil 6.1.'de kopma-uzama diyagramı, Şekil 6.2.'de örnek olarak N-1 no'lu numunenin kopma resmi gösterilmektedir.



Şekil 6.1. İşlemsiz bant numunelerine ait kopma-uzama eğri diyagramı.



Şekil 6.2. N-1 no'lu numunenin çekme deneyi sonrası kopması.

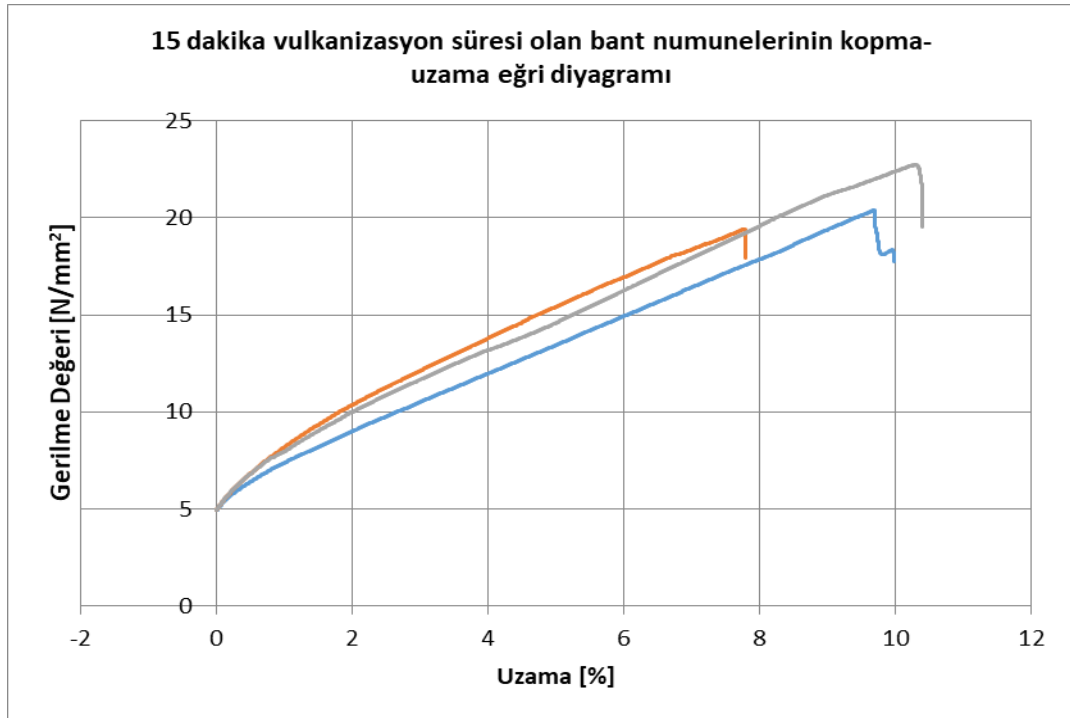
Su soğutmalı kaynak makinesi ile birleştirme yapılan bant numunelerine ait deney sonuçları Çizelge 6.2., Çizelge 6.4. ve Çizelge 6.6.' de gösterilmektedir.

- 15 dakika vulkanizasyon süresi uygulanan numunelere ait değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.2. S-15 no'lu numunelere ait çekme dayanımı değerleri

Numune No	Kalınlık (mm)	Kesit (mm-D ₀)	Kesit Alanı – S ₀ (mm ²)	Fmax - Çekme Kuvveti – (N)	Çekme Dayanımı (N/mm)	Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm)
S15-1	16	25	415,00	8464	338,56	339,12 ± 16,92
S15-2	16	23,6	391,76	7613	322,58	
S15-3	16	25	391,76	8910	356,40	

15 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan bant numunelerinin Şekil 6.3.'de kopma-uzama diyagramı, Şekil 6.4.'de örnek S-15-3 no'lu numunenin kopma resmi gösterilmektedir.



Şekil 6.3. 15 dakika vulkanizasyon süresi olan bant numunelerinin kopma-uzama eğri diyagramı



Şekil 6.4. S-15-3 no'lu numunenin çekme deneyi sonrası kopması

Aşağıda yer alan Çizelge 6.3.'de 15 dakika vulkanizasyon süresinde hazırlanan banda ait bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 6.3. Vulkanizasyon süresi 15 dakika olan bant bilgileri.

Özellikler		Deney Sonuçları
Genişlik	(mm):	1000
Bez Kat Sayısı	(no):	5
Üst Kaplama Kalınlığı	(mm):	6
Alt Kaplama Kalınlığı	(mm):	3
Toplam Kalınlık	(mm):	16
Ortalama Boyuna Bant Kopma Mukavemeti	(N/mm):	339,12 ± 16,92
% Cinsinden güç değeri	(339,12/739,60)*100	%45,85

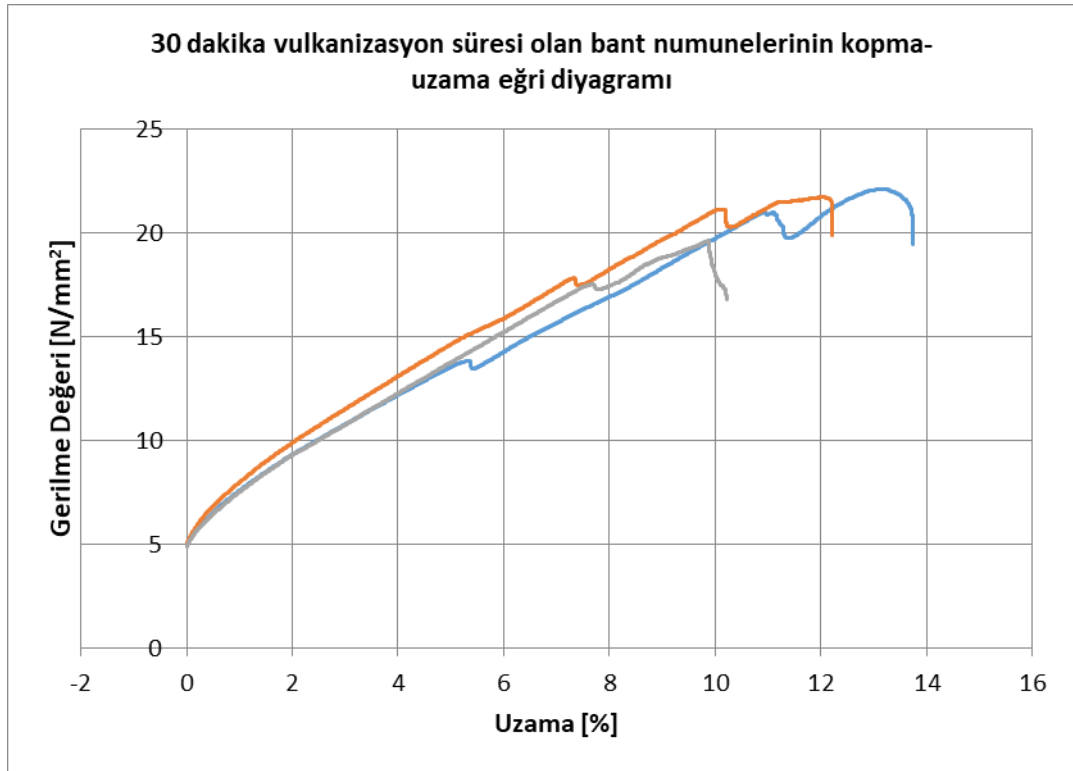
15 dakika vulkanizasyon süresi uygulanan bant numunelerinin, işlemsiz banda göre % 54,15 oranında mukavemet kaybına uğradığı, yani %45,85 oranında mukavim olduğu görülmüştür.

- 30 dakika vulkanizasyon süresi olan numunelere ait değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.4. S-30 no'lu numunelere ait çekme dayanımı değerleri

Numune No	Kalınlık (mm)	Kesit (mm-D ₀)	Kesit Alanı – S ₀ (mm ²)	Fmax - Çekme Kuvveti – (N)	Çekme Dayanımı (N/mm)	Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm)
S30-1	16	25	422,50	9349	373,96	353,51 ± 27,98
S30-2	16	26,2	440,16	9562	364,96	
S30-3	16	26	425,70	8362	321,62	

30 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan bant numunelerinin Şekil 6.5.'de kopma-uzama diyagramı, Şekil 6.6.'da örnek olarak S-30-3 no'lu numunenin kopma resmi gösterilmektedir.



Şekil 6.5. 30 dakika vulkanizasyon süresi olan bant numunelerinin kopma-uzama eğri diyagramı



Şekil 6.6. S-30-3 no'lu numunenin çekme deneyi sonrası kopması

Aşağıda yer alan Çizelge 6.5.'de 30 dakika vulkanizasyon süresinde hazırlanan banda ait bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 6.5. Vulkanizasyon süresi 30 dakika olan bant bilgileri.

Özellikler		Deney Sonuçları
Genişlik	(mm):	1000
Bez Kat Sayısı	(no):	5
Üst Kaplama Kalınlığı	(mm):	6
Alt Kaplama Kalınlığı	(mm):	3
Toplam Kalınlık	(mm):	16
Ortalama Boyuna Bant Kopma Mukavemeti	(N/mm):	353,51 ± 27,98
% Cinsinden güç değeri	$(353,51/739,60) * 100$	%47,80

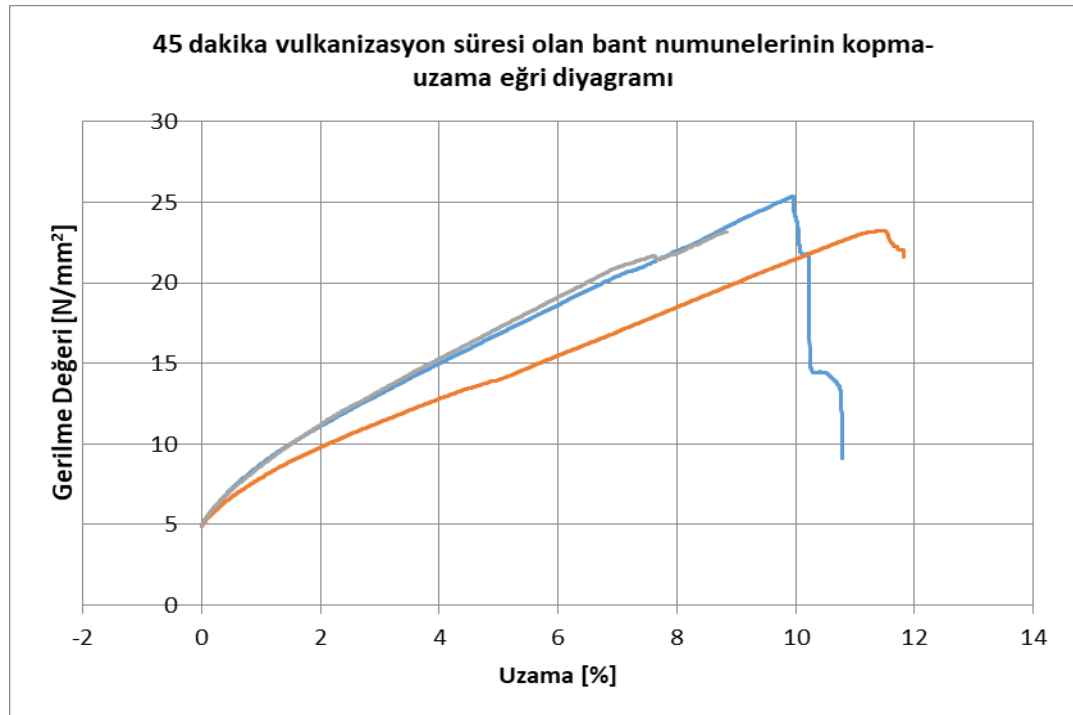
30 dakika vulkanizasyon süresi uygulanan bant numunelerinin, işlemsiz banda göre % 52,20 oranında mukavemet kaybına uğradığı, yani %47,80 oranında mukavim olduğu görülmüştür.

- 45 dakika vulkanizasyon süresi olan numunelere ait değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.6. S-45 no'lu numunelere ait çekme dayanımı değerleri

Numune No	Kalınlık (mm)	Kesit (mm-D ₀)	Kesit Alanı – S ₀ (mm ²)	Fmax - Çekme Kuvveti – (N)	Çekme Dayanımı (N/mm)	Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm)
S45-1	16	25	411,60	10438	417,52	399,23 ± 15,86
S45-2	16	27	453,90	10552	390,81	
S45-3	16	20	336,00	7787	389,35	

45 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan bant numunelerinin Şekil 6.7.'de kopma-uzama diyagramı, Şekil 6.8.'de örnek olarak S-45-2 no'lu numunenin kopma resmi gösterilmektedir.



Şekil 6.7. 45 dakika vulkanizasyon süresi olan bant numunelerinin kopma-uzama eğri diyagramı



Şekil 6.8. S-45-2 no'lu numunenin çekme deneyi sonrası kopması

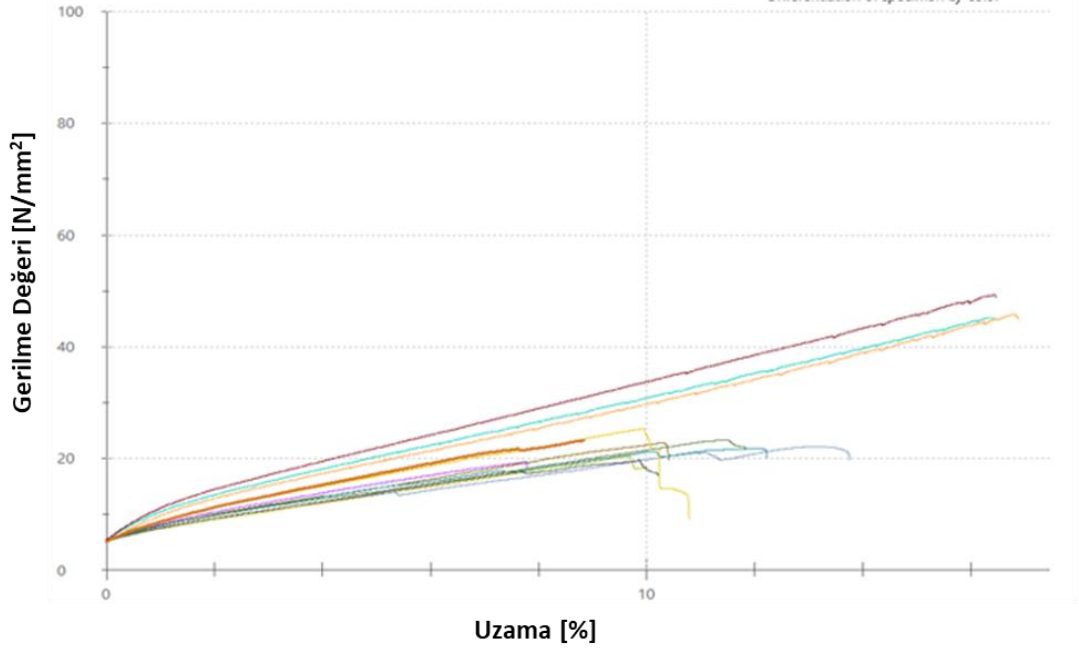
Aşağıda yer alan Çizelge 6.7.'de 45 dakika vulkanizasyon süresinde hazırlanan banda ait bilgiler yer almaktadır.

Çizelge 6.7. Vulkanizasyon süresi 45 dakika olan bant bilgileri.

Özellikler		Deney Sonuçları
Genişlik	(mm):	1000
Bez Kat Sayısı	(no):	5
Üst Kaplama Kalınlığı	(mm):	6
Alt Kaplama Kalınlığı	(mm):	3
Toplam Kalınlık	(mm):	16
Ortalama Boyuna Bant Kopma Mukavemeti	(N/mm):	399,23 ± 15,86
% Cinsinden güç değeri	$(399,23/739,60)*100$	%53,98

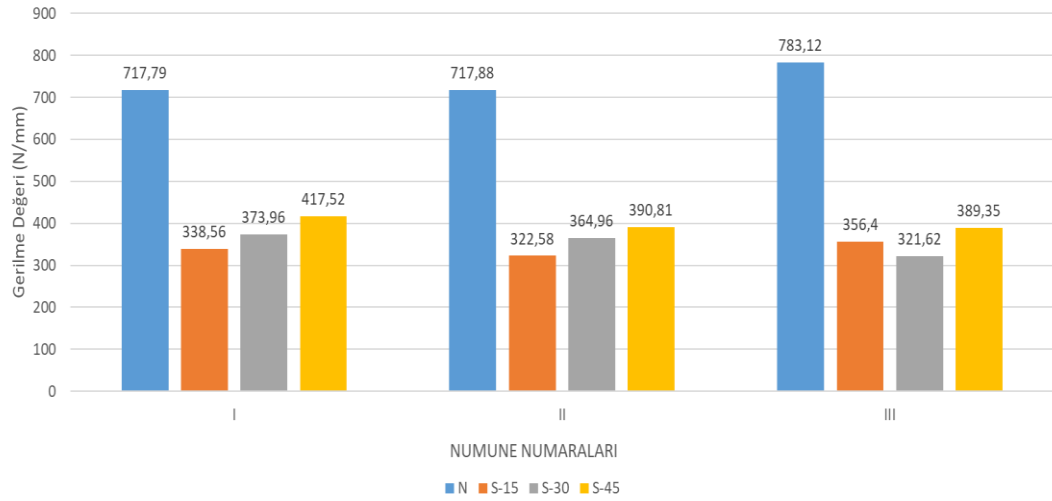
45 dakika vulkanizasyon süresi uygulanan bant numunelerinin, işlemsiz banda göre % 46,02 oranında mukavemet kaybına uğradığı, yani %53,98 oranında mukavim olduğu görülmüştür.

Aşağıdaki Şekil 6.9.'da su soğutmalı kaynak makinesi ile hazırlanan 9 adet ve işlemsiz 3 adet bant numunesinin kopma-uzama eğrileri görülmektedir.



Şekil 6.9. 12 adet numuneye ait kopma- uzama eğri diyagramı

Şekil 6.10.'da 12 adet numunenin çekme dayanımları kıyaslanmıştır.



Şekil 6.10. Numunelerin çekme dayanımlarının kıyaslanması

BÖLÜM 7

GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. GENEL SONUÇLAR

Konveyör bantlar, ihtiyaçların artması ile günden güne üretim kapasitesini artıran tesislerin insan gücünün yetersiz kaldığı, bu nedenle makineleşmeye ihtiyaç duyduğu yerlerde sürekli veya parça yüklerin taşınmasında kullanılan sistemlerin başında gelmektedir. Maden ocaklarında, demir çelik fabrikalarında, enerji santrallerinde, cevher, kömür vb. hammaddelerin taşınımında kullanılan bantlı konveyörler hemen hemen her sektörde yer bulmaktadır.

Konveyör bantların birçok yüke maruz kalması ve çevresel koşullardan etkilenmesinden dolayı bantlarda zamanla aşınma ve yıpranma meydana gelmektedir. Bu yıpranmaları onarmak için vulkanize kaynak yöntemi hem mukavemet açısından hem de bant ömrünü uzatmak adına kullanılan önemli bir birleştirme yöntemi olmuştur.

Bu çalışmada, EP800-1000-5-6/3-A tipi aşınmaya dayanıklı bantlar kullanılmış olup, su soğutmalı vulkanize kaynak makinesi ile sıcaklık 145°C’de sabit olacak şekilde 15, 30, 45 dakikalık sürelerde birleştirme yapılmıştır. Ayrıca, işlem görmemiş 3 adet bant numunesi de hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin çekme dayanımları incelenmiş olup, yapılan deneyler neticesinde;

- Normal işlemsiz bandın çekme testi sonuçlarına göre, bandın kopma mukavemeti 739,60 N/mm \pm 37,69 olarak hesaplanmıştır. Bu değer TS EN ISO 14890 standardına göre minimum kopma dayanımı olan 800 N/mm’den düşüktür. Bu duruma, kullanılan bandın stoklarda 1-2 yıl civarında beklemiş olması ve bandın temin edildiği firmanın istenilen şartlara uygun gönderim

yapıp yapmadığı gibi hususların etken olduğu düşünülmektedir.

- Su soğutmalı kaynak makinesi kullanılarak, vulkanizasyon sıcaklığı 145°C’de sabit olacak şekilde, vulkanizasyon süresi 15 dakika olan 3 adet numunenin ortalama kopma dayanımı 339,12 N/mm ± 16,92, vulkanizasyon süresi 30 dakika olan 3 adet numunenin ortalama kopma dayanımı 353,51 N/mm ± 27,98, vulkanizasyon süresi 45 dakika olan 3 adet numunenin ortalama kopma dayanımı 399,23 N/mm ± 15,86 olarak görülmüştür. Normal işlemsiz banda göre mukavemet değerleri aşağıdaki Çizelge 7.1.’deki gibi kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamaya göre vulkanizasyon süresi arttıkça, bant mukavemetinin arttığı gözlemlenmiştir. Vulkanizasyon süresi 45 dakika olan bant numunesinin mukavemet değeri %50’nin üzerine çıkmıştır.

Çizelge 7.1. İşlemsiz banda göre dayanım tablosu

Su Soğutmalı Vulkanize Kaynak Makinesi					
Numune Adı	Sıcaklık	Vulkanizasyon Süresi	Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm)	İşlemsiz Bant Ortalama Çekme Dayanımı (N/mm)	İşlemsiz Banda Göre Mukavemet Değerleri (%)
S-15	145°C	15 Dakika	339,12	739,60	45,85
S-30	145°C	30 Dakika	353,51		47,90
S-45	145°C	45 Dakika	399,23		53,98

- Yapılan birleştirme işlemlerinde su soğutmalı kaynak makinesi ile birleştirilen bandın, tesiste uzun süredir kullanılan klasik kaynak makinesine göre daha kısa sürede soğuduğu görülmüştür. Su soğutmalı kaynak makinesi ile yapılan birleştirmede bant ortalama 20-30 dakika gibi bir sürede soğurken, eski kaynak makinesinde doğal ortamda soğuma gerçekleştiğinden 2-3 saati bulmaktadır. Hava koşulları da bu süreyi etkilemektedir. Su soğutmalı kaynak makinesinin kullanımı, bandın tesiste daha kısa zamanda kullanılmasına olanak sağlamaktadır.

- Farklı vulkanizasyon sürelerinin mukavemet değerlerine etkisi incelendiğinde;

15 dakika vulkanizasyon süresi için hazırlanan numunelerin;

- 30 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan bant numunesinin ortalama çekme dayanımını %100 olarak değerlendirdiğimizde; mukavemet kaybının %4,07,
- 45 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan bant numunesinin ortalama çekme dayanımını %100 olarak değerlendirdiğimizde; mukavemet kaybının %15,06,

30 dakika vulkanizasyon süresi için hazırlanan numunelerin;

- 45 dakika vulkanizasyon süresine göre hazırlanan bant numunesinin ortalama çekme dayanımını %100 olarak değerlendirdiğimizde; mukavemet kaybının %11,45 olduğu gözlemlenmiştir.
- Vulkanize bant kaynaklarında en önemli hususlardan biri de bandın yüzeyinde toz ve nem olmaması, yani bandın kuru bir şekilde olmasıdır. Bunun yanında, bandın yüzeyinde istenmeden bıçak darbesi ya da kaçığı, bandın imal edildiği malzeme kalitesinin kötü olması gibi etkenler de bandın ek yerlerinin açılmasında önemli rol oynamaktadır.
- Su soğutmalı kaynak makinesinin kullanımı tesiste zaman tasarrufu sağlamak ve acil arıza durumunda kullanabilme özelliğine sahiptir. Bu yönüyle avantaj sağlamak, ancak daha pahalı bir makine olduğundan çok tercih edilmemektedir. Kardemir A.Ş. tesislerinde 10 adet klasik kaynak makinesi bulunmakta olup, sadece 1 adet su soğutmalı kaynak makinesi Sinter Müdürlüğü'nde kullanılmaktadır.

7.2. ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı vulkanizasyon sürelerinde birleştirilen numunelerde, kopma mukavemeti değerleri incelenerek sürenin etkisi araştırılmıştır.

Tesiste yeni yeni kullanılmakta olan su soğutmalı kaynak makinesinin kullanımı artırılabilir ve soğuma süresinin daha kısa olmasından dolayı bandın en kısa zamanda hatta kullanılması sağlanabilir.

Vulkanizasyon süresi artmasının, bant mukavemetine olumlu yönde etki ettiği görülmüştür. Su soğutmalı kaynak makinesinde bandın soğuması klasik kaynak makinesine göre daha hızlı gerçekleştiğinden, buradan kazanılan zaman vulkanizasyon süresi olarak değerlendirilebilir ve bu süre artışının etkisi incelenerek ortaya konulabilir.

Farklı vulkanizasyon sürelerinde inceleme yapıldığından, bir sonraki çalışmada hem sıcaklık hem vulkanizasyon süresinin ortak (sinerjistik) etkilerinin incelenmesi ile sıcaklığın bant mukavemetine olan etkisi de ele alınabilir.

KAYNAKLAR

1. Tahsin, E. R. "Bantlı konveyörlerde basınçlı hava risklerini önleme çalışması", *OHS ACADEMY İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi*, 2(2): 30-8, (2019).
2. Sağırılı, A., ve Boğoçlu, M., E., "Transport Tekniği-2 Bantlı ileticiler Ders Notları" *Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, İstanbul
3. Cengiz, C., "Bir bantlı konveyörün sonlu eleman yöntemiyle dinamik analizi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2012).
4. Şimşir, A., "Bantlı konveyörler ve tahrik mekanizmalarının incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2013).
5. Zorlu, H., "Bantlı götürücülerin optimizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi*, Tekirdağ, (2009).
6. Dayan, E., T., "Bantlı konveyör tasarımı ve analizi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2014).
7. Yıldız, V., "Linyit kömür taşıyan bantlı konveyörün tasarımı, analizi ve kontrolü" Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2014).
8. Dedeoğlu, S., "Magnezyum ve kalsiyum boratların sentezi ve konveyör bantlarda yanma geciktirici özelliklerinin araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, (2020)
9. Gürer, H., "Pirinç kabuğu pirolizi ile elde edilen biyoyağın kauçuk hamur karışımında kullanımı" Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, (2021)
10. İnternet: İstanbul Teknik Üniversitesi, "Bant Taşıyıcılar", <https://web.itu.edu.tr/~ismail/band.pdf> (2023).
11. Kor Dayıoğlu, A., "Vulkanizasyon parametrelerinin doğal kauçukların çapraz bağ yoğunluğu ve malzeme ömrü üzerindeki etkisinin incelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, *Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (2018).
12. Akyüz, S., "Tabii kauçuk (NR)/stiren bütadien kauçuk (SBR) esaslı burçların üretimi ve test yöntemleri" Yüksek Lisans Tezi, *Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (2020).

13. Şahbaz, D. A., “Soğuk vulkanize yapıştırıcı üretimi ve uygulama koşullarının değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik, (2017).
14. Konuk, A., “Bantlı konveyör nakliyat sistemlerinin ekonomik ve teknik olarak karşılaştırılması”, *Madencilik*, Mart-Haziran, Cilt: XXI, No:1-2, Eskişehir, (1982).
15. Hardygora, M., Bajda, M. and Blazej, R. “Laboratory Testing of Conveyor Textile Belt Joints Used in Underground Mines”, *Mining Science*, 22: 161-169 (2015).
16. Swinderman, R., Marti, A., Goldbeck, L., Marshall, D. And Strebek, 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).
17. Vahapoğlu, V., “Kauçuk türü malzemeler 1. doğal kauçuk”, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3.(1): 57-70 (2007).
18. 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>(2023).
19. İnternet: Ürün kataloğu, “Özer Konveyör Band Sanayi ve Ticaret A.Ş.”, http://www.ozerband.com/site/Ozerband_Katalog_TR.pdf (2023).
20. Soyubol, B., “Elastomerlerin statik ve dinamik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (2006).
21. 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).
22. Öztürk, E., “Farklı kauçuk karışımlarının vulkanizasyonuna hızlandırıcıların etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, (2008).
23. Gerdemeli, İ., “Bantlı konveyörlerin konstrüksiyonu”, Sürekli Transport Sistemleri, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, (2007).
24. Tümay, A., "Garp linyitleri işletmesinde bant nakliyatı ve karşılaşılan müşküller" *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 11(6): 119-135 (1972).
25. Zhang, Z., Guo, F., Ke Y., Xiang C. and Jia X., "Effect of vulcanization on deformation behavior of rubber seals: Thermal–mechanical–chemical coupling model, numerical studies, and experimental validation" *Materials & Design*, 224: 111314 (2022).

26. Chen, S., Yua, R., Songa, L., Zhang, R., Cao, X., Wang, B. and Zhang, P., "Effect of low temperature vulcanization time on the structure and optical properties of ZnS thin films" *Applied Surface Science*, 498: 143876 (2019).
27. TS EN ISO 14890, Konveyör bantları - Genel amaçlar için - Kauçuk veya plâstik kaplanmış tekstil karkaslı konveyör bantlarının özellikleri, *T.S.E.*, Ankara, (2013).
28. TS ISO 37, Lastikler ve Termoplastikler – Çekme gerilmesi-uzama özelliklerinin tayini, *T.S.E.*, Ankara, (2017).

ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe DANIŞMAN ÇEBİ; ilk ve orta öğrenimini Karabük'te Yenişehir Atatürk İlköğretim okulunda tamamlayarak, liseyi Karabük Demirçelik Lisesi'nden mezun olarak bitirdi. Lisans eğitimini Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği alanında tamamladı ve 2014 yılında mezun oldu. 2016 yılında Kardemir A.Ş. Satınalma Müdürlüğü'nde Satınalma Uzman Yardımcısı olarak göreve başladı ve 2017 yılından beri Satınalma Uzmanı olarak görevine devam etmektedir.