



Araştırma Makalesi / Research Article

NEOPREN/KLOROPREN KAUÇUK FORMÜLASYONU, FİZİKSEL, MEKANİK VE REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

FORMULATION OF NEOPRENE/CHLOROPRENE RUBBER, EXAMINATION OF
THEIR PHYSICAL, MECHANICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES

Nükte TOPRAKSEVER¹

Osman MEHMET²

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbd.1391571>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
nukte.topraksever@istun.edu.tr

Geliş Tarihi / Received
16.11.2023

Kabul Tarihi / Accepted
09.02.2024

Öz

Bu çalışmada geliştirilen alev dayanıklı neopren/kloropren konveyör bant formülasyonunun fiziksel, mekanik ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Öncelikle reolojik özelliklerden vulkanizasyon eğrisi reometre ile elde edilmiş, vulkanize olan kompozitler fiziksel ve mekanik testler için hazır hale getirilmiştir. Belirlenen standartlara göre alınan konveyör bant numunelerine yoğunluk, sertlik, kopma uzaması ve çekme mukavemeti ve aşındırma testleri yapılmıştır. Test sonuçlarına göre, çekme dayanımı; 219,9 N/mm², kopma noktasındaki yük; 290,33 N, kopma noktasındaki uzama yüzdesi; %520,37, sertlik; 59,74±0,90, aşınma; 78,56±2,49 mm³ ve yoğunluk; 1,108±0,051 g/cm³'tür. Yapılan testler Türk Standartları Enstitüsünün yer altı madenlerinde kullanılabilecek tekstil karkaslı kauçuk veya plastik kaplı konveyör bantlar için sunduğu standartlara uyumlu olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Alev dayanıklı konveyör bant, formülasyon, Kauçuk, neopren/kloropren.

Abstract

In this study, physical, mechanical and rheological properties of flame resistant neoprene/chloroprene conveyor belt formulation were investigated. Firstly, vulcanization curve was obtained by rheometer and the vulcanized composites were prepared for physical and mechanical tests. Density, hardness, elongation at break, tensile strength and abrasive abrasion tests were performed on conveyor belt samples taken according to the specified standards. According to the test results, tensile strength; 219,9 N/mm², load at break; 290,33 N, elongation at break; 520,37 %, hardness; 59,74±0,90, abrasion; 78,56±2,49 mm³ and density; 1,108±0,051 g/cm³. The tests were found to be in compliance with the standards of the Turkish Standards Institute for rubber or plastic-coated conveyor belts with textile carcasses that can be used in underground mines.

Keywords: Flame resistant conveyor belt, formulation, rubber, neoprene/chloroprene.

¹İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye.
nukte.topraksever@istun.edu.tr, Orcid.org/0000-0001-8982-2219.

²Bantsan Taşıma Bantları ve Makina Kayışları San. ve Tic. A. Ş., İstanbul, Türkiye.
osmn.mehmet@gmail.com, Orcid.org/0000-0001-6679-1907.

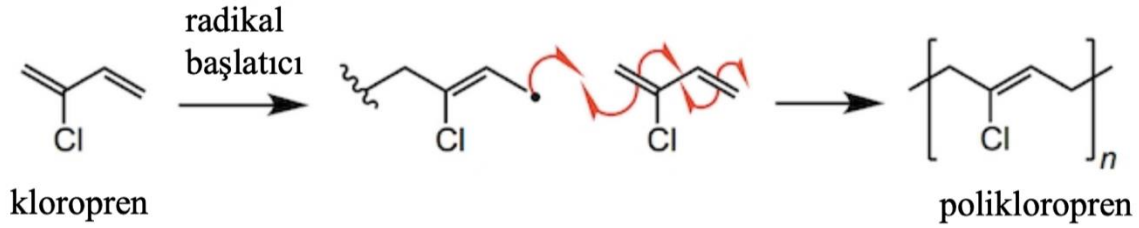
1. GİRİŞ

Kauçuk, *Hevea Brasiliensis* ağacının özsuyundan elde edilen (lateks) bir maddedir (Altundal ve ark., 2022; Vahapoğlu, 2007). Kauçuk, tropik bitkilerden elde edildiğinde doğal kauçuk, petrol türevleri ve alkolden elde edildiğinde sentetik kauçuk olarak adlandırılır. Günlük dilde elastomer ve kauçuk terimi aynı anlamda kullanılmaktadır fakat iki terim kavramsal olarak birbirinden farklıdır (Topçu, 2021). Elastomerler, yüksek elastikiyete sahip polimerik malzemelerdir ve dışardan uygulanan gerilimin ortadan kaldırılmasıyla orijinal durumlarını hızla geri kazanabilirler (Tang ve ark., 2022). Kauçuk ise, uygulanan kuvvet ortadan kalktığında belirli bir zaman diliminde orijinal hallerine dönen makro moleküllerdir. Bu tanımlara göre tüm kauçuk maddeler elastomer iken, tüm elastomerler kauçuk değildir (Vahapoğlu, 2013). Kauçuk konveyör bantlar, havacılık, inşaat, otomobil, maden vb. gibi birçok endüstri kolunda malzeme iletimi için kullanılmaktadır (Tang ve ark., 2022).

Kauçuk tabanlı konveyör bant “karkas” ve “kauçuk kaplama” olmak üzere iki kısımdan oluşur. Karkas yükü taşıyan kısım, konveyör bandın dış görünüşünü oluşturan ve dış etkenlerle temas halinde olan ve karkası koruyan ise kauçuk kaplama kısmıdır. Konveyör bantların çalışacağı ortama göre dayanım göstermesi amacıyla kaplamada kullanılan kauçuğun modifiye edilmesi önemli bir noktadır. Bandın kaplama özellikleri, ısı direncine (ısı ve alev), çözücü direncine, yağ direncine, kimyasal dirence ve fiziksel dayanıma göre değişir (Akpınar Borazan, 2017). Bu özellikler, polimerizasyon reaksiyonlarıyla sentetik kauçukların keşfedilmesi ve polimer kimyanın günden güne gelişmesiyle mümkün hale gelmiş ve çok farklı özelliklere sahip kauçukların geliştirilmesinin önünü açmıştır.

Son üründe elde edilen kauçuk karışımında istenen özellikleri sağlamak amacıyla; polimer (kauçuk), dolgu maddeleri ve katkı maddeleri karıştırılıp vulkanize edilerek (çapraz bağlanarak) bir hamur elde edilir. Kauçuk tabanlı konveyör bant formülasyonlarında kauçuk dışında kullanılan tüm maddeler phr (yüz kauçuk başına parça) olarak belirtilir. phr, yüz parça kauçuk için gerekli miktar anlamına gelmektedir. Kauçuk konveyör bant karışımına ilave edilen maddeler bitmiş üründe istenen özellikleri elde etmek amacıyla kullanılır. Bu basamaklardan en önemlisi kauçuğun çapraz bağlanması için gerekli olan vulkanizasyon sistemidir. Bununla birlikte kauçuk konveyör bant karışımı daha dayanıklı ve maliyeti düşük olmasını sağlamak için bazı dolgu maddeleri kullanılır. Hamurun yumuşak ve esnekliği için plastikleştiriciler kullanılır. Formülasyonda kullanılan tüm maddeler ve proses sırasındaki bozulmalara karşı stabilizatörler konveyör bant karışımlarına eklenir (Leblanc, 2002; Morawetz, 2000). Birçok endüstri kolunda malzemelerin taşınması için kullanılan konveyör bantlar hem herhangi bir sınıflandırma yapılmamış olan normal ortamlarda hem de patlama riski olan ortamlarda kullanılmaktadır. Oksijenle birlikte patlayıcı karışımlar oluşturan ürünler, bir ateşleme kaynağı ile yangın ve patlamaya neden olabilir. Bu gibi riskleri azaltmak için hem ekipmanlar hem de kullanılan kauçuk konveyör bantlar özel yapıda olmalıdır (Păun & Gabor, 2022).

Polikloropren, kloropren kauçuğu, geleneksel olarak kloropren’in (2-kloro-1,3-bütadien) serbest radikal polimerizasyonuyla sentezlenir (Treger ve ark., 2018). Kloropren ve polikloropren kimyasal yapıları ve polimerizasyon reaksiyonu Şekil 1’de verilmiştir (Future Learn, 2024). Kloroprenin yapısında bulunan karbon-klor bağındaki güçlü polarite polimer zincirleri arasındaki kuvveti artırır. Bu da kauçuğa mükemmel mekanik özellikler ve kimyasal stabilite kazandırır. Ayrıca klor, sınırlayıcı oksijen indeksini (LOI) yüksek hale getirerek alev dayanım özelliği sağlar (Jiang ve ark., 2022). Neopren/kloropren kauçuklar kendiliğinden sönen polimer malzemelerdir. Yağa ve ozona karşı direnç gibi değerli özelliklerle birlikte alev direnci ve kablo yalıtımı gibi temel özellikleri de vardır (Karaivanova, 2003).



Şekil 1. Polikloropren Polimerizasyon Reaksiyonu

Kloroprenin sunmuş olduğu bu özellikler nedeniyle alev dayanıklı konveyör bant üretimlerinde kullanımı oldukça yaygındır. Kauçuğun yalın halinde sunduğu bu özelliklerine ek olarak formülasyon aşamasında kullanılacak inorganik alev geciktirici malzemeler ile modifiye edilmesi çok daha yüksek alev dayanım özelliği kazandırmaktadır (Sung & Park, 2015). Bu çalışmada bu tür ortamlarda kullanılmak üzere açık alev karşı dayanım gösterecek özellikte kauçuk tabanlı konveyör bant tasarlanmıştır. Konveyör bandın kaplama kauçuğunu oluşturacak kısımda ise kloropren esaslı bir kauçuk karışımı geliştirilmiş ardından reolojik, fiziksel ve mekanik özellikleri test edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Kullanılan Kimyasallar

Konveyör bant kaplama kauçuğunun formülasyonunda kullanılan kimyasallar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Konveyör Bant Formülasyonunda Kullanılan Kimyasal Maddeler

Kimyasal	CAS No	Marka
Neopren	9010-98-4	Arlanxeo Bypren
HAF N330 (karbon siyahı) >%98	1333-86-4	Iran Carbon Company
Trikloro parafinik yağ	63449-39-8	Burak Kauçuk
Aktif çinko oksit (ZnO) >%96	1314-13-2	Burak Kauçuk
Stearin	683-334-02-1	Burak Kauçuk
Antimontrioksit Sb ₂ O ₃ ≥%99.5	1309-64-4	Ataman Kimya A.Ş.
Alüminyum hidroksit Al(OH) ₃ ≥%90	21645-51-2	Ataman Kimya A.Ş.
Boraks·10H ₂ O Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O >%99	12179-04-3	Ataman Kimya A.Ş.
CZ (CBS) N-sikloheksil-2-benzotiyazosülfonamid	95-33-0	Burak Kauçuk
Kükürt %98	7704-34-9	Burak Kauçuk

2.2. Kullanılan Cihazlar

Konveyör bant kaplama kauçuğunun formülasyon, şekil verme ve analiz cihazlarının marka ve modelleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Konveyör Bant Üretimi ve Testlerinde Kullanılan Cihazlar

Cihaz	Marka	Model
Banburi	Met-Gür Makina	-
Açık mil	Met-Gür Makina	-
Pres makinası	EMSAL	-
Reometre	GLK	GLK3000-MDR
Densitometre	Precisa	LS220A SCS
Aşındırma test cihazı	GLK	GLK3000-AT150
Sertlik ölçme cihazı	KORI SEIKI MFG. CO. LTD.	Type shore A
Çekme/kopma test cihazı	GLK	GLK3000-T5
Dijital kumpas	Insize	1108-150

2.3. Hamur Karışımlarının Hazırlanması

Tablo 3'te phr cinsinden verilen hammaddelerin tartımları alınarak oda sıcaklığında banburide karıştırılmıştır. Öncelikle neopren/kloropren kauçuk ardından diğer yardımcı kimyasallar ilave edilmiştir. 60 °C sıcaklıkta pişiriciler eklenip, bir süre daha karıştırıldıktan sonra elde edilen hamur banburinin altında bulunan tahliye kapağından alınır. Alınan hamur açık milde 10 mm açıklıkta 10 dakika çekilir. Açık milden çıkan hamur plaka şeklinde kesilerek makinadan alınır. Oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra plakadan hamur testleri için numune alınarak fiziki testler için hazır hale getirilir.

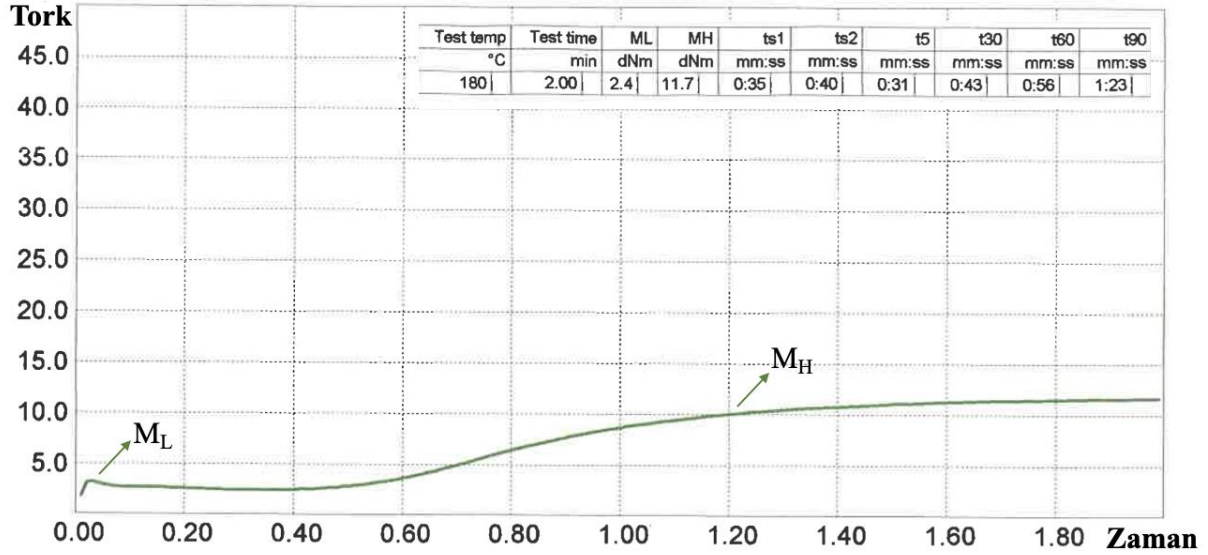
Tablo 3. Kauçuk Konveyör Bant Formülasyonu

Formülasyon kimyasalları	phr
Neopren	100
HAF N330	35
Trikloro parafinik yağ	6,5
ZnO	5,0
Stearin	1,5
Sb ₂ O ₃	10
Al(OH) ₃	10
Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	10
CBS	1,9
S	2,0

2.4. Analizler ve Testler

2.4.1. Reometre ölçümü

Reometre, kauçuk numunelerinin vulkanizasyon özelliklerini hızlı ve hassas bir şekilde tanımlar. Elde edilen neopren/kloropren kauçuk hamurunun optimum vulkanizasyon süresi ve hızları ASTM D1646 standartlarına göre GLK3000-MDR model reometre kullanılarak tayin edilmiştir (ASTM, 2019b). Reometre ölçümlerinin yapıldığı cihaz Şekil 3'de gösterilmiştir. Konveyör bant numunesinden alınan 6,0±0,1 g örnek reometre cihazına yerleştirildikten sonra 180 °C'de vulkanize edilmiştir. Şekil 2'de verilen reometre eğrisine göre M_L çapraz bağlanmanın gerçekleşmediği noktadır. M_H; vulkanizasyonun tamamlandığı andaki tork değeri, t₉₀; optimum vulkanizasyon süresidir.



Şekil 2. Kauçuk Numunesi Reometre Eğrisi



Şekil 3. Reometre Test Cihazı

2.4.2. Şekillendirme

Banburiden alınan kauçuk karışımı Şekil 4a'da verilen açık mile alınarak 5 dakika karıştırma işlemine devam edilir. Bu işlem sırasında kauçuk karışımı plaka haline gelir. Plaka halindeki kauçuk formülasyonuna Emsal marka Şekil 4b'de gösterilen pres makinesi ile sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Macun halindeki kauçuk (70 g), pres makinesinin alt kalıbına yerleştirilerek üst kalıp kapatılarak 20 dakika boyunca 140 °C sıcaklıkta 100 kg/cm² basınçta vulkanize edilmiştir.



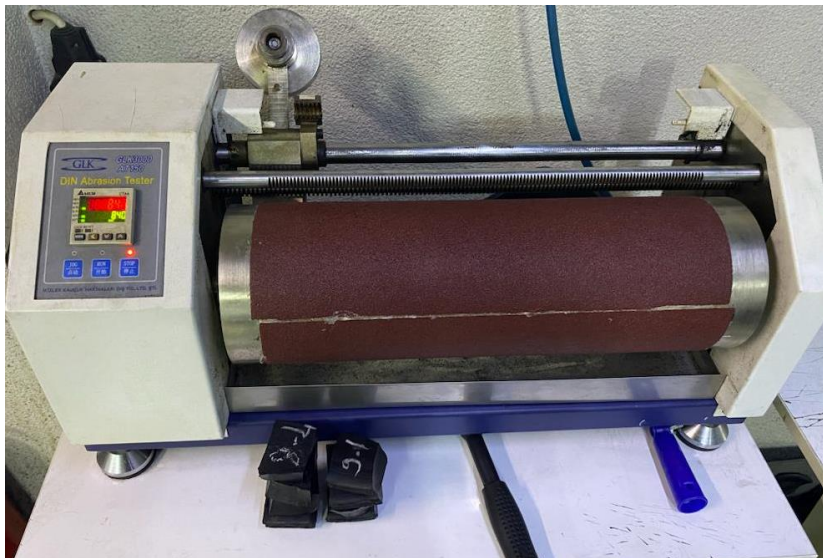
Şekil 4. a) Açık Mil b) Pres Makinası

2.4.3. Yoğunluk

Yoğunluk ölçümleri oda sıcaklığında, ASTM D297 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir (ASTM, 2019a). Konveyör bant numunelerinin yoğunlukları Arşimet Prensibi ile tayin edilmiştir. Bu prensip, birim hacim başına kütle olup, vulkanize olmuş numunenin suda ve havada tartılmasıyla hesaplanır. Yaklaşık 2,5 g numune hassas terazi kullanılarak tartılmış, yoğunluk ölçümleri 5 tekrarlı yapılarak sonuçlar g/cm^3 olarak verilmiştir.

2.4.5. Aşındırma

Aşındırma testi, Şekil 5’te gösterilen GLK3000-AT150 marka aşındırma cihazı kullanılarak TS ISO 4649 metot A standartlarına göre gerçekleştirilmiştir (TS ISO, 2017). Numuneden çapı 16 mm, kalınlığı 6 mm olan bir test parçası alındıktan sonra, aşındırıcı diske karşı 5 N kuvvetlerle bastırılmıştır. Deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Numuneler aşındırma analizleri öncesinde ve sonrasında hassas terazi ile tartılarak meydana gelen ağırlık kaybı aşınma miktarı olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Aşındırma Test Cihazı

2.4.6. Sertlik

Sertlik, malzemelerin esnekliğini temsil eder ve ne kadar düşüğe malzeme o kadar elastiktir. Hazırlanan formülasyonun sertlik testi, Type Shore A model sertlik ölçme cihazı ile TS ISO 48-4 standardına göre yapılmıştır (TS ISO, 2019). Shoremetre, 6 mm kalınlığında 100x100 mm ölçülerinde, 140 °C de 20 dakika vulkanize edilip oda sıcaklığına gelmiş numuneye 5 N kuvvet ile bastırılır. Ölçüm cihazının kauçuğa bastırılan kısmı sivri konik bir yapıda olup girinti oluşturacak iğne benzeri bir yapı mevcuttur. İğne, cihaz ile kauçuğa basınç uygulandığında, bir yay sistemiyle test cihazının kasasına geri itilir. Bu itiş shoremetrenin kadranı üzerindeki ibrenin hareketine sebep olur. İbrenin sabit kaldığında gösterdiği değer kaydedilir ve ölçüm alınır. Uygun bir sertlik ölçümü için birbirinden en az 5 mm uzaklıktaki farklı konumlardan beş ölçüm elde edilmiştir. Numunenin sertliği bu ölçümlerin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

2.4.7. Kopma uzaması ve çekme mukavemeti

Kaşık tipi (Tip 1 A) kurdele şeklindeki test numuneleri tabaka halindeki malzemelerden kalıpla kesilerek hazırlanmıştır. Test numunesi, 200x200 mm ebatlarında 2,0±0,2 mm kalınlığında kesit alanından alınmıştır. Test çalışma koşulları, 23 °C sıcaklık ve %50 bağıl nem şartlarına getirilir.

GLK3000-T5 test cihazı (Şekil 6), çekme yükünü ve çenelerin ayrılma mesafesini kaydetmektedir. Makinenin çekme hızı 50 mm/dk olacak şekilde ayarlanır. Test numunesinin orta kısmının eni ve kalınlığı ölçülerek mm cinsinden değerleri kaydedilir. Bu kısım çekme dayanımının tayini yapılacak kısımdır. Çekme mukavemeti, maksimum yükün bu kesit alanına bölünmesiyle hesaplanır. Testler TS ISO 37/Şubat 2021 standartlarına göre hesaplanmıştır (TS ISO, 2021).

Uzama, test parçasına uygulanan bir çekme kuvveti tarafından üretilen çeneler arasındaki uzamadır. Aynı zamanda test numunesinin uzunluğundaki değişimdir. Çeneler arasındaki mesafenin bir yüzdesi olarak ifade edilir. Kauçuğun kopma uzaması, numune kesitinin maksimum çekme yükünün tayin edildiği esnada görülen uzamasıdır. Numune kesiti maksimum çekme yükü anında kopar ve test cihazı otomatik olarak bunu algılayıp durur. İki çene arasında bu noktadaki mesafe kauçuğun uzamasını verir. Test verileri, kopmadan sonra kauçuk numunesinin maksimum çekme dayanımı ve uzaması şeklinde kaydedilir.



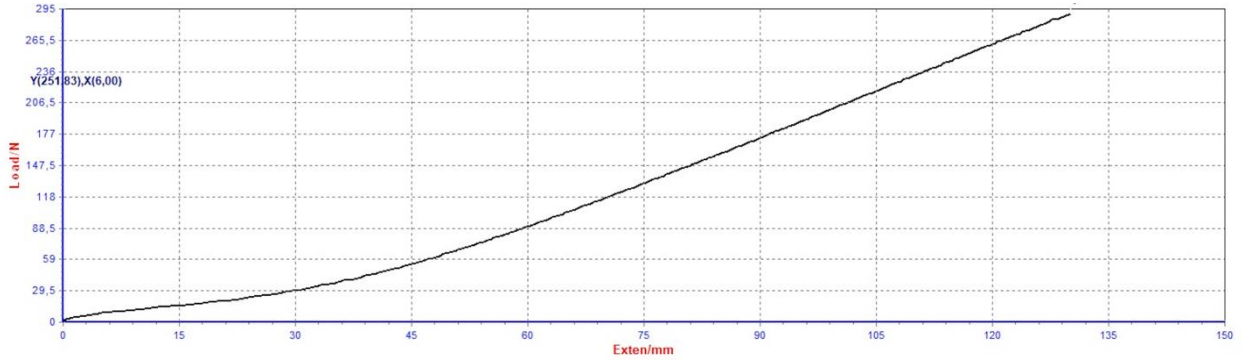
Şekil 6. Çekme/Kopma Test Cihazı

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Konveyör bantlarda kaplama kauçuğunun mekanik özellikleri bandın çalışacağı ortamdaki dayanımını ve bandın kullanım süresini doğrudan etkileyen en önemli parametrelerdir. Kauçuğun direncini belirlemek için çekme dayanımı, kopma noktasındaki uzama, sertlik ve aşınma testleri ana kriterdir. Çekme/kopma testine ait cihaz eğrisi Şekil 7’de gösterilmiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen neopren kauçuğunun fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Neopren Kauçuk Numunenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Çekme dayanımı (N/mm²)	219,9
Kopma anındaki yük (N)	290,33
Kopma noktasındaki uzama yüzdesi (%)	520,37
Sertlik	59,74±0,90
Aşınma (mm³)	78,56±2,49
Yoğunluk (g/cm³)	1,108±0,051



Şekil 7. Kauçuk Numunesi Çekme/Kopma Test Sonuçları

Türk Standartları Enstitüsünün yer altı madenlerinde kullanılabilecek tekstil karkaslı kauçuk veya plastik kaplı konveyör bantlarla alakalı sunduğu TS EN ISO 22721/Mart 2013 (TS EN ISO, 2013) standardına göre V kaplama sınıfına ait kaplama kauçuğunun kriterleri; Çekme dayanımı; minimum 175 N/mm², Kopma noktasındaki uzama; minimum %400 ve sertliği; 63±5 shoreA dır. Aşınma testi için ise kauçuğun aşınma kaybı maksimum 175 mm³ olmalıdır. Aleve dayanıklı konveyör bant üretimi için geliştirilmiş olan bu standardın kriterleri ile çalışma kapsamında geliştirilen neopren kauçuğunun testleri karşılaştırıldığında ise mekanik özellikler açısından gerekli şartları sağlamaktadır.

Ayrıca neopren formülasyonlarının daha önce de belirtildiği üzere çok çeşitli yangın söndürücü kimyasalların eklenmesiyle alev dayanıklılıkları artırılabilir. Bu konuyla ilgili olarak metal oksitlerin kullanımı çok yaygındır. Ancak tek tip bir metal oksitin kullanımı önerilmez. Bunun nedeni, alevlenme esnasında kauçuğa nüfus eden alev karşı her kimyasalın farklı sürelerde dayanım göstermesi, birden fazla farklı yapıya sahip kimyasal kullanımında kimyasalların bertarafa yönelik sinerjik etki oluşturabilmeleri ve söndürücü kimyasalların bertaraf mekanizmasının ne kadar çok çeşitli gelişirse sönmeye olayının bir o kadar daha hızlı gerçekleşmesidir (Kauçuk Derneği, 2018).

Metal oksitlerin haricinde alternatif söndürücü kimyasalların kullanımı hem maliyet açısından hem de toksisite bakımından avantaj sağlar. Bu nedenle formülasyonu geliştirirken amaç, metal oksit kullanımını nispeten azaltmak ve alüminyum hidroksit ve boraks.dekahidrat gibi alev dayanımına katkı sunabilecek kimyasalların kullanımınıdır. Bu kimyasallar ayrıca alevlenme

enasında eriyik forma geçerek tekstil bez üzerinde bir yalıtım malzemesi gibi davranmakta ve tekstil bezin yanmasını da geciktirmektedir (Aslan & Özkaya, 2004).

Tekstil karkaslı konveyör bant üretiminde kullanılması hedeflenen bu formülasyonun ön denemelerinde kauçuk performans testleri kapsamında yapılan lastik-doku, doku-doku katmanları arasındaki yapışma mukavemeti testleri de TS EN ISO 22721/ Mart 2013 standardındaki kriterleri karşıladığı görülmüştür (TS EN ISO, 2013). Bu formülasyonla üretilen konveyör bantın güvenlik kategorileri testlerinin yapılmasıyla aleve dayanım konusunda üst seviyelerde performans göstereceği düşünülmektedir.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye katkıları eşit orandadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Teşekkür

DeneySEL çalışmaların yürütülmesine destek sağlayan Bantsan Taşıma Bantları ve Makina Kayışları San. ve Tic. A.Ş., Z&Q Polimer A. Ş.'den Ege Aydın'a teşekkürler.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- Akpınar Borazan, A. (2017). Preparation And Characterization Of Epdm Rubber Mixture For A Heat Resistant Conveyor Belt Cover. *Anadolu University Journal Of Science And Technology A - Applied Sciences and Engineering*, 18(2), 507-520.
- Altundal, G., Görmüşer, T., Kuru, M., Çetin, E., & Uygur, İ. (2022). S-SBR (Solution Stiren Bütadien Kauçuk) Bazlı Kauçuk Karışımlarına Farklı Karbon Siyahlarının Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10, 1865-1872.
- Aslan, S., & Özkaya, K. (2004). Farklı Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ahşap Esaslı Levhaların Yanma Mukavemetinin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 122-140.
- ASTM. (2019a). *Standard Test Methods for Rubber Products—Chemical Analysis*, , In *ASTM Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards*.
- ASTM. (2019b). *Standard Test Methods for Rubber—Viscosity, Stress Relaxation, and Pre-Vulcanization Characteristics (Mooney Viscometer)*, In *ASTM Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards*.
- Future Learn. (2024). *Polymers in Sports Protection Equipment*. University of York. <https://www.futurelearn.com/info/courses/everyday-chemistry/0/steps/22346> adresinden 2 Ocak 2024 tarihinde erişildi.

- Jiang, J., Zhai, J., Kong, L., Zhao, D., & Feng, Y. (2022). Flame retardant chloroprene rubbers with high tensile strength and elongation at break via dual cross-linked networks. *RSC Advances*, 12(42), 27633-27640.
- Karaivanova, M. S. (2003). The use of ammonium salts of oligosulphonic acids as flame retardants for polymer compositions. *Polymers & Polymer Composites*, 11(1), 37-49.
- Kauçuk Derneği. (2018). *Kauçuk* (Kauçuk Derneği İktisadi İşletmesi, Ed.; C. 66).
- Leblanc, J. L. (2002). Rubber-Filler interactions and rheological properties in filled compounds. *Progress in Polymer Science*, 27, 627-687.
- Morawetz, H. (2000). History Of Rubber Research. *Rubber Chemistry and Technology*, 73, 405-423.
- Păun, F. A., & Gabor, D. (2022). Application of flammability testing methods for conveyor belts intended for use in potentially explosive atmospheres in order to select suitable types for field application. *MATEC Web of Conferences*, 354, 1-10.
- Sung, I. K., & Park, C. Y. (2015). Fire Resistance Properties of Chloroprene Rubber containing Inorganic Flame Retardant. *Elastomers and Composites*, 50(4), 279-285.
- Tang, S., Li, J., Wang, R., Zhang, J., Lu, Y., Hu, G., Wang, Z., & Zhang, L. (2022). Current trends in bio-based elastomer materials. *SusMat*, 2(1), 2-33.
- Topçu, M. (2021). *Devulkanize Kauçuğun Etilen Propilen Dien Monomer (Epdm) Ve Doğal Kauçuk (Nr) Kauçuk Karışiminin Reolojik Ve Mekanik Özelliklerine Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Bursa Teknik Üniversitesi.
- Treger, Yu. A., Morozov, K. A., Dasaeva, G. S., & Frolkova, A. K. (2018). Chloroprene Rubber: Application And Production. *Fine Chemical Technologies*, 13(4), 26-38. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2018-13-4-26-38>
- TS EN ISO. (2013). *Konveyör bantlar- Yeraltı madenleri için tekstil karkaslı kauçuk veya plastik kaplanmış konveyör bantların özellikleri*.
- TS ISO. (2017). *Lastikler - vulkanize veya termoplastik - Aşınma direncinin döner bir silindirik tambur yardımıyla tayini*.
- TS ISO. (2019). *Kauçuk, vulkanize veya termoplastik - Sertlik tayini - Bölüm 4: Durometre yöntemiyle girinti sertliği (Shore sertliği)*.
- TS ISO. (2021). *Lastikler ve termoplastikler- Çekme gerilmesi-Uzama özelliklerinin tayini*.
- Vahapoğlu, V. (2007). Kauçuk Türü Malzemeler I. Doğal Kauçuk. *C. B. U. Journal of Science*, 3(1), 57-70.
- Vahapoğlu, V. (2013). Kauçuk Türü Malzemeler: Sınıflandırma. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 25-34.