**T.C.**
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# NİTRİL BÜTADİEN KAUÇUK (NBR) KAPLI MONTAJ ELDİVENLERİNİN KAPLAMA VE YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

**Emine RIZVANOĞLU**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**
**2023**

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa No**


ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... ii
TEŞEKKÜR ..... iii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... iv
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ..... vii
1. GİRİŞ ..... 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 3
2.1. Polimerler ..... 4
2.2. Polimer Sentezi ..... 5
2.2.1. Basamaklı (kondenzasyon) polimerizasyon ..... 6
2.2.2. Zincir (katılma) polimerizasyonu ..... 7
2.2.2.1. Serbest radikaller üzerinden yürüyen zincir katılma polimerizasyonu 7
2.2.2.2. İyonlar üzerinden yürüyen zincir katılma polimerizasyonu ..... 8
2.2.2.3. Koordinasyon kompleks bileşikleri ile yürüyen zincir katılma polimerizasyonu (Koordinasyon polimerizasyonu) ..... 9
2.3. Polimerlerin Sınıflandırılması ..... 9
2.4. Kauçuklar ..... 10
2.4.1. Doğal kauçuk ..... 11
2.4.2. Sentetik kauçuklar ..... 11
2.4.2.1. Akrilonitril bütadien kauçuklar (NBR) ..... 12
2.5. Vulkanizasyon ..... 13
2.5.1 Vulkanizasyon ajanları ..... 13
2.5.1.1. Aktivatörler ..... 14
2.5.1.2. Hızlandırıcılar ..... 14
2.5.1.3. Köpük ajanları-şişiriciler ..... 15
2.5.1.4. Yaşlanma önleyiciler (antioksidanlar) ..... 15
2.5.1.5. Proses kolaylaştırıcılar ..... 16
2.5.2. Vulkanizasyon türleri ..... 16
2.5.2.1. Kükürt vulkanizasyonu ..... 16
2.5.2.2. Peroksit vulkanizasyonu ..... 18
2.6. Polyester İplik ..... 18
2.6.1. Polyester ipliklerin özellikleri ..... 19
2.6.2. Polyester ipliğinin kullanım alanları ..... 20
2.7. Poliamid (Naylon) İplikler ..... 21
2.7.1. Poliamid özellikleri ..... 22
2.7.2. Naylon 6.6 ..... 23
2.7.2.1. Naylon 6.6 lifinin elde edilmesi ..... 24
2.7.2.2. Naylon 6.6 liflerinin kullanım alanları ..... 24
2.7.3. Naylon 6 ..... 25
2.7.3.1. Naylon 6 lifinin elde edilmesi ..... 25
2.7.3.2. Naylon 6 lifinin kullanım alanları ..... 26

2.8. Yüksek Performanslı Polietilen Lifler (HMPE) ..... 26
2.8.1. Yüksek performanslı polietilen liflerinin özellikleri ..... 27
2.8.2. Yüksek performanslı ticari polietilen lifleri ..... 27
2.8.2.1. Dyneema ve Spectra lifleri ..... 28
2.8.3. HPPE liflerinin mekanik özelikleri ..... 30
2.8.3.1. HPPE'lerin Mukavemet özellikleri ..... 30
3. MATERYAL ve YÖNTEM ..... 33
3.1. Materyal ..... 33
3.1.1. Kullanılan cihaz ve ekipmanlar ..... 33
3.1.2. Kullanılan kimyasal maddeler ..... 33
3.2. Yöntem ..... 34
3.2.1. Eldiven örgü çalışmaları ..... 34
3.2.2. Eldiven kaplama ve hazırlık aşamaları ..... 36
3.2.2.1. Kaplama proses şeması ..... 37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA ..... 42
4.1. Deneyler ..... 42
4.2. Kaplamaya Mat Görünüm Kazandırma ..... 47
4.3. Kaplamaya Anti-Bakteriyel Özellik Kazandırma ..... 49
4.3.3. ATCC 16404 kodlu küf maya mantar sonuçları ..... 50
4.4. SEM Görüntüleri ..... 51
4.5. Mekanik Testler ..... 55
4.5.1. Aşınma testleri ..... 55
4.5.2. Kesilme testleri ..... 58
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER ..... 62
5.1. Sonuçlar ..... 62
5.2. Öneriler ..... 63
KAYNAKLAR ..... 70
ÖZGEÇMİŞ ..... 72

# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

**NİTRİL BÜTADİEN KAUÇUK (NBR) KAPLI MONTAJ ELDİVENLERİNİN KAPLAMA VE YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Emine RIZVANOĞLU**

**Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ**
**Yıl: 2023, Sayfa: 72**

Sanayinin gelişmekte ve çalışma şartlarının ağır olduğu günümüzde, hemen hemen her sektör için çalışan işçilerin kişisel koruyucu donanım ve iş kıyafetleri kullanmaları gerekmektedir. Günlük ortalama 8 saatlerini bu koruyucu donanımlarla geçirmelerinden kaynakl işçinin sağlığını ve güvenliğini koruyucu olması dışında rahat, kullanımı kolay ve vücut özelliklerine uygun olması da gerekmektedir. En önemlisi de hareketlerini kısıtlamamasıdır ki bu büyük önem taşımaktadır. Eğer iş eldiveni çalışanın hareketleri engelleyici veya sınırlayıcı bir özellik gösteriyorsa bu hem işçiyi rahatsız edecek hem de işin hızını, yapılış zamanını ve verimini etkileyecektir. Bu çalışmada, NBR (akrilonitril bütadien kauçuk) tabanlı hassas montaj eldivenlerinin üretim prosesi, sonuç ürüne kadar oluşturulan yarı mamul ürün aşamaları, kaplanması, kimyasal parametreler ve bazı etkenlerin sonuç ürüne etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, öncelikle Poliamid&Spandex ve Dyneema (UHMWPE) iplikler kullanarak kaplama astarı için örmeler yapılmıştır. Daha sonra üretilen bu örme astar eldivenlerin kaplanması işlemi yapılmıştır. Kaplama karışımı olarak NBR hammaddesi kullanılmış ve kaplama karışımına ilave ajanlarla kaplamaya antibakteriyel özellik kazandırılmıştır. Köpüklü bir yapıya sahip olan bu hassas montaj ve inşaat eldivenlerinin fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özellikleri yanında aşınma ve kesilme gibi dış mekanik etkenlere karşı dirençleri de incelenmiştir.



**ANAHTAR KELİMELER**: Polimer, NBR, vulkanizasyon, eldiven, kaplama.

## ABSTRACT

**MSc Thesis**

**INVESTIGATION OF COATING AND SURFACE PROPERTIES OF NITRILE BUTADIENE RUBBER (NBR) COATED ASSEMBLY GLOVES**

**Emine RIZVANOĞLU**

**Harran University**
**Graduate School of Natural andAppliedSciences**
**Department of Chemistry**

**Supervisor: Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ**
**Year: 2023, Page: 72**

Workers working in almost every sector are required to use personal protective equipment and work clothes in today's world, where the industry is developing and working conditions are getting hard. These protective equipment should be both protective and comfortable, easy to use, as workers spend an average of 8 hours on these protective equipment. Most importantly, it does not restrict its movements, which is of great importance. If the work glove has a feature that prevents or restricts the movements of the employee, this will both disturb the worker and affect the speed of the work, the time of execution and efficiency. In this study, the production process of NBR (acrylonitrile butadiene rubber) based precision assembly gloves, the semi-finished product stages, coating, chemical parameters and the effects of some factors on the final product were investigated. For this purpose, firstly, knittings were made for the coating lining using Polyamide & Spandex and Dyneema (UHMWPE) yarns. Later, these knitted lining gloves were coated. NBR raw material was used as the coating mixture and antibacterial properties were acquired to the coating with additional agents to the coating mixture. In addition to the physical, chemical and functional properties of these precision assembly and construction gloves, which have a foamy structure, their resistance to external mechanical factors such as abrasion and cutting was also investigated.



**KEY WORDS:** Polymer, NBR, vulcanization, glove, coating.

# TEŞEKKÜR

Bu tezin belirlenmesinde, ilk aşamasından itibaren çalışmaların yürütülmesinde ve çalışmaların tamamlanmasında kısaca tüm aşamalarda bilgi birikimini ve tecrübelerini esirgemeyen, saygıdeğer hocam Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ'ye teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tüm çalışma sürecinin geçtiği yer olan Egebant Zımpara ve Polisaj Malzemeleri San. ve Tic. AŞ.'ye ve AR&GE Proje Yöneticisi Pınar ÖZMEN'e çaışmalarımdaki desteğinden ötürücü teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmalarımın başından sonuna kadar manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve kardeşlerime de çok teşekkür ederim.

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Sayfa No**


Şekil 2.1. Bir polimerleşme reaksiyonun şematik olarak gösterimi ..... 4
Şekil 2.2. Polimerlerin kullanım alanları ..... 5
Şekil 2.3. Basamak polimerizasyonu ..... 6
Şekil 2.4. Poliakrilonitril zincir polimerizasyonu mekanizması ..... 8
Şekil 2.5. Polimerlerin sınıflandırına ayrılmasının şematik gösterimi ..... 10
Şekil 2.6. Doğal kauçuk kimyasal yapısı ..... 11
Şekil 2.7. NBR'nin zincir yapısı ..... 12
Şekil 2.8. NBR yapısı ..... 13
Şekil 2.9. Çapraz bağlanmış yapıdaki bir polimer ..... 13
Şekil 2.10. NBR ile kükürt vulkanizasyonunun yapısı ..... 17
Şekil 2.11. Polyester iplik ..... 20
Şekil 2.12. Polyester liner ..... 21
Şekil 2.13. Poliamid iplik ve astar ..... 22
Şekil 2.14. Naylon 6,6 reaksiyonu ..... 24
Şekil 2.15. Naylon 6 reaksiyonu ..... 26
Şekil 2.16. Dyneema® liflerinin moleküler yapısı ..... 28
Şekil 2.17. Dyneema SK76 için yaklaşık 18 lm çapında, 5 mm ölçü uzunluğunda örneklerle yüksek oranlı gerilim-gerinim eğrileri ..... 29
Şekil 2.18. (a) 1760 dtex Dyneema SK75 lifi, (b) 440 dtex Dyneema SK65 lifi ..... 29
Şekil 2.19. Jiletin ucunda gerilmiş şekilde duran UHMWPE lifleri ..... 31
Şekil 3.2. Polyamid & Spandex iple örülmüş astar ..... 35
Şekil 3.3. Dyneema astar ..... 36
Şekil 3.4. Kaplama proses şeması ..... 38
Şekil 3.5. Karışım görseli ..... 39
Şekil 3.6. Kaplamaya daldırma sırasında görsel ..... 39
Şekil 3.7. Polyamid & Sapndex astar üzerine kaplama ..... 40
Şekil 3.8. Dyneema astar kaplama ..... 41
Şekil 4.1. Deney 1 kaplama görseli ..... 43
Şekil 4.2. Deney 2 kaplama görseli ..... 44
Şekil 4.3. Deney 3 kaplama görseli ..... 45
Şekil 4.4. Deney 4 kaplama görseli ..... 46
Şekil 4.5. Deney 5 görseli ..... 47
Şekil 4.6. Karışımına siyah boyayla birlikte beyaz boya eklenmiş Dyneema astar kaplama ..... 48
Şekil 4.7. Karışımına siyah boyayla birlikte beyaz boya eklenmiş Polyamid & Spandex kaplama ..... 48
Şekil 4.8. (a) Anti-bakteriyel ilavesiz çözelti, (b) Şekil Anti-bakteriyel ilaveli çözelti ..... 49
Şekil 4.9. (a) Anti-bakteriyel ilavesiz çözelti ve (b) Anti-bakteriyel ilaveli çözelti ..... 50
Şekil 4.10. (a) Anti-bakteriyel ilavesiz çözelti, (b) Anti-bakteriyel ilaveli çözelti ..... 50
Şekil 4.11. Deney 1'in SEM görüntüsü ..... 51
Şekil 4.12. Deney 1'nin SEM görüntüsü ..... 52
Şekil 4.13. Deney 3'ün SEM görüntüsü ..... 52
Şekil 4.14. Deney 3'ün heterejen yapılarının görüntüsü ..... 53
Şekil 4.15. Deney 4 için alınmış SEM görüntüsü ..... 54
Şekil 4.16. Deney 5 için alınmış SEM görüntüsü ..... 55
Şekil 4.17. Polyamid&Spandex astarın kaplamasının kesilme testinin grafikleri ..... 59
Şekil 4.18. Dyneema astar kaplamasının kesilme testinin grafikleri ..... 61
Şekil 5.1. (a) Deney 5 SEM görüntüsü, (b) Rakip ürün SEM görüntüsü ..... 62
Şekil 5.2. (a) Zamana karşı tork ve çapraz bağ yoğunluğu eğrileri ve (b) Aktivatörler arasında t90'da reometrik parametreler ve çapraz bağ yoğunluğu karşılaştırması ..... 66
Şekil 5.3. ZnO, MgO ve yeşil MgO'nun karmaşık kayma modülü (a) ve faz açısı δ° (b) – 60 °C'de 1 Hz. frekansta %1'den %100'e gerinim tarama testi ..... 67

Şekil 5.4. ZnO, MgO ve yeşil-MgO'nun elastik kayma modülü (a) ve faz açısı δ° (b) karşılaştırması– 0,3 ila 33 Hz. frekans tarama testi, %7 gerinim genliği ve 60 °C ..... 68
Şekil 5.6. NBR bileşiklerinin temsili gerilim-gerinim eğrileri. Çekme mukavemeti için medyanın en yakın değeriyle sonuçlanan numunenin eğrisi..... 69
Şekil 5.7. Gerilmenin %100' ünde zamanla normalize edilmiş çekme gerilimi azalması ..... 69

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Sayfa No**

Çizelge 2.1. Polimerizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması ..... 9
Çizelge 3.1. Kullanılan ekipmanlar ve amaçları ..... 33
Çizelge 3.2. Kullanılan kimyasallar ve kullanım amaçları ..... 33
Çizelge 3.3. Kullanılan kimyasalların phr'leri ..... 37
Çizelge 4.1. Yapılan deneyler ..... 42
Çizelge 4.2. Poliamid& Spandex astarın aşınmaya direnç testi ..... 56
Çizelge 4.3. Dyneema astarın aşınmaya direnç testi ..... 56
Çizelge 4.4. Poliamid&Spandex astar kaplama kesilmeye direnç testi ..... 57
Çizelge 4.5. Dyneema astar kaplamanın kesilmeye direnç testi ..... 60
Çizelge 5.1. Final çevrim karşılık gelen seviye değerleri ..... 63
Çizelge 5.2. Final yüklere karşılık gelen seviye değerleri ..... 63
Çizelge 5.3. ZnO miktarının 2 katına çıkarılmasıyla yapılan Poliamid& Spandex astar kaplamaları .. 64
Çizelge 5.4. ZnO phr'ın arttırılması sonucu aşınma direnç seviyesi değişimi ..... 65

# SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|---|---|
| $AlCl_3$ | Aliminyum klorür |
| CaO | Kalsiyum oksit |
| $C_5H_8$ | Pentin |
| DMAC | Dimetilasetamid |
| DMF | Dimetilformamid |
| DSM | Dyneema şirketinin adı |
| EN | Europen Norm |
| G | Gauge |
| HCl | Hidroklorik asit |
| HMPE | Yüksek molekül ağırlıklı polietilen |
| HPPE | Yüksek molekül ağırlıklı polietilen |
| $H_2O$ | Su |
| ISO | International Organization for Standardization |
| MgO | Magnezyum oksit |
| N | Newton |
| NBR | Acrylonitril bütadien kauçuk |
| $NH_3$ | Amonyak |
| $NH_2$ | Amin grubu |
| $NH_2(CH_2)_5COOH$ | Amino kaproik asit |
| PbO | Kurşun monoksit |
| PES | Polyester |
| SEM | Taramalı elektron mikroskobu |
| Tg | Camsı geçiş sıcaklığı |
| UHMWPE | Ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen |
| ZnO | Çinko oksit |

# 1. GİRİŞ

Sanayinin gelişmekte ve çalışma şartlarının ağır olduğu günümüzde, hemen hemen her sektör için çalışan işçilerin kişisel koruyucu donanım ve iş kıyafetleri kullanmaları gerekmektedir. Günlük ortalama 8 saatlerini bu koruyucu donanımlarla geçirdikleri göz önüne alındığında bir çalışanın sağlığı ve güvenliği açısından koruyucu olması dışında ergonomik, kullanıma elverişli ve vücut yapısına da uygun olması gerekmektedir. En önemlisi de hareketlerini kısıtlamamasıdır ki bu kişisel koruyucu donanımlar için büyük ölçüde önem arz etmektedir. Eğer bir iş eldiveni, işçinin hareketlerini engelleyici veya kısıtlayıcı bir özellik gösterirse bu durum hem işçinin rahatsız olmasına neden olacak hem de yapılan işin hızını, yapılış zamanını ve verimini olumsuz yönde etkileyecektir (Kansoy ve ark., 2008). Üretimdeki temel hedef bu esaslara dayanınca ortaya yüzlerce farklı iplik çeşidinden eldiven astarları (liner) ve kaplama çeşitleri çıkmaktadır.

Örgü tekniği, iyi el becerisi sağlarken sıkı örgüler eldivene maksimum direnci vermeye hedeflemiştir. Aynı şekilde bu örgü teknikleri eldivenin nefes alabilirliği için de önemli bir parametredir. Kullanılan iplik, örülen bileklikler bunların elastan yapıları kaba işlerden ziyade daha hassas işlerde kullanım olanağı sağlar. Bu şekilde üretimi yapılan eldivenler için kullanım koşullarına göre bazı testler yapılmaktır. Örneğin bir kesilmeye dirençli montaj eldivenine kesilme testi ya da inşaat eldivenlerine aşınma testi yapılması gibi.

Mekanik iş eldivenlerinin kaplama yüzeylerine bakıldığında kaplama hammaddesi PU ya da NBR' dır. Alt konulara bakılırsa NBR da kendi içinde kaplama yüzey görünümüne göre ayrılmaktadır. Bu kaplamalardan bazıları normal bir yüzey kaplaması olabildiği gibi köpürtülerek yapılan bir kaplama da olabilir. Ayrıca köpüklülerde de sadece yumuşak bir köpüklü görünüm sağlanabildiği gibi aynı köpüklerden desen tipinde izli görünümlerde elde edilebilmektedir.

Polimerler, iri moleküllü kimyasallardır. Polimerlerin iri moleküllü olması fikri ilk olarak 1920 yılında Staudinger tarafından ileri sürülmüş ve bu öneri 10 yıl sonra yani 1930'da kabul görmüştür. Kopolimerler ise Akrilonitril Bütadien Kauçuk

(NBR) gibi barındırdığı zincirde kimyasal yapısı birden fazla farklı türlerde monomer içeren polimerlerdir. Polimerlerin kaplama olarak kullanılması genelde bir malzeme yüzeyini korumak amacıyla yapılır (Saçak, 2014).

Bu çalışmada inşaat ve montaj eldivenlerinin fiziksel, kimyasal, fonksiyonel özellikleri; belirlenen bazı parametrelerin işleyişe etkisi ve dış etkenlere karşı dirençleri incelenmiştir. Bu araştırma kapsamında bünyesinde çalışmakta olduğum Egebant Zımpara ve Polisaj Malzemeleri San. ve Tic. AŞ.'nin üretim prosesi, sonuç ürüne kadar oluşturulan yarı mamul ürün aşamaları, kimyasal parametreler ve bazı etkenlerin sonuç ürüne etkisi incelenmiştir.

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ülkemizde vulkanizasyon işlemleri ve yüzey kaplamaları üzerinde araştırmalar yapılıyor olsa da eldiven kaplama prosesleri hakkındaki araştırmalar yeterli olmamakla beraber devam etmektedir. İş eldivenlerinin kaplamaların bakıldığında bunlardan en çok PU ve NBR tabanlı şeklinde bahsetmek doğru olacaktır.

PU, yüksek molekül ağırlıklı poliüretan polimerleri, bazik katalizörler varlığında 1,4-bütandiol gibi bir diol ile 1,6-hekzandiizosiyanat gibi bir diizosiyanat arasındaki tepkimeden elde edilebilir. Tepkime yüksek kristalitede polimer verir, çıkış maddelerinin türleri değiştirilerek de daha farklı özelliklere sahip poliüretanlar sentezlenebilir (Saçak, 2014). Poliüretan sentez reaksiyonları için yaygın olarak kullanılan çözücüler "*N, N*'-dimetilasetamid (DMAC) ve dimetilformamid (DMF)" dir (Çalış, 2007).

PU kaplamalar yüksek aşınma direncine sahiptir. Kullanım ömrünün uzun olması tercih sebeplerinin başında gelmektedir. Bu kaplamaların hammaddesi PU' dur. Kaplama yüzeyi fiziksel olarak daha ince görünmektedir aynı zamanda da ağırlık olarak çok hafif türde eldivenlerdir.

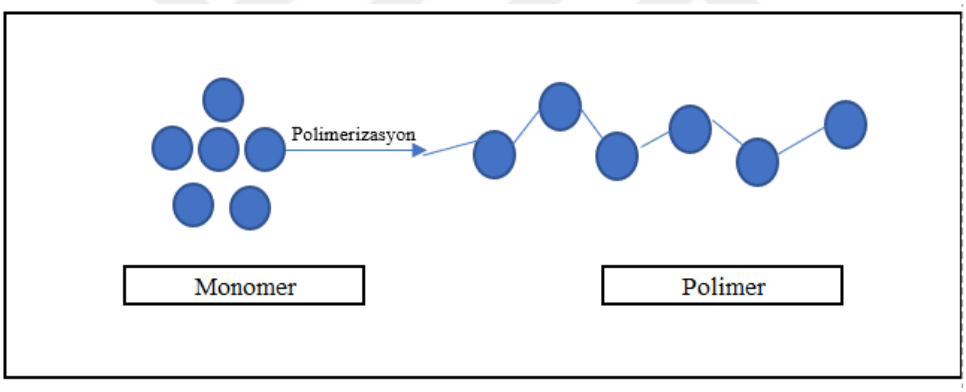
NBR tabanlılarda, kaplama prosesinin temelinde vulkanizasyon işlemi yatmaktadır. Vulkanizasyon temel olarak uzun kauçuk zincirlerinin çapraz bağlanması ve üç boyutlu elastik bir yapı oluşturmasına dayanmaktadır. Bu işlem için genel olarak kükürt kullanılmakla beraber bazen de peroksit gibi daha farklı kimyasallar kullanılarak da yapılabilir (Öztürk, 2008). Kaplama NBR, vulkanizantlar, tepkime için gerekli hızlandırıcılar eklendikten sonra elde edilen karışımın köpürtülmesiyle yapılan bir işlemdir. Kullanılan astara (liner) göre kaplama türü aynı olsa bile ürün çeşitlilik artmaktadır.

Vulkanizasyon için kullanılan kimyasalların karışımın fizikomekaniksel özelliklerinin yanı sıra yaşlanma ve yağ direncine dayanımlarını aydınlatmıştır. Vulkanizasyon karışımıının ihtiva ettiği NBR oranının artmasıyla maksimum tork

artarken minimum tork ve pişme süresi de azalmaktadır. Bu da vulkanizasyon için zamandan tasarruf sağlayacaktır (Botros ve ark., 1997).

## 2.1. Polimerler

Aralarında kovalent bağlar ile bağ kurarak daha büyük moleküller oluşturabilen düşük mol kütleli maddelere monomer adı verilir. Polimer ise bu monomerlerin birbirleri ile kovalent bağlar ile bağlanması sonucu oluşturdukları yüksek mol kütleli maddelerdir. Monomer denilen maddelerin birbirlerine bağlanmaları polimerleşme tepkimeleri aracılığıyla gerçekleşmektedir. Polimerleşme tepkimeleri aşağdaki şekilde görüldüğü gibi, monomerlerin birbirlerine hızla bağlanması ile başlar ve uzun zincirli polimer moleküllerinin oluşması ile sonlanır (Şekil 2.1).




Şekil 2.1. Bir polimerleşme reaksiyonun şematik olarak gösterimi (Saçak, 1998)

Bir polimerik malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliği, kendi yapısına, yapısındaki birimlerin diziliş şekline ve polimerin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Burda şekilden kasıt konfigürasyon ve konformasyondur. Konformasyon, yapısal olarak bağ kırılması gerçekleşmeden tekli bağlar etrafında dönmesiyle molekülün alabileceği geometrileri kapsamaktadır. Konfigürasyon ise molekülden atom kaybı ya da moleküle atom katılması olmadan bağ kırılması sonucu oluşabilecek şekilsel değişiklikleri ifade eder (Bedel 2021).

Bir polimer zincirinde tekrar eden monomer birimlerinin sayısı polimerizasyon derecesini ($D_p$) ifade etmektedir. Polimerlerin barındırdıkları monomer birimlerinin sayıları 500 ila 1.000000 arasında değişiklik gösterebilmektedir. Bir polimerin molekül kütlesi, polimerizasyon derecesi ile doğru orantıdadır. Dolayısıyla polimerlerin mekanik özellikleri de polimerin mol kütlesi ile ile artmaktadır. Polimerlerin mol kütlesi artıkça mukavemetleri de artmaktadır. Bu artışa bağlı oolarak polimerlerin vizkozitesi de artmakta ve viskozite artışı da beraberinde polimerlerin şekillendirilmesi zorlaştırmaktadır (Bedel 2021). Polimerlerin kullanım alanları oldukça geniştir. Aşağıda Şekil 2.2'de bazı kullanıım alanları verilmiştir.




Şekil 2.2. Polimerlerin kullanım alanları (Bedel, 2021)

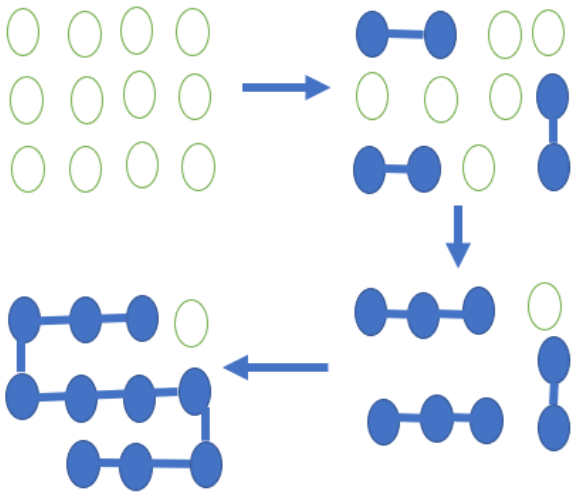
## 2.2. Polimer Sentezi

Doğal polimerler dışındaki yarı sentetik ve sentetik polimerler laboratuvarlarda ve endüstride belirli koşullar altında ve belirli sentez yöntemleriyle sentezlenirler. Polimerler sentez yöntemlerine göre basamaklı (kondenzasyon) ve zincir (katılma) polimerizasyonu olmak üzere 2 grupta incelenir (Saçak, 1998).

### 2.2.1. Basamaklı (kondenzasyon) polimerizasyon

Bu polimerizasyon yönteminde, en az iki fonksiyonel gruba sahip (-COOH, -$NH_2$, -OH gibi) monomerler kendi aralarında reaksiyona girmektedir. $NH_3$, $H_2O$ ve HCl gibi küçük bir molekül ayrılmaktadır ve genellikle daha çok $H_2O$ ayrılmaktadır.

Basamaklı polimerizasyonda ilk olarak monomerler birleşerek dimerler oluşur, monomerler tekrar dimerle birleşerek trimerleri oluşur. Bu şekilde basama basamak ilerleyen polimer zincirlerinin boyu uzamış olur. Bu durum, kondensasyon ile katılma polimerizasyonu arasındaki en önemli farktır. Polimerizasyon reaksiyonunun başlatılmasından bir süre sonra, ortamdaki monomerlerin büyük bir bölümü tepkimeye girmiş olacaktır. Ancak, polimerizasyonun son kısımlarına yaklaştıkça polimer zincirleri son boylarına ulaşabilmektedir. Basamaklı polimerizasyon tepkimelerinin başka bir özelliği de tersinir olmalarıdır (Saçak, 1998). Aşağıda Şekil 2.3'te basamaklı polimerizasyonun şematik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.3. Basamak polimerizasyonu

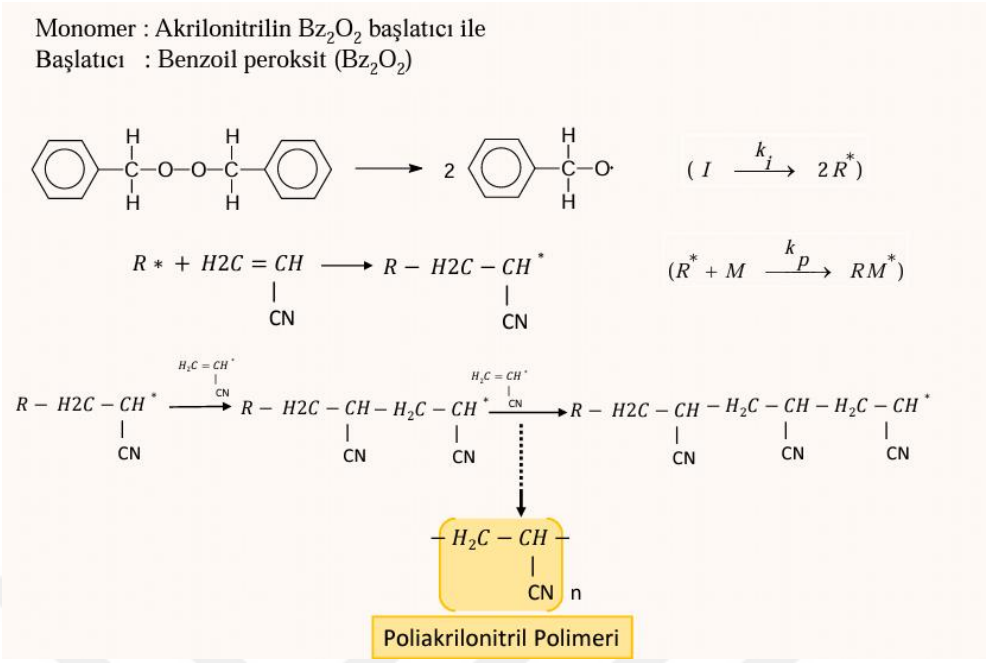
### 2.2.2. Zincir (katılma) polimerizasyonu

Zincir (katılma) polimerizasyonunda daha çok ikili bağlar içeren etilen, stiren, vinilklorür gibi moleküller (monomerler) birbirlerine doğrudan katılarak polimer zincirini oluştururlar. Katılma (zincir) polimerizasyon reaksiyonları ya serbest radikaller ya da iyonlar (anyon veya katyon) veya koordinasyon polimerleşme mekanizmaları üzerinden yürür.

Zincir (katılma) polimerizasyon reaksiyonlarının en belirgin ortak özelliği polimer zincirlerinin çok hızlı yani çok kısa bir süre içerisinde yüksek molekül ağırlığına ulaşmasıdır. Tepkimenin başlamasından çok kısa bir süre sonra bile polimerizasyon ortamında miktarı az olmakla birlikte yüksek mol kütleli polimer ve çok sayı da monomer vardır. Polimerizasyon süresinin ilerlemesiyle "Monomer+ Monomer→ Polimer" e dönüşüm yani verim artar, ancak oluşan polimerin mol kütlesinde belirgin bir değişiklik olmaz (Mutlu, 2005).

#### 2.2.2.1. Serbest radikaller üzerinden yürüyen zincir katılma polimerizasyonu

Başlıca üç aşaması vardır: Başlama aşaması, üreme aşaması, sonlanma basamağıdır. Aşağıda Şekil 2.4' de poliakrilonitril zincir polimerizasyonu mekanizması kısaca anlatılmıştır.




Şekil 2.4. Poliakrilonitril zincir polimerizasyonu mekanizması (Karaduman, 2018)

### 2.2.2.2. İyonlar üzerinden yürüyen zincir katılma polimerizasyonu

Bu polimerizasyon reaksiyonlarına iyonik polimerizasyon da denilmektedir. İyonik polimerizasyon, zincir büyümesi aşamasında pozitif veya negatif yüklü aktif merkezlerin başrol oynadığı bir polimerizasyon yöntemidir. İyonik polimerizasyonlar, genelde katalizörlerin farklı bir fazda yer aldığı heterojen sistemleri de içermektedir. Bu polimerizasyonun tepkimeleri serbest radikalik polimerizasyona göre son derece hızlı olmaktadır. Reaksiyon hızlarının kontrol edilebilmesi ve tepkimenin polimer tarafına kaydırılması için çok düşük sıcaklıklarda çalışılır. Bu polimerizasyon yönteminde (gerek anyonik ve gerekse katyonik olsun) çeşitli katalizörler kullanılabilmektedir. Katyonik polimerizasyonda katalizör/başlatıcı olarak daha çok halojenli asitler, Friedel Crafts katalizörleri ($AlCl_3$ gibi) kullanılmaktadır. Anyonik reaksiyonlarında ise bazik katalizörler kullanılmaktadır. Bu katalizörler: alkil-metal bileşikleri (n-bütil lityum gibi), aril-metal bileşikleri (sodyum naftalin gibi), metal hidroksitler, metal siyanürler… gibi olabilir (Saçak, 1998).

### 2.2.2.3. Koordinasyon kompleks bileşikleri ile yürüyen zincir katılma polimerizasyonu (Koordinasyon polimerizasyonu)

Bu tarz kompleks sistemler üzerinden yürüyen polimerizasyon türüne koordinasyon kompleks polimerizasyon da denir. Serbest radikal ve iyonik polimerizasyon yöntemleri kullanılarak kolay üretilemeyen polimerler, bu kompleks polimerizasyonlarla çok daha optimum koşullarda elde edilebilmektedir (Saçak, 1998). Avantaj ve dezavantaj yönünden karşılaştırmak gerekirse aşağıdaki Çizelge 2.5'te özetlenmiştir.

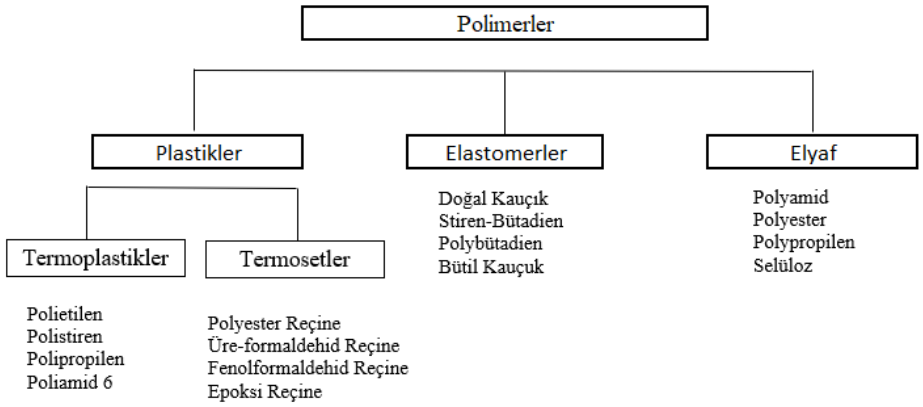
Çizelge 2.1. Polimerizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması (Saçak, 1998)

| Polimerizasyon Yöntemi | Avantaj | Dezavantaj |
|---|---|---|
| Basamaklı | Uygulanabileceği monomer ve çıkış madde sayısı fazla | Düşük molekül ağırlıklı ürün, molekül ağırlığı dağılımı geniş, sterokimyasal kontrol söz konusu değil, çoğu kez ısı gerekli, tepkime hızı yavaş |
| İyonik Serbest Radikalik | Uygulanabileceği monomer sayısı fazla | Sterokimyasal kontrol söz konusu değil, ısı veya radyasyon gerekli olabilir, seçiciliği zayıf |
| Katyonik | Molekül ağırlığı kontrolü yapılabilir, uygulanabileceği monomer sayısı sınırlı | Olefinik monomerlerle sınırlı, neme duyarlı, düşük sıcaklıklar gerekli olabilir |
| Anyonik | Molekül ağırlığı dağılımı dar, bazen sterokimyasal kontrol olası, blok kopolimer sentezine uygun | Uygulanabileceği monomer sayısı sınırlı, düşük sıcaklıklar gerekli |
| Koordinasyon | Yüksek seçicilik, çok iyi sterokimyasal kontrol, oda sıcaklığında gerçekleşir | Olefinlere uygulanabilir, vinil monomerleri için yetersiz, molekül ağırlığı çok yüksek değil |

## 2.3. Polimerlerin Sınıflandırılması

Polimerlerin sınıflandırılmasını; kimyasal özelliklerine, menşeilerine ve fiziksel yapılarına göre yapmak mümkündür. Fiziksel yapılarına göre sınıflandırmada, ayrım net olarak yapılamayabilir. Örneğin, bir polimer hem elyaf hem termoplastik sınıfı

içerisinde yer alabilmektedir, bu da ayrımı zorlaştırmaktadır. Örneğin polyesterden hem elyaf hem de plastik malzeme yapmanın mümkün olması gibi. Aşağıda Şekil 2.6'da polimerleri fiziksel özelliklerine göre sınıflandırmaktadır (Savran, 2001).




Şekil 2.5. Polimerlerin sınıflandırına ayrılmasının şematik gösterimi (Savran, 2001)

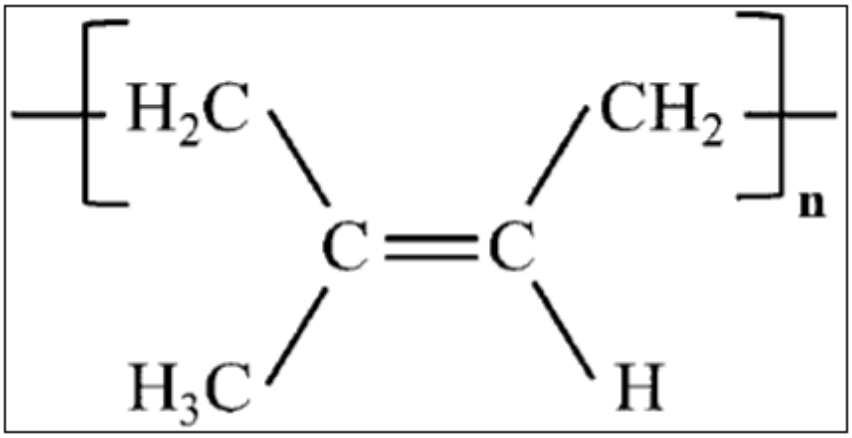
Plastik grubunu, termoplastik ve termoset malzemeler olarak iki gruba ayırabilmek mümkündür. Termoplastik gurbundakiler, ısıtıldıkları zaman camsı geçiş sıcaklığı ($T_g$) üzerinde yumuşar ve şekillenebilir bir hal alır; soğutulması durumunda ise sertleşir. Bu tür işlemler defalarca tekrarlanabilir. Termoset malzemeler, kendisi için kritik sıcaklık noktasının üzerinde sık bir çapraz bağlanma gerçekleştirerek kalıcı olarak sertleşebilir ve tekrar ısıtıldığında yumuşama gözlenmez. Bu maddeler boyutsal bir kararlılık içerirler ve darbeye dirençleri oldukça fazladır. Çözünebilir yapılardan çapraz bağlı reçinelere döndürülmelerinden ötürü ve tekrar şekillendirilmeye müsait olmayan plastiklerdir. Bu yüzdendir ki çapraz bağlanmanın gerçekleştiği sırada şekillendirilmesi gerekir (Erkek, 2007).

## 2.4. Kauçuklar

Günlük hayatta fazlaca kullanılan, elastomer grubundan malzemelerdir. Bu malzemeler henüz çapraz bağlanmamış ama bağlanma özelliklerine sahiptir.

### 2.4.1. Doğal kauçuk

Endüstride fazlaca kullanım alanı bulan bu kauçuk türleri; tropikal iklimlere sahip Endonezya, Vietnam ve Malezya gibi yerlerde yetişen *Hevea Brasiliensis* ağacından elde edilmektedir. Bu ağacın üzerine açılan kanallar yardımıyla alınan sıvıya lateks adı verilir. Akışkan olan bu lateks koagüle edilir ve katı fazı ayrılır, kalan su fazı uzaklaştırılır ve sonra kurutulur ve daha sonra balyalar halinde paketlenip satışa hazır hale getirilir. 1829 yılında Faraday doğal kauçuğun formülünün $C_5H_8$ şeklinde ve kimyasal yapısının da Şekil 2.7'deki gibi poli-cis-1,4-izopren şeklinde olduğunu göstermiştir (Selçuk, 2019).



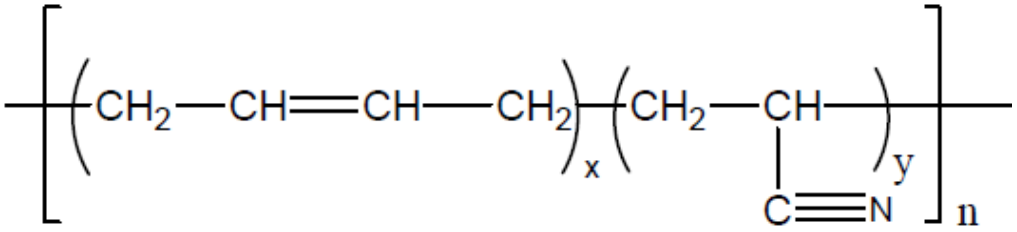

Şekil 2.6. Doğal kauçuk kimyasal yapısı (Selçuk, 2019)

### 2.4.2. Sentetik kauçuklar

Doğal kauçuklar, birçok alanda istenilen bir uygulama olmasının yanı sıra yalnızca belirli tropikal bölgelerde yetişen doğal bir malzemedir. Bu yüzden doğal kauçuk yerine sentetik kauçuklar daha fazla kullanım alanı bulmuştur (Öztürk, 2008).

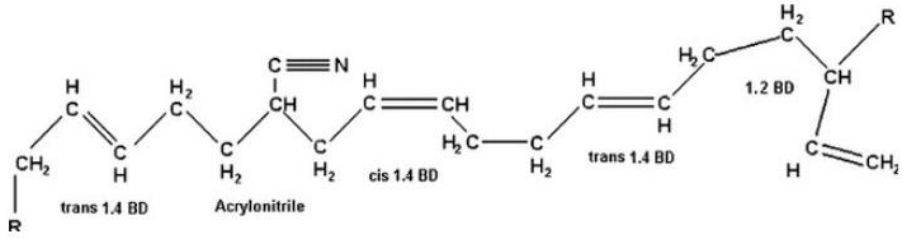
### 2.4.2.1. Akrilonitril bütadien kauçuklar (NBR)

Akrilonitril ve bütadien'in kopolimerizasyonu ilk kez E. Konrad ve çalışma arkadaşları tarafından 1930 yılında yapılmıştır. Bütadien ve akrilonitril monomerlerinin emülsiyon polimerizasyonu ile nitril kauçuk (NBR) elde edilebilmektedir. Reaksiyon mekanizmasını şöyle ifade edebiliriz: monomerler, radikal başlatıcılar, aktivatörler ve katalizörler bir tanka konulur ve 30-40 °C sıcaklıklarda 5 ile 12 saat arasında bir reaksiyon gerçekleştirilir. %70 dönüşüm sağlanması durumunda reaksiyon durdurulur. Reaksiyona girmeyen monomerler ortamdan uzaklaştırılır ve sonrasında kalsiyum klorür ve alüminyum sülfat ile koagüle edilerek yıkanır ve kurutulur. Bu durumda akrilonitril bütadien kauçuğun yapısı oluşur (Şekil 2.8, Şekil 2.9).



Şekil 2.7. NBR'nin zincir yapısı (Öztürk, 2008)

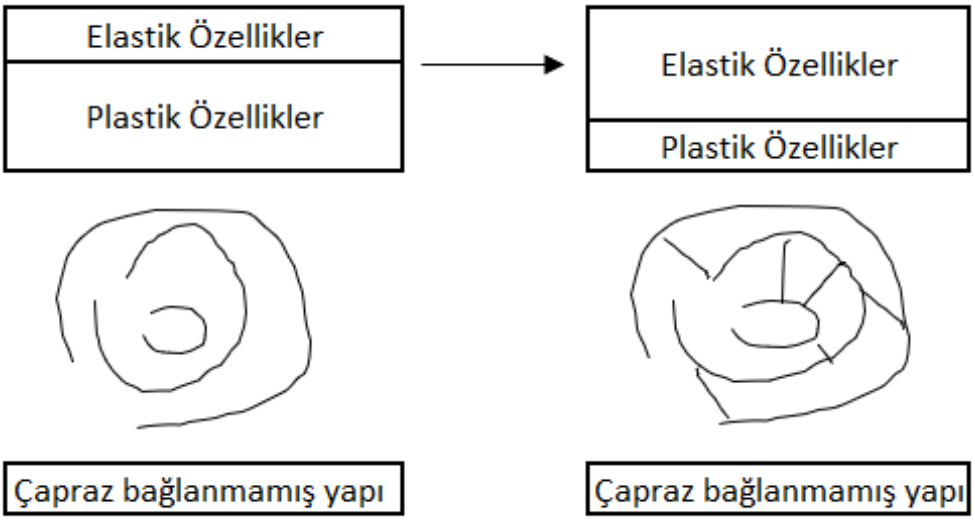
Bütadien monomerinin kopolimer içindeki görevi temel kauçuğumsu yapıyı oluşturmak ve vulkanizasyon için gerekli çift bağların oluşumuna katkı sağlamaktır. Akrilonitril monomerinin kopolimer içindeki görevi ise polar nitril grubları sağlayarak hidrokarbonlar içindeki çözünürlüğünü azaltmaktır. Nitril kauçuğunun diğer kauçuklardan en önemli farkı akrilonitril içeren bir yapıya sahip olmasıdır. Bir kauçuktaki akrilonitril oranın artması yağ ve yakıtlara direncini, sertliğini, yoğunluğunu, pişme hızını ve kopma mukavemetini arttırmaktadır. Düşük sıcaklıklara karşı dayanımı, gazlara karşı geçirgenliği ve kalıcı deformasyon değerleri ise azalır (Öztürk, 2008).




Şekil 2.8. NBR yapısı (Rodolfo, 2009)

## 2.5. Vulkanizasyon

Vulkanizasyon (kürleme) temel olarak termoplastik bir kauçuk bileşiğini fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar aracılığıyla elastik bir yapıya dönüştürme halidir. Vulkanizasyonun ana prensibi ise kauçuk zincirleri arasında kimyasal çapraz bağların oluşturulması ve böylece 3 boyutlu bir ağ elde edilmesidir (Şekil 2.10).




Şekil 2.9. Çapraz bağlanmış yapıdaki bir polimer (Savran, 2001)

### 2.5.1 Vulkanizasyon ajanları

Eldiven kaplama proseslerinin temelinde vulkanizsyon yatmaktadır. Dolayısıyla bu sistemin gerçekleşebilmesi için genellikle çapraz bağlamaya yarayan ajanlar,

sistem hızlandırıcıları, aktivatörler ve geciktiriciler kullanılır. Vulkanizasyon sisteminin içerik bileşimleri vulkanize edilmiş madde ve bu maddenin çapraz bağlanma hakkında yorum yapılmasına olanak tanır (Topheng ve Andersson, 2008).

#### 2.5.1.1. Aktivatörler

Hızlandırıcıları aktive edebilen yani hızlandırıcı ve kükürt arasında bir bağ kurulmasına yarayan maddelerdir. Şöyle ki aktivatörler vulkanizasyon ajanlarıyla birlikte, vulkanizasyon hızını arttırmaya yarayarak kükürtle çapraz bağlanma için gerekli süresiyi de azaltır (Öztürk, 2008). Aktivatörler NBR'a CaO, MgO, PbO, ZnO gibi metal oksitleri takviye etmek veya boyamak amacıyla tesadüfen bulunmuştur. Günümüzde en çok kullanılanı çinko oksittir (Soyubol, 2006).

Aktivatörlerin tam olarak amacı polisülfit iyonlarının oluşabilmesi için elementel kükürt halkasının açılmasına yardımcı olmaktır. Bu durum her ne kadar vulkanizasyon oranını arttırsa da vulkanizasyonun etkinliği üzerine çok az etkisi bulunmaktadır (Öztürk, 2008).

#### 2.5.1.2. Hızlandırıcılar

Kükürtle beraber polimer zincirleri arasında kurulan çapraz bağlanma işlemini hızlandırmak için hızlandırıcılar kullanılmaktadır. Hızlandırıcıların buradaki temel görevi, aktivatörler ile kimyasal etkileşime girip vulkanizasyon hızını arttırarak son ürün özelliklerini iyileştirmektir. Değişik yapılara sahip hızlandırıcılar, kauçuk karışımlarına farklı pişmeye başlama (skorç) ve pişme karakterleri ve vulkanize olmuş parçalara da değişik fiziksel ve yaşlanma özellikleri kazandırırlar (Öztürk, 2008).

### 2.5.1.3. Köpük ajanları-şişiriciler

Köpük ajanı, köpük oluşum sürecini başlatan bir kimyasaldır. Köpüklü yapmak istenen malzeme hazırlanırken belirle oranlarda ilave edilerek mekanik olarak köpürtme başlatıldığında köpüğün her bir kabarcığına dayanım kazandıran böylelikle de belli bir süre köpüğün ortadan kaybolmamasını sağlayan bir çeşit ajandır.

Kimyasal şişirici maddeler organik ajanlar ve inorganik ajanlar olarak iki ana türe ayrılabilirler. İnorganik kimyasal şişirici maddeler sınırlı iken birçok organik kimyasal şişirici madde türü bulunmaktadır. En eski kimyasal şişirici maddeler basit inorganik karbonatlar ve bikarbonatlardır (Joysun, 2021).

### 2.5.1.4. Yaşlanma önleyiciler (antioksidanlar)

Elastomerlerin ışık ve oksijenle etkileşim göstermesi sonucunda zamanla performans özelliklerinin bozulmasına neden olmasına yaşlanma denilmektedir. Bu durumdan ötürü kauçuğun kimyasal ve fiziksel yapısında değişiklikler gözlenebilmektedir. Kauçuk vulkanizatları ışık ve oksijenle etikileşi sonucunda zamanla kırılganlaşırlar. Özellikle kükürtün, zamanla kauçuğun sertleşmesi ve fiziksel görünümünün bozulması üzerinde olumsuz etkileri vardır. Antioksidanlar ile ışık stabilizatörleri ışık ve oksijene bağlı yaşlanma süreçlerini geciktirmekte önemli rol oynamaktadır (Dayıoğlu, 2018).

Ozon molekülünün kauçuk üzerindeki etkisini önlemek ve malzeme üzerinde çatlakların oluşum ve büyümelerini engellemek amacıyla antiozonatlar kullanılır. Antiozonanlar, malzemenin kauçuğun yüzey filmine difüzyonunu esas alır. Böylece yüzeyde koruyucu bir film sağlarlar. Bu amaca uygun malzeme de Wax ve türevleri olarak örnek verelebilir (Dayıoğlu, 2018).

#### 2.5.1.5. Proses kolaylaştırıcılar

Kauçuk proseslerinin optimum şekilde yürütülebilmesi için fazlaca katkı malzemeleri bulunmaktadır. Uygulama amacına bağlı olarak dağıtıcı maddeler, renklendiriciler, ıslatıcılar, şişiriciler, yumuşatıcılar, kıvamlaştırıcılar, iticiler, esanslar ve alev geciktirici… gibi yardımcı materyaller kullanılmaktadır (Dayıoğlu, 2018).

### 2.5.2. Vulkanizasyon türleri

Vulkanizasyon işleminde kulllanılan ajanlarının görevi, polimer zincirleri arasında oluşacak çapraz bağlanmayı sağlamak ve ağsı zincir yapısını oluşturmaktır. Kükürt doymamış polimer grubu için kullanırken, peroksitler ise doymuş polimer grubu için kullanılmaktadır. Vulkanizasyon genel olarak kürleme için seçilen maddesine göre adlandırılır ve bunlar: Kükürt, peroksit, metal oksit ve özel sistemler olarak sınıflandırılabilirler (Dayıoğlu, 2018).

#### 2.5.2.1. Kükürt vulkanizasyonu

Bu vulkanizasyon türü endüstrideki en yaygın yöntemdir. Kükürtlü vulkanizatlar, peroksitli vulkanizatlardan daha yüksek gerilme mukavemetine, daha iyi aşınma direncine ve yırtılma mukavemetine sahiptirler (Cadek ve ark., 2022).

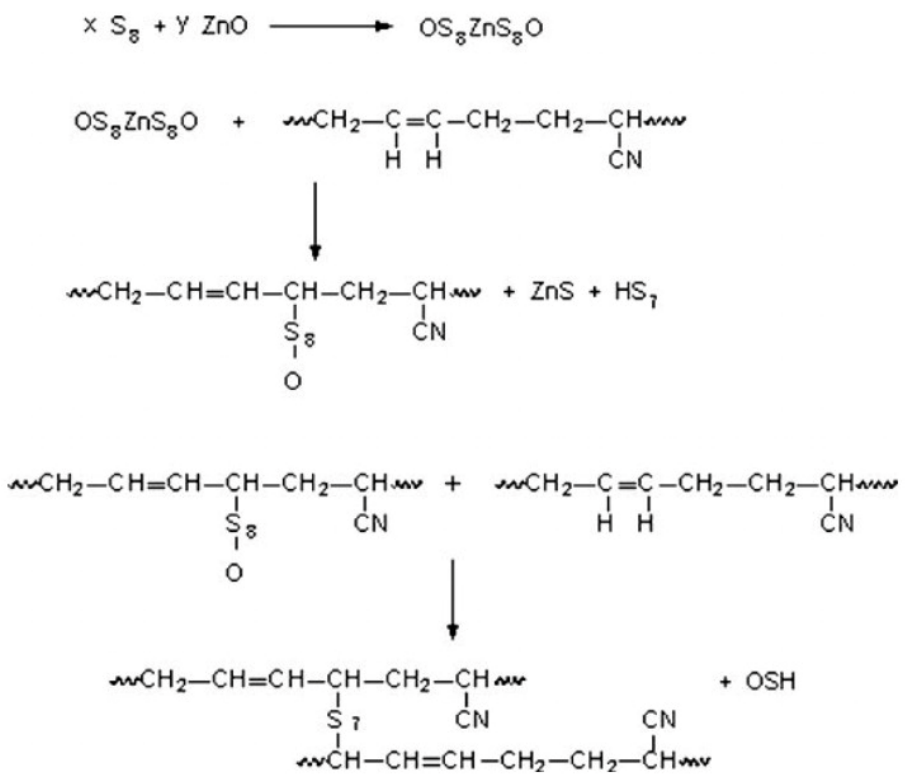
Aktivatörler, organik hızlandırıcıların aktive edilmesi amacıyla kullanılan organik ya da inorganik yapıdaki materyallerdir. Genel olarak inorganik aktivatör olarak kullanılan kimyasal çinko oksittir. Nadiren kullanılıyor olsalar da magnezyum ve kurşun oksit de aktivatör olarak kullanılmaktadır. Bu malzemeler işlevlerine göre; ya birincil veya ikincil malzemeler olarak sınıflandırmaktadır.

- ***Birincil hızlandırıcılar***

Bu hızlandırıcılar, vulkanizasyonda hızlı vulkanize olma, scorch gecikmesi ve iyi modül geliştirmesi verir (Bedel, 2021).

- ***İkincil hızlandırıcılar***

Bu hızlandırıcılar, çok hızlı veya çok yavaş olacak şekilde vulkanizasyonun gerçekleşmesini sağlarlar. İkincil hızlandırıcılar çoğunlukla vulkanizasyon hızının hassas bir şekilde ayarlanması gereken durumlarda birincil hızlandırıcılarla birlikte kullanılmaktadır. Kükürt vulkanizasyonunda geciktiriciler uzun scorch güvenliği sağlamak amacıyla kullanılırlar. Bu malzemeler her ne kadar scorch süresini uzatmak için verimli bir şekilde kullanılsalar da vulkanizasyon hızını düşürmektedirler. Burada scorch, genellikle fazla ısı uygulamasından kaynaklanan prematüre vulkanizasyon anlamına gelmektedir (Bedel,2021).



Şekil 2.10. NBR ile kükürt vulkanizasyonunun yapısı (Rodolfo, 2009)

#### 2.5.2.2. Peroksit vulkanizasyonu

Organik peroksitler, bir veya daha fazla sayıda oksijen-oksijen bağına sahip olan bileşiklerdir. Ticari olarak da kullanılan bu organik yapıdaki bileşiklerin amacı serbest radikaller üretmekle beraber bu radikallerin elastomerlerden hidrojen koparma veya oluşan çift bağlara ilave olarak çapraz bağ yapısını meydana getirmektir (Bedel, 2021).

Peroksit kullanarak yapılan vulkanizasyon işlemlerinde çapraz bağlanma üç basamaktan oluşmaktadır. Birinci basamak; peroksit moleküllündeki oksijen-oksijen çift bağlarının kırılarak iki adet serbest radikalin oluşması aşamasıdır. İkinci basamak; oluşan serbest radikallerin polimer zinciri üzerindeki hidrojen atomlarını uzaklaştırması ve polimerik radikallerin oluşması aşamasıdır. Üçüncü basamak ise iki polimerik radikal arasında çapraz bağ oluşur ve vulkanizasyon böylelikle tamamlanmış olur (Bedel, 2021).

## 2.6. Polyester İplik

Polyesterler, termoplastik polimerlerin en önemli sınıfları arasında yer almaktadır. Polyesterler, ana zincirlerinin bileşimine göre alifatik, yarı aromatik ve aromatik olarak sınıflandırılabilirler. Aromatik bileşenler, sertliği ve ısı direncini geliştirirken, alifatik asitler ve dioller esnekliği arttırırlar, erime veya yumuşama noktasını düşürür ve işlenebilirliği geliştirirler.

PES iplikler, polyester elyafından imal edilmiş ve tam yapay yani sentetik bir iplik türüdür. Polyester üretim mekanizmasında, petrol türevlerinden oluşan katı haldeki termoplastik özelliği taşıyan polimer bir madde eritme işleminde kullanılan bir ekstrudere beslenir ve ekstruderdeki sıcaklık yardımı ile malzeme sıvı veya akışkan hale getirilir. Daha sonra erimiş haldeki bu malzeme, bir pompa vasıtasıyla düze paketine beslenir ve burada bulunan düzelerden filament şeklinde çekilir. İstenilen inceliklte çekilen filamentler katılaşarak birbirlerine yapışmamak kaydıyla birleştirilip

iplik formunda masurlara sarılırlar ve kullanıma hazır hale getirilmiş olur (Teknik Tekstiller, 2022).

Polyesterin kopma dayanımı yüksektir ve kopmaya karşı gösterdiği dayanım 4,5-5,5 gr/denye olabilmektedir. Enine doğru kesitlerinde yuvarlak bir yapıya sahip olduğu görülen polyester, özel kullanımlar için üretilecekse kesitlerde farklılıklar olabilir. Polyestere merserizasyon işlemi yapılması durumunda az da olsa çekme ve dayanımında azalmalar görülebilir. PES iplikler kolay tekstüre olur. Tekstüreli veya tekstüresiz olarak kullanılabilen türleri mevcut olan bu PES iplikler tekstil endüstrisinde önemli bir yere sahip sentetik iplikler arasında yer almaktadır. PES iplikler dokuma ve örme kumaşların üretiminde çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler (Teknik Tekstiller, 2022).

### 2.6.1. Polyester ipliklerin özellikleri

- Polyester ipliklerin çok çabuk kuruyan bir yapısı vardır.
- Yanıcı bir özelliği vardır.
- Yüzeyi parlak iplerdir.
- Kolay yıkanabilir ve kuru temizleme yapılabilir.
- Tekstüreli ve tekstüresiz olmak üzere iki yolla kullanılabilmektedir.
- 260°C'de eriyen bir yapıya sahiptirler.
- Düşük oranda nem alma özelliğinden dolayı statik elektriklenme ve tüylenme özelliği taşırlar.
- Oldukça esnek bir malzemedir.
- Aşınma direnci yüksektir, fakat naylona göre daha düşüktür.
- Sıcaklık artığında aşınma direnci düşmektedir.
- Modülüs katsayısı yüksek/ Kontrollü uzama sağlar.
- Ekonomiktir.
- Kimyasal dayanımı yüksektir (kuvvetli asit ve bazlar dahil).
- Bio-uyumludur (Teknik Tekstiller, 2022).

Burada modülüs gerilmenin şekil değiştirmeye oranı demektir. Modülüs katsayısının yüksek olması eldivende şekil değiştirmenin minimum seviyede olması anlamına gelmektedir. Bu da eldivenin minimum derecede çekme yapacağını ifade eder (Botros ve ark., 2007).

### 2.6.2. Polyester ipliğinin kullanım alanları

PES elde edilen kumaşların pozitif özellikleri çok fazla alanda kullanım yeri bulmasını sağlamıştır. Genelde kadın ve erkek giyim sanayinde, mefruşat ve perde gibi ev tekstilinde, balık ağları, çadır, branda, yelken, halat, mobilya, dikiş ipliği, yangın hortumu gibi endüstriyel alanlarında, örgü işlemlerinde ip olarak (Şekil 2.12), montaj eldiven sektöründe örgü astar olarak (Şekil 2.13) yoğun bir şekilde kullanılır (Tekstil Sayfası, 2022)



Şekil 2.11. Polyester iplik



Şekil 2.12. Polyester liner

## 2.7. Poliamid (Naylon) İplikler

Polyamid (naylon), farklı sayılarda karbon atomu barındıran, tekrar eden dikarboksilik asit ve diamin birimlerinden oluşan bir polimer çeşididir. Polimerleşme reaksiyonları, ısı, basınç ve vakum varlığında kesikli veya kesiksiz şekilde gerçekleşebilmektedir. Poliamid yapısında amit grupları bulunan polimer yapılardan oluşur. Ticari kullanım amacına göre naylon, perlon şeklinde isimlendirilen, giyimden teknik tekstil alanına kadar çok geniş bir kullanım yelpazesi olan ve dünyada ilk olarak üretilen sentetik (yapay) liflerdir (Tekstil Sayfası, 2022).

Dünyada üretilen ilk yapay kumaşın ham maddesi poliyamid yani naylondur. Mekanik direnci çok iyidir. Bu özelliği açısından mekanik etkenlere karşı dirençli olması istenen kumaşlar için diğer elyaf çeşitleriyle birbirlierine karıştırılarak kullanılabilmektedirler. Kimyasallara karşı dayanımı çok iyi olmamakla beraber seyreltik bazı asit ve bazlara karşı dirençlidir (Tekstil Sayfası, 2022).

Naylonlar, poliamid molekülünün tekrar eden amid gruplarındaki karbon atomlarının sayısına göre naylon 6,6, naylon 6 ve naylon 1,1 olarak adlandırılmaktadırlar ve sanayide büyük bir öneme sahiptirler. Poliamid liflerinin termoplastik olmaları yönü sayesinde liflere ısıl işlem uygulanarak boyutsal karalılık kazandırılabilirler. Isıl işlem sonunda elde eldilen naylon lifi kullanılarak üretilmiş olan kumaşlardan tayt, pile ve külotlu çoraplarda olduğu gibi kalıcı ve istenilen şekiller verilebilmektedir (Tekstil Sayfası, 2022).

Erime sıcaklıkları şu şekilde ifade edilebilir: Naylon 6.6 için 250°C, Naylon 6'nın 210°C, Naylon 11 ise 185°C'dir.



Şekil 2.13. Poliamid iplik ve astar

### 2.7.1. Poliamid özellikleri

- ***Mukavemet***

Poliamidlerin normal mukavemet ve yüksek mukavemetli olmak üzere iki türü vardır. En hafif tekstil liflerinden biri olmasına rağmen en mukavemetli olanlarındandır. Poliamitlerden daha dirençli olan aramid ve cam elyafı vardır. Yalnız

ince ve dayanıklı bir yapıda olmasıyla değil aynı zamanda sert ve katlanabilir olması ile de bilinen yapıları vardır. Polyamid en yüksek aşınmaya direnç göstereyen elyaftır. Sürtünmeye ve bükülmelere karşı oldukça dayanıklıdır (Beşergil, 2018).

- ***Elastikiyet***

Bu tip lifler arasında en elastik olanlardan biridir. Yalnız bu elastikiyet özelliği elastomer grubuna dahil olacak kadar değildir. Çekildikten sonra kendi haline bırakıldıklarında tekrar eski hallerine dönerler (Beşergil, 2018).

- ***Isının etkisi***

Poliamid yapılar ısıyı iyi iletemezler. Polyamidden yapılan kıyafetlerin sıcak ve serin tutması iplik ve dokumasına bağlıdır. Düz, yuvarlak kesitleri olan ince polyamid liflerden dokunan kumaşlar havayı ve netice itibarıyle ısı ve soğuğu zor iletmektedirler.

- ***Suyu emme özelliği***

Naylonlar yapıları itibariyle çok fazla suy emmezler. Bu yüzdendir ki naylondan üretilen giysiler çok çabuk kurumaktadır. Naylondn yapılan kumaşlar ağırlıklı olarak yağmurluk ve pardesü yapımında kullanılmaktadır (Beşergil, 2018).

- ***Temizlenme ve yıkanma***

Eğer polyamid ipliğine antistatik bir özellik verilmişsse kolay bir şekilde kir tutmaz ve uzun zaman temiz kalır.

- ***Şeklini koruma***

Polyamdiler iyi stabliteye sahiptir. Islandıktan sonra bile kendi yapılarını muhafaza edebilirler.

Farklı amaçlar adına üretilen birçok naylon türü olsa da bu lifler arasından en fazla elde edilen, üretilen ve kullanılan naylon 6.6 ve naylon 6'dır.

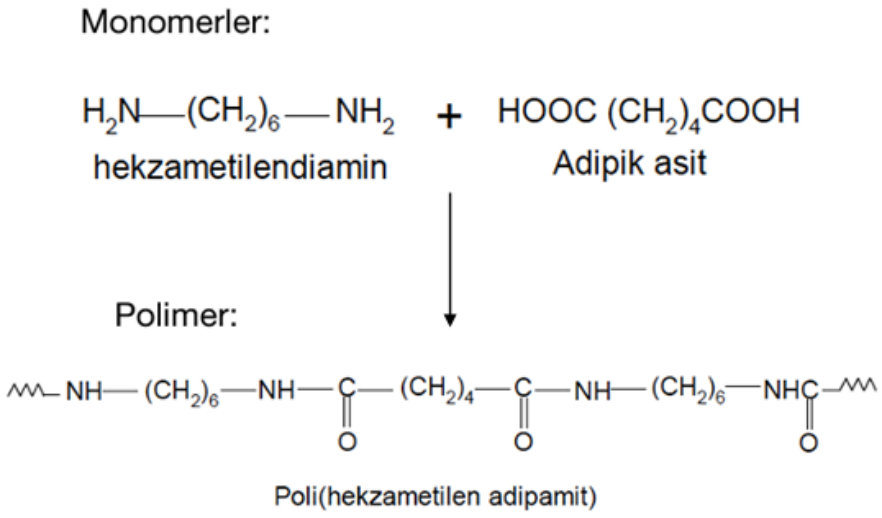
### 2.7.2. Naylon 6.6

Adipik asit ve hekzametilen diamin arasındaki kondenzasyon tepkimesi ile Naylon 6.6 elde edilmekteddir. Adipik asit ve hekzametilen diamin bileşiklerinin her

ikisi de 6'şar karbon atomu içermektedir. İsmideki 6.6 kimyasal dizilişteki bu 6'şar karbon atomlarından gelmektedir (Beşergil, 2018).

### 2.7.2.1. Naylon 6.6 lifinin elde edilmesi

Naylon 6.6 elyafının oluşabilmesi için yapılması gereken ilk işlem, adipik asit ve heksametilen diaminin uzun zincirli moleküller veya polimerler oluşturmasını sağlamaktır. Başlangıç için kullanılan maddeler etanol varlığında ısıtıldığında naylon 6.6 tuzu oluşmaktadır. Oluşan tuzun sulu çözeltisi basınç altında buhar verilerek havasız bir ortamda tutulursa polimerleşme başlar. Polimerleşme derecesi istenilen değere ulaştığında ise ortama % 1 oranında asetik asit eklenip polimerizasyon sonlandırılır. Süt-beyazı renkte olan bu yapılar katılaşır ve polimer küçük parçalar halinde kesilir ve yumuşak eğirme yöntemine göre filament haline getirilir (Beşergil, 2018).




Şekil 2.14. Naylon 6,6 reaksiyonu (Beşergil, 2018)

### 2.7.2.2. Naylon 6.6 liflerinin kullanım alanları

Naylon 6.6 polimeri iç mekkanlarda kullanılan döşemelik kumaşlar, giysilik eşya ve endüstriyel tekstiller gibi çok fazla ve farklı alanlarda

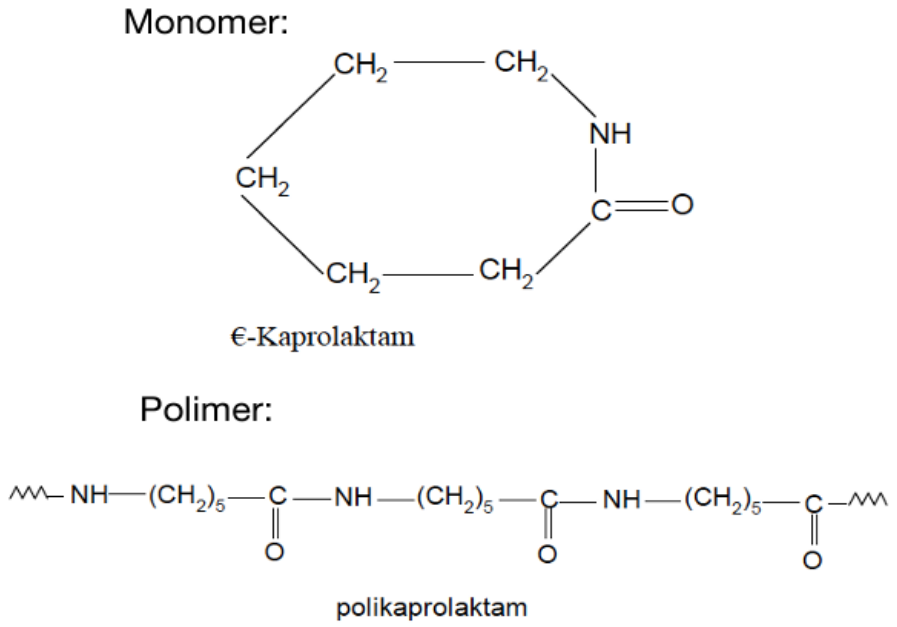
kullanılabilmektedir. Giyimde; kıyafet, mayo, spor kıyafetleri, iç giyim, ceket ve gömlek gibi malzemeler örnek gösterilebilir. Ev tekstil grubunda; yatak örtüsü, halı ve perdelik kumaşlar örnek verilebilir. Endüstriyel alanlar da ise uyku tulumu, çadır, şemsiyelik, balık ağı ve paraşüt kumaşlarında, eldiven sanayide örmelerde, otomobil lastik ve emniyet kemerleri üretiminde kullanılmaktadır (Beşergil, 2018).

### 2.7.3. Naylon 6

Termoplastiklerden olan polimerler kondenzasyon polimerizasyonu reaksiyonları ile petrol kaynaklı kimyasal monomerlerden faydalanılarak üretimi yapılmaktadır. Naylon lifleri arasında en fazla üretilen ikinci türdür.

#### 2.7.3.1. Naylon 6 lifinin elde edilmesi

6 karbonlu amino kaproik asit ($NH_2(CH_2)_5COOH$) çıkış maddesi olarak kullanılmasıyla Naylon 6 elde edilmektedir. Amino kaproik asit 260 °C'de basınç altında ve katalizör olarak naylon 6.6 tuzu kullanılarak polimerleştirilebilir (Şekil 2.16). Elde edilen Naylon 6 polimeri 220 °C de eritilir ve yumuşak eğirme metodu ile filament hâline getirilir. Daha sonra bu filamentlerin mukavementlerini arttırmak amacıyla germe-çekme işlemi uygulanır (Beşergil, 2018).




Şekil 2.15. Naylon 6 reaksiyonu (Beşergil, 2018)

### 2.7.3.2. Naylon 6 lifinin kullanım alanları

Bu malzemenin kullanım alanları ile Naylon 6,6 liflerinin kullanım alanları birbirine benzese de bazı noktalarda ayrılmaktadır. Erime noktaları farklılık gösterdiği için uygulanacak ütüleme sıcaklığı da farklıdır. Nem alma açısından aynı olsalar da naylon 6 lifleri bazı boyalarda daha kolay boyanmalarından dolayı daha parlak ve canlı renkler elde edilebilmektedir. Naylon 6' nın tutumu naylon 6.6 ya göre daha yumuşaktır. Giyimde; kadın ve çocuk çorabı, elbise, gömlek ve iç giyim yapımında kullanılmaktadır. Ev tekstilinde; halı, yatak örtüsü, endüstriyel alanlarda ise balık ağı, çadır ve araba lastiklerinde kullanılmaktadır (Tekstil Sayfası, 2022).

## 2.8. Yüksek Performanslı Polietilen Lifler (HMPE)

Tekstil endüstrisinde ileri teknoloji de üretilen üstün performans özellikleri olan lifler büyük önemli bir yer almaktadır. Yüksek performans polimeri olarak bilinen bu lifler, yüksek mukavemet, kimyasallara dayanım, aleve karşı dayanıklılık gibi

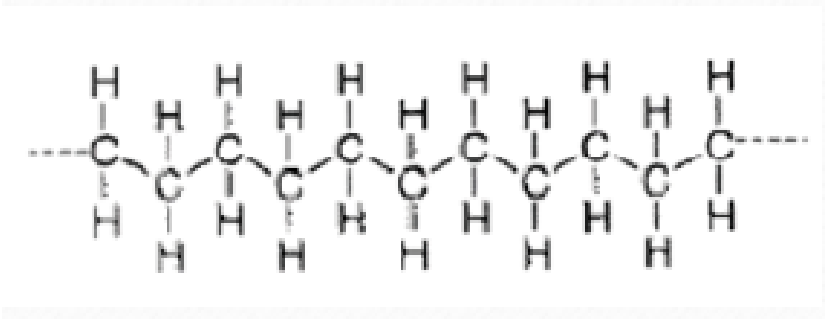
özelliklerinden dolayı diğer liflerden ayrı bir yer tutulmaktadır. Bu liflerin performans özllikleri genelde kullanım alanlarına bağlı olarak ısıya dayanıklı olanlar, yüksek mukavemetli lifler ve kimyasallara dayanıklı lifler olarak sınıflandırılırlar. (Erdoğan, 2012; Horrocks ve Anands., 2000).

### 2.8.1. Yüksek performanslı polietilen liflerinin özellikleri

Yüksek performanslı liflerin ticari dönemi 1980'li yıllada başlamaktadır ve bu lifler genelde mekanik performanslarının iyi olmaları sebebiyle ön plana çıkmış blunmaktadırlar. Genelde yüksek mukavemet ile orta ve yüksek modüle sahiptirler. Bununla beraber esnek yapılarından ötürü yüksek performanslı polietilen liflerinin darbe ve yorulma dayanımları oldukça yüksektir. Çok yüksek sıcaklıklara kadar dayanıklı olmaları nedeniyle farklı endüstriyel alanlarda kullanım alanları bulmuşlardır. Ayrıca, bu liflerin kolaylıkla geri dönüştürülebilir olma özelliğinden dolayı çevre dostu malzemeler olarak bilinir. (Teknik Tekstiller, 2022).

### 2.8.2. Yüksek performanslı ticari polietilen lifleri

HMPE lifleri, polietilen lifinin jel çekim yöntemi kullanarak çok yüksek molekül ağırlıklarında ($M_W > 10^6$ g/mol) üretilirler. Bundan dolayı UHMWPE olarak adlandırılırlar (Teknik Tekstiller, 2022). DSM firması, jelden lif çekim yönteminin ilk patent sahibi olan şirkettir. İlk olarak Spectra 900 lifi ve daha sonrasında ise yüksek performans özelliklerine sahip Spectra 1000 lifi üretilmiştir. Üretilmeye başladıkları andan günümüze kadar gerek Spectra ve gerekse Dyneema liflerinin performans özelliklerinde ciddi gelişmeler kaydedilmiştir (Kalaycı ve ark., 2016).

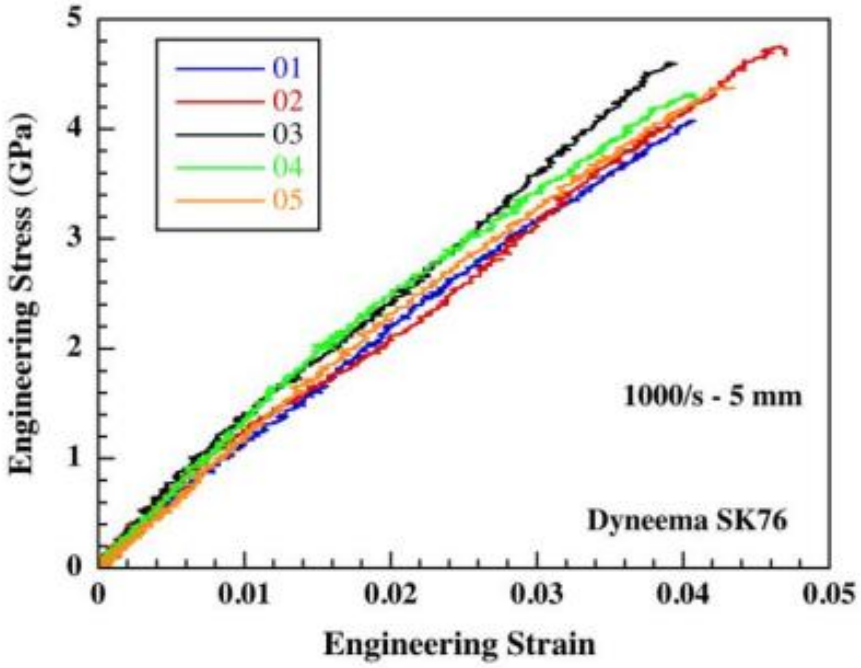


Şekil 2.16. Dyneema® liflerinin moleküler yapısı (Teknik Tekstiller, 2022)

### 2.8.2.1. Dyneema ve Spectra lifleri

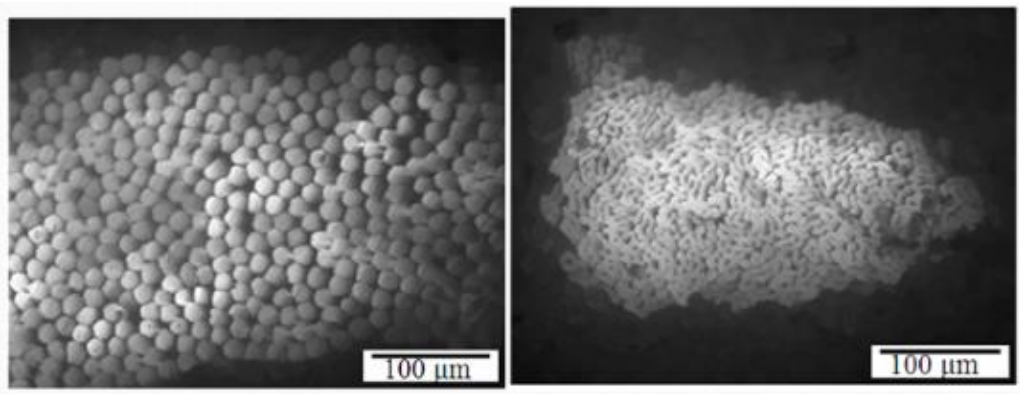
Dyneema ve Spectra gibi ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) elyaflar, aramitlere (1,44 g/cm3) kıyasla daha düşük yoğunluklu (0,97 g/cm3) oldukları için daha çok tercih edilir. UHMWPE lifleri ayrıca daha yüksek gerilme modülüne karşı, kimyasal ve fiziksel bozunmaya karşı iyi bir direnç sergiler (Lin ve ark., 2007).

Cochron ve ark. 2022 yılında dyneema fraglight olarak bilinen dokunmamış bir keçe üzerinde daha geniş bir çalışmanın parçası olarak Dyneema SK75 tekli elyaflarını inceledi. Elyafları SEM'de görüntüledikten ve ortalama 8 lm'lik çapta elyaflar aldıktan sonra mukavvalara yapıştırıcı yoluyla tutturuldu. Kopmayı test etmek için bir makinede kopana kadar gerilim altında çekildi ve deneyler tamamlandı. Dört deneyden üç tanesi kopana kadar uzatıldığı ve yapışkan bağdan kaymadığı gözlemlendi (Cochron ve ark., 2002). Buradan da bu liflerin oldukça mukameveti güçlü yapılar olduğunu çıkarmaktayız. Şekil 2.18'de Cochron ve arkadaşlarının yaptığı deneyde gerilim-gerinim eğrileri görünmektedir.




Şekil 2.17. Dyneema SK76 için yaklaşık 18 lm çapında, 5 mm ölçü uzunluğunda örneklerle yüksek oranlı gerilim-gerinim eğrileri (Sanborn ve ark., 20014)

Aşağıda Şekil 2.19'da ise SK75 ve SK65 liflerinin enine kesintilerinin görüntüsü verilmiştir.




(a) (b)

Şekil 2.18. (a) 1760 dtex Dyneema SK75 lifi, (b) 440 dtex Dyneema SK65 lifi (Teknik Tekstiller, 2017)

Kesilme dirençlerine bakacak olursak, Dyneema® fiber, polyester elyaflara kıyasla 5 kat daha yüksek kesilme direncine sahiptir. İşleme sırasında Dyneema®

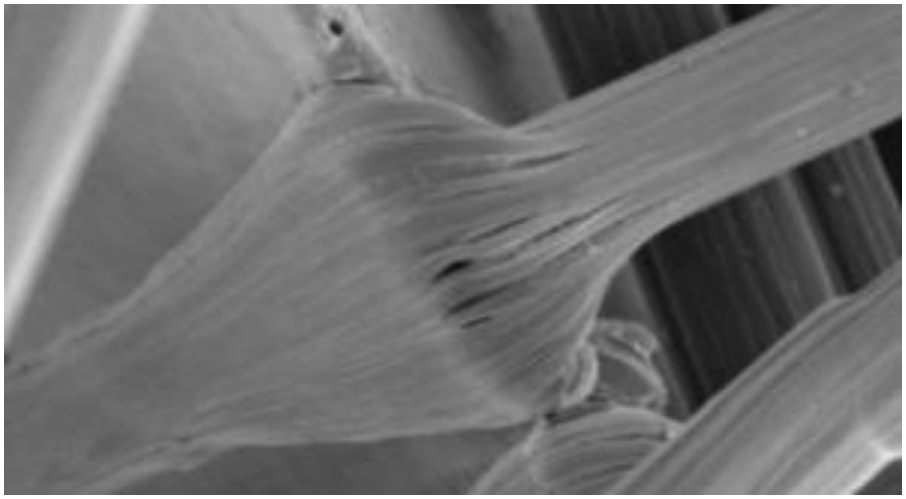
elyafı, tercihen mikro dişli titanyum makas veya elektrikle ısıtılan bıçaklarla kesilir. Dyneema® elyafları koruyucu giysilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (örn. kasaplar için kesilmeye karşı dirençli eldivenler, motorlu testereler, çiviye dayanıklı tabanlar ve hassas montaj eldivenleri). Kumaş tasarımına, lif türüne ve endüstri standardına bağlı olarak, Dyneema® kesim giyim, çelik tel ve cam elyaflarının yanı sıra en yüksek kesim koruma sınıfı olan seviye 3, 4 ve 5'e erişir. Dyneema® elyafından yapılan örmeler kesimlere karşı oldukça dirençlidir ve kesme için yüksek bir kuvvet gerektirir (Teknik Tekstiller, 2022).

### 2.8.3. HPPE liflerinin mekanik özelikleri

HPPE liflerinin içerdiği zincirlerin tamamının lif yönünde sıralanması durumunda, yüksek performanslı PE liflerinin mekanik özellikleri büyük ölçüde anizotropiktir. Bur anizotropik durum, maddelerin fiziksel veya mekanik özelliklerinin yöne bağlı olarak değişmesi olarak da tanımlanabilmektedir (Teknik Tekstiller, 2022).

#### 2.8.3.1. HPPE'lerin Mukavemet özellikleri

HPPE liflerinin yoğunluğu ortalama olarak 0,97-0,98 g/cm$^3$ dolayındadır. Bu özelliklerinden dolayı su üzerinde yüzebilmektedirler. Yüksek performanslı PE liflerinin yüksek mukavemet ve yüksek elastisite modülü gibi üstün özellikleri ile birleşen düşük yoğunluğu bu liflerin ön plana çıkmasında büyük rol oynamıştır.



Şekil 2.19. Jiletin ucunda gerilmiş şekilde duran UHMWPE lifleri (Teknik Tekstiller, 2017)

- ***Enerji absorbsiyonu***

Bu liflerin enerji absorbsiyonu oldukça yüksektir. Yüksek eneji absorbsiyonu özellikleri nedeniyle balistik koruma sağlayan ürünlerde, kesilmeye karşı direnç gösteren eldivenlerde veya motorcu kasklarında kullanılmaktadır (Kalaycı ve ark., 2016).

- ***Aşınma ve Kesilme Dayanımı***

Yüksek performanslı PE liflerinin aşınma ve sürtünme dayanımı oldukça yüksektir. Bu özelliklerinden dolayı halatlarda ve yüksek performans özelliklerine ihtiyaç duyulan eldivenlerde sık kullanılmaktadır. Bu eldivenler de aşınma direnci uzun ömürlü olması istenen ve kesilmeye karşı dirence ihtiyacı olan sektörlerde hassas iş yapmak için kullanılmaktadır. Dolayısıyla aşınmaya direnç süresi ve seviyesi bu tarz eldivenlerin seçimi satışı için önemli bir parametre haline gelmiştir (Teknik Tekstiller, 2017).

Kesilmeye direnci Avrupa Standartları'na göre EN 388 kesilme dayanımı standardıyla belirlenmektedir. Bu standartta 1 ile 5 arasında kesilmeye direnç seviyeleri yer almaktadır. Kesilme dayanımının en yüksek olduğu sınıf UHMWEP lifleridir ve seviye 5'e kadar çıkmaktadır. Yüksek performanslı PE liflerinden elde

edilen dokuma veya örme kumaş yüzeyleri, kesilmeye karşı mükemmel dirençleri nedeniyle çok iyi bir koruma sağlamaktadır (Teknik Tekstiller, 2017).

# 3. MATERYAL ve YÖNTEM

## 3.1. Materyal

### 3.1.1. Kullanılan cihaz ve ekipmanlar

Çizelge 3.1. Kullanılan ekipmanlar ve amaçları

| Kullanılan Ekipman | Kullanım Amacı |
|---|---|
| Mekanik Karıştırıcı | Kaplama Karışımını Karıştırma |
| Refraktometre | Pre-treatment ve Koagülant %'sinin Belirlenmesi |
| Etüv | Kaplamanın kurutulması |
| Hassas terazi | Malzemelerin Tartılması ve % Köpük Oranı |
| Mezür | % Köpük Oranı |
| Örme Makinesi | Astar Örme |
| Eldiven El Kalıbı | Astarın Kaplanması |
| Viskozimetre | Viskoziteyi Tayin Etmek |
| Mardin Dale Aşınma Cihazı | Aşınma Teslerinin Tayini |
| TDM-100 | Kesilmeye Direnç Tayini |

### 3.1.2. Kullanılan kimyasal maddeler

Çizelge 3.2. Kullanılan kimyasallar ve kullanım amaçları

| Kullanılan Kimyasal | Kullanım Amacı |
|---|---|
| NBR | Hammadde |
| Kükürt (S8) | Vulkanizasyon Ajanı |
| Çinko Oksit (ZnO) | Aktive Edici |
| Hızlandırıcı | Reaksiyon Hızlandırıcı |
| Şişirici | Karışımı Köpürtme |
| Boya | Renklendirme |
| Anti-mikrobiyal | Anti-oksidan |
| Kıvamlaştırıcı | Karışım Kıvamlaştırma |
| Su-Tuz Çözeltisi | Pre-treatment/Koagülasyon |
| Alkol-Tuz Çözeltisi | Pre-treatment/Koagülasyon |

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Eldiven örgü çalışmaları

Bu aşamada öncelikle, Polyamid & Spandex ve Dyneema esaslı eldiven astarlar örüldü. Bilindiği gibi tek başına saf halleriyle polimerik malzemeler kullanılmazlar. Çünkü bu tarz malzemelerin, isteğe göre biçimlendirilmesi zor olduğu için pratik bir kullanım sunmaz ve dışa doğru bir film tabaka gibi görünür. Kimyasal olarak poliüretan esaslı lifler olan spandeks maddesi, USA tarafından spandex olarak isimlendirilmiştir. Spandeks lifler, ağırlığının %85' i uzun zincirli sentetik polimerden meydan gelmiş, segmente poliüretandan elyaf şeklinde üretilmiş maddelerdir (Teknik Tekstiller, 2017). Spandex, kumaşa veya ipe esneklik özelliği kazandırmak amacıyla eklenir. Spandex'i de tek başına kullanmak pratik olmayacaktır. Çünkü saf haliyle Spandex hafiflik, pürüzsüzlük, süneklik gibi birçok avantajı olmasına rağmen, hızla bozulduğu için tercih edilmez. Fakat Polyamid gibi yapılara eklenerek mükemmel özellikler kazandırabilir. Tüm bunlar göz önüne bulundurulduğunda ideal bir esneme kabiliyeti ve ergonomi için Polyamid & Spandex iplikler kullanılarak bir çeşit astar örülmüştür. Bu tipteki iplikler örmeler guage sistemine uygun örme makinelerinde (Şekil 3.1) gerçekleştirilmektedir.




Şekil 3.1. 18G örme makinesi



Şekil 3.2. Polyamid & Spandex iple örülmüş astar

Bir diğer iplik astar türü de Dyneema'dır. Dyneema bu kumaşın ticari adıdır, aslında çok yüksek molekül ağırlıklı polietilenden (UHMWPE) elde edilen elyaflardan üretilirler. Aşağıdaki Şekil 3.3' de Dyneema ördüğümüz bir astar eldiven görseli verilmiştir.



Şekil 3.3. Dyneema astar

### 3.2.2. Eldiven kaplama ve hazırlık aşamaları

Çözelti hazırlamaya bu kaplamanın hammaddesi olan Akrilonitril-Bütadien Kauçuk (NBR) başlandı. Uygulanacak reçetenin hazırlanması aşamasında kullanılan malzemelerin phr oranları genellikle belirli bir sınırı vardır. Bu dengenin aşılması sonucunda kullanılan o kimyasalın karışım içerisindeki etkisinin görülmesi imkânsızlaşır. Bu oranlar phr sistemi ile belirlenmiştir. Bu durumda100 birim kauçuk için eklenmesi gereken komponentler phr cinsinden ifade edilir, % oran da denilebilir. Belirlenen ilk örnek reçete şu şekildedir:

Çizelge 3.3. Kullanılan kimyasalların phr'leri

| | |
|---|---|
| NBR | 100 phr |
| Kükürt (S8) | 2-3 phr |
| Çinko Oksit (ZnO) | 5 ph |
| Yağ Asidi | 1,5-2 phr |
| Hızlandırıcı | 0,5-1 phr |
| Şişirici | 0-6 phr |
| Boya | 0-8 phr |

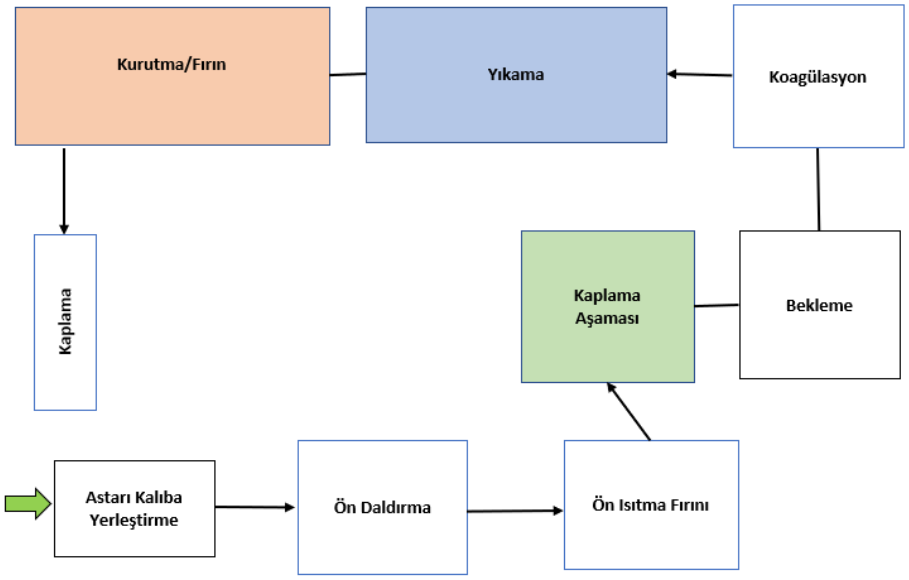
Çözelti hazırlama tamamlandıktan sonra 24 saate bekletilerek bir sonraki gün kullanmak için hazırlandı. Burada belirli miktar kıvamlaştırıcı ilavesiyle karışım bir miktar kıvamlaştırılıp istenilen orana kadar köpürtülür. Daha sonra gerekli köpük stabilizasyonunun gerçekleşmesi adına 1 saat bekletildi. Hazırlanan reçeteden farklı kaplama koşulları kullanılarak kaplamalar yapılır.

% köpük oranı hesabı için 500 ml'lik mezürün hassas terazide darası alınır ve köpürtülen karışım 500 ml olacak şekilde mezüre doldurulur. Okunan değer not edilir. Hesaplama şu şekilde yapılır: (500-Okunan Değer) /500x100. Sonuç % köpük oranı olarak okunur.

### 3.2.2.1. Kaplama proses şeması

Kaplama prosesini şekilde belirtildiği ifade etmek mümkündür. Burada adım adım inceleyecek olursak astar kalıba yerleştirilir. Ön daldırma işlemi yapılır. Kaplamadan önce ön daldırma işlemine tabii tutulmasının nedenini şu şekilde açıklamak mümkündür: Kullanılan astarın ve kaplama hammaddesinin türüne bağlı olmakla beraber astar, kaplamaya ilk temasında çözeltiyi film yüzeyinin altına geçirecek kadar emici olabilir ki bu proseslerde kullanılan astarların emiciliği yüksektir. Dolayısıyla kaplamanın büyük bir bölümü film yüzeyin alt kısmına geçmektedir. Bir daldırma sıvısı yardımıyla ön bir işlem yapılarak yüzeyde kısmı bir iticiliğe neden olarak astarın alt kısmına geçmesini önlemektir.

Ön ısıtma kullanılması da çözeltiden astar üzerine geçmiş olan fazla sıvıyı buharlaştırmaktır. Bu aşamada ihtiva eden ön daldırma sıvısının fazla olması kaplama çözeltisinin astara yapışmamasına ya da tam tersi az olması fazlasıyla içe geçmesine neden olabilmektedir.



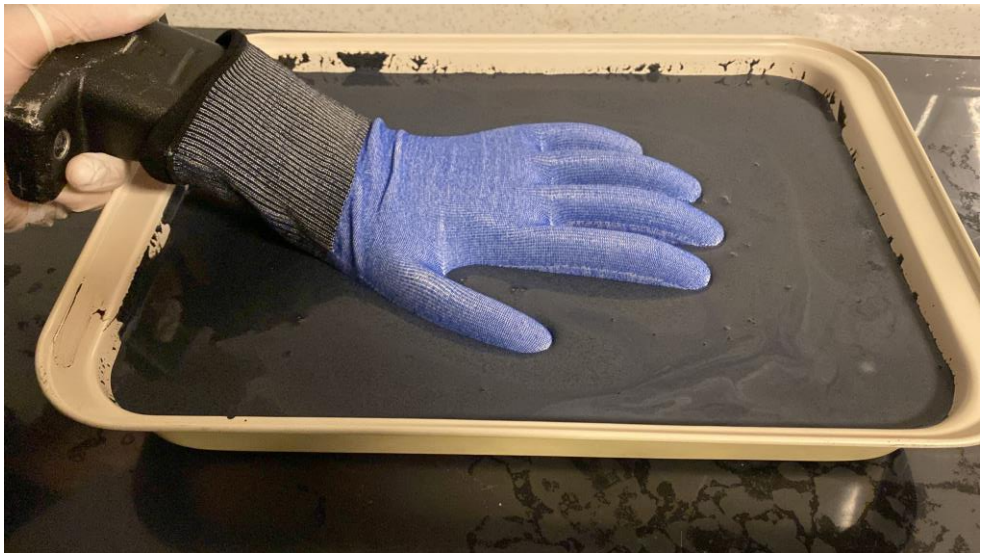

Şekil 3.4. Kaplama proses şeması

Kaplama aşamasına geçildiğinde hazırlanmış olan kaplama karışıma kalıba takılmış olan astar daldırılır ve fazla kimyasalın üzerinden akması için parmak uçları aşağı gelecek şekilde bekletilir. Bu süre 5-8 dk civarındadır. Kısmi olarak kaplamanın kurumuş olduğu gözlenebilmektedir. Kaplamanın üst film yüzeyini istenilen derece kurutabilmek için tekrar bir ön daldırma sıvısının aynısı olan ve koagülasyon sıvısı adı verilen bir çözeltiye daldırılarak üst film yüzeyinin de kurumuş olduğunu görmek mümkündür. Daha sonra yıkama aşamasına geçilir. Bu aşamada da yine kaplama yüzeyinde kalan fazla kimyasal yapılar sistemden uzaklaştırılır. Son olarak kurutmak için etüvde 100-125°C'de 35-50 dk kurutma yapılır. Kaplama aşaması tamamlanmış olur. Bu çalışmada tüm %köpük oranı ve viskozite değerleri aynıdır. %20-35 köpük oranı, 350-500 cps viskozite kullanımı bu tür kaplamalar için uygundur.



Şekil 3.5. Karışım görseli

Karışım şekil 3.5’ deki gibi bir kaba konulan daldırma işlemi için hazırlanır. Daha sonra Şekil 3.6’ de görüldüğü gibi daldrma işlemi yapılır.



Şekil 3.6. Kaplamaya daldırma sırasında görsel

Kaplama devamında Şekil 3.4’ deki adımlar uygulanarak kaplama tamamlanır. Fırın çıkışında beklenen nihai kaplama görntüsü Şekil 3.7, Şekil 3.8’deki gibi elde edilir.



Şekil 3.7. Polyamid & Sapndex astar üzerine kaplama



Şekil 3.8. Dyneema astar kaplama

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

## 4.1. Deneyler

Hazırlanan karışım üzerinden ön daldırma ve koagülasyon aşamalarını değiştirerek 5 adet deneme yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Yapılan deneyler

| Deney No | Ön Daldırma | Koagülasyon | Durum |
|---|---|---|---|
| 1 | %10 Su-Tuz Çözeltisi | - | Koagülasyon yok |
| 2 | %10 Su-Tuz Çözeltisi | %6 Alkol-Tuz Çözeltisi | Kaplama sonrası çırpma yok |
| 3 | %1,5 Alkol-Tuz Çözeltisi | - | Koagülasyon yok |
| 4 | %1,5 Alkol-Tuz Çözeltisi | %6 Su-Tuz Çözeltisi | Kaplamasonrası çırpma yok |
| 5 | %1,5 Alkol-Tuz Çözeltisi | %6 Su-Tuz Çözeltisi | Kaplandıktan 40 sn sonra çırpıldı. 20 sn beklenerek koagülanta daldırıldı |

Deney 1’ de ön daldırma çözeltisi olarak %10’luk çözelti kullanıldı. Koagulasyon kullanmadı.



Şekil 4.1. Deney 1 kaplama görseli

Kaplama film yüzeyinden istenilen görüntü alınamamıştır. Koagülasyon olmadığı için kaplama yeterince kurumamış (Şekil 4.1) ve yıkama için suya girince kurumayan kısımlar soyulmaya başlamıştır.

Deney 2, ön daldırma olarak %10'luk su-tuz çözeltisi ve koagülasyon olarak %6 alkol-tuz çözeltisi kullanıldı. Burada solvent varlığı gözlendi. Kaplama sonrasında çırpma yapılmadan fazla kimyasal akıtılarak koagulasyon yapılmıştır.



Şekil 4.2. Deney 2 kaplama görseli

Hem koagülasyon hem de ön daldırma kullanılarak yüzeyde daha fazla kuruma hedeflenmiştir. Kaplama yüzeyi koagulasyonda solvent kullanımından dolayı daha parlak bir görüntü almıştır (Şekil 4.2). Daha mat görüntü elde edebilmek için koagulasyon olarak su-tuz çözeltisi kullanılabilir (Şekil 3.8).

Deney 3, ön daldırma olarak alkol-tuz çözeltisi kullanıldı. Koagülasyon yapılmadı.



Şekil 4.3. Deney 3 kaplama görseli

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere koagulasyon yapılmadığı için kaplamanın üst film yüzeyi tam kurumamakla beraber tamamı soyulmuştur. 1 ve 3. Deney kıyaslandığında açıkça görülmektedir ki ön daldırmada su-tuz çözeltisinin kullanılması durumunda film yüzeyinde kuruma daha fazla alanda gerçekleşebilmektedir.

Deney 4 (Şekil 4.4), Deney 3'e ek olarak koagulasyon su-tuz çözeltisiyle yapılmıştır.



Şekil 4.4. Deney 4 kaplama görseli

Şekil 4.4'e bakılacak olursa, deney 3' e kıyasla kaplamanın daha fazlası yüzeyde penetre olabilmiştir. Fakat iki farklı yapıdaki çözeltinin kullanılmış olması astarla kaplama penetrasyonunu olumsuz etkilemiştir. Bunun nedeninin ön daldırmada kullanılan alkol olduğu düşünülmektedir. Çünkü kullanılan alkol oldukça uçucu bir malzemedir. Ön daldırma sonrasında geçen süre ve ön ısıtma fırınında geçirdiği süre göz önüne alındığında astar yüzeyinde alkol etkisinin azaldığı ve sağlıklı penetre olmadığı görülmektedir.

Deney 5 yapılırken, deney 4 baz alınarak daldırma sonrasında 40 sn bekletilerek çırpma yapılarak fazla kimyasalın kaplama yüzeyinden atılması sağlandı. 20 sn daha beklenerek koagülasyon yapıldı. Daha ince bir film yüzeyi elde edildi (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Deney 5 görseli

## 4.2. Kaplamaya Mat Görünüm Kazandırma

Önceki kaplamalarımızda kaplama yüzey formu olması tam olarak mat değildi. Bu durum iyi bir görünüm sağlamıyordu. Bu nedenle kaplamaya ekstra bir matlık kazandırılması kaplama yüzey filmine daha iyi görünüm sağlayacaktı. Daha önce karışıma sadece siyah boya eklenmişken bu aşamada ise hem siyah hem de beyaz boya eklenerek kaplamanın net siyahlığı kırılmış ve daha mat bir görüntü elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan kaplamalar Şekil 4.6 ve Şekil 4.7' de verilmiştir.



Şekil 4.6. Karışımına siyah boyayla birlikte beyaz boya eklenmiş Dyneema astar kaplama

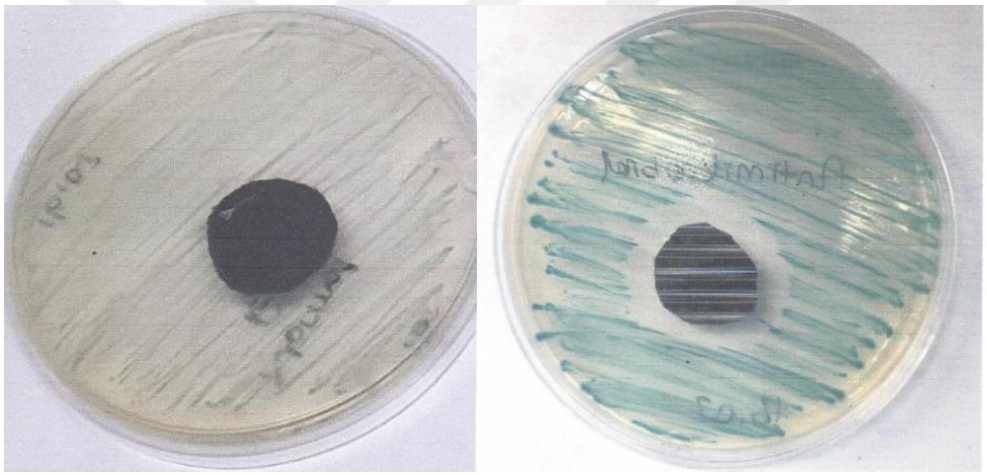


Şekil 4.7. Karışımına siyah boyayla birlikte beyaz boya eklenmiş Polyamid & Spandex kaplama

## 4.3. Kaplamaya Anti-Bakteriyel Özellik Kazandırma

Kaplama çözeltisine 1phr hammadde için 0,6 phr anti-bakteriyel ajan kullanılmıştır. Eldivenlerin el ayasından alınan numuneler AATCC 25922 kodlu E. Coli, AATCC 6538 Straphylococcus Aureus ve ATCC 16404 kodlu küf maya mantarları kullanılarak önceden ekim yapılmış olan petri kaplarına konulmuştur. Eldivenlerin bakteri ve küf maya mantarları üzerinde etkisi gözlemlenmiştir. Sonuçlar aşağıda verilmiştir.

### 4.3.1. AATCC 25922 kodlu E. Coli sonuçları

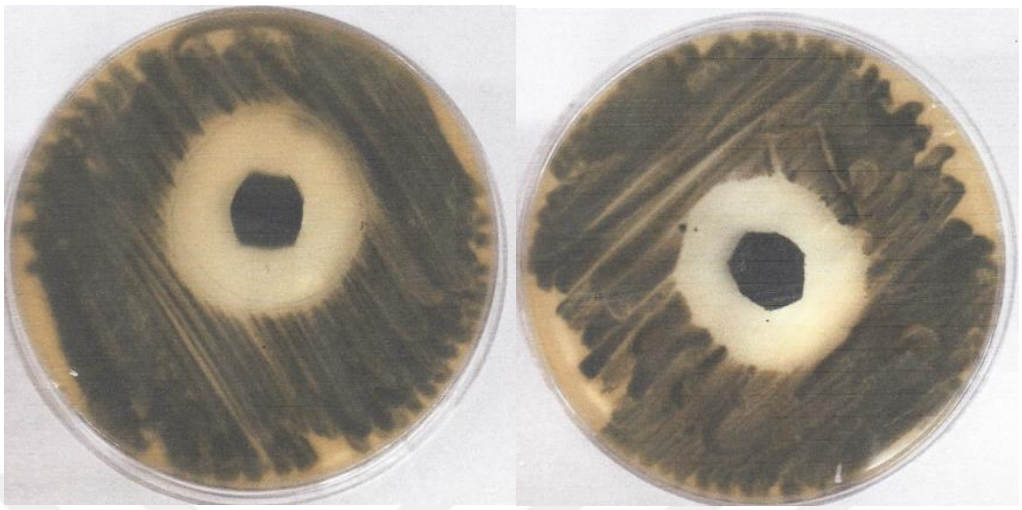


(a) (b)

Şekil 4.8. (a) Anti-bakteriyel ilavesiz çözelti, (b) Şekil Anti-bakteriyel ilaveli çözelti

Şekil 4.8’ de görüldüğü üzere antimikrobiyal ilavesi yapılmamış olan numunenin her yerinde üreme gerçekleşirken, antimikrobiyal ilavesi yapılmış olan eldiven numunesinin çevresinde koruyucu bir alan oluşmaktadır.

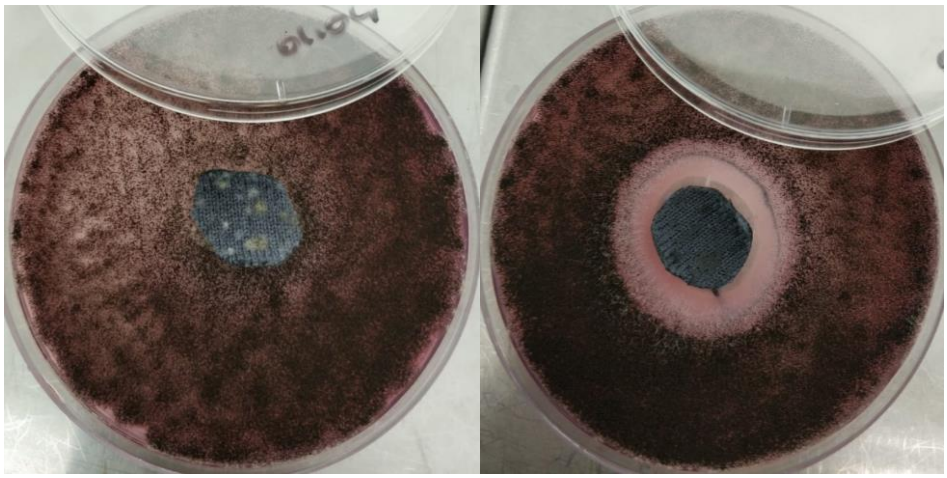
### 4.3.2. ATCC 653 straphylococcus aureus sonuçları



Şekil 4.9. (a) Anti-bakteriyel ilavesiz çözelti ve (b) Anti-bakteriyel ilaveli çözelti

Şekil 4.9'da da görüldüğü üzere antimikrobiyal ilaveli ve ilavesiz olan numunelerin çevresinde koruyucu bir alan oluşmaktadır. Arada bir fark gözlenememektedir.

### 4.3.3. ATCC 16404 kodlu küf maya mantar sonuçları

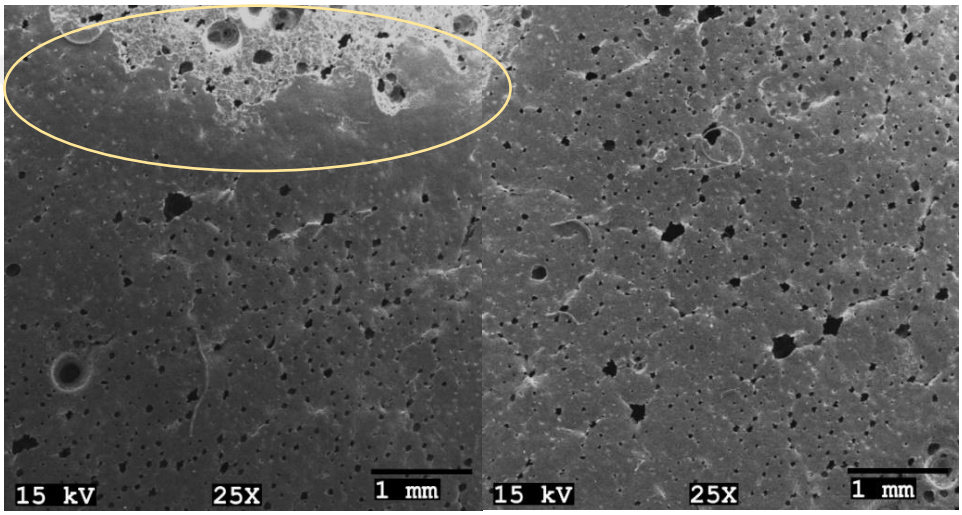


Şekil 4.10. (a) Anti-bakteriyel ilavesiz çözelti, (b) Anti-bakteriyel ilaveli çözelti

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere antimikrobiyal ilavesi yapılmamış olan numunenin her yerinde üreme gerçekleşirken, antimikrobiyal ilavesi yapılmış olan eldiven numunesinin çevresinde koruyucu bir alan oluşmaktadır.

## 4.4. SEM Görüntüleri

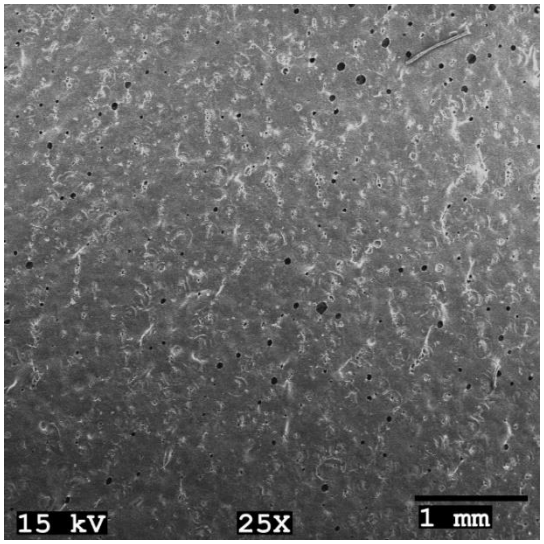
- Deney 1, %10 su-tuz ön daldırma yapıldı. Koagulasyon yok.




Şekil 4.11. Deney 1'in SEM görüntüsü

Şekil 4.11'de deney 1 için çekilmiş sem görüntüsü verilmektedir. Bu görüntüler incelendiğinde koagülasyon varlığı olmadan homojen bir yapı elde etmek zor olmuştur. Çünkü bazı noktalar kururken bazı noktalar da yetersiz kurumadan dolayı yıkama suyuna girmiş ve ıslak bölgeler soyulmuştur.

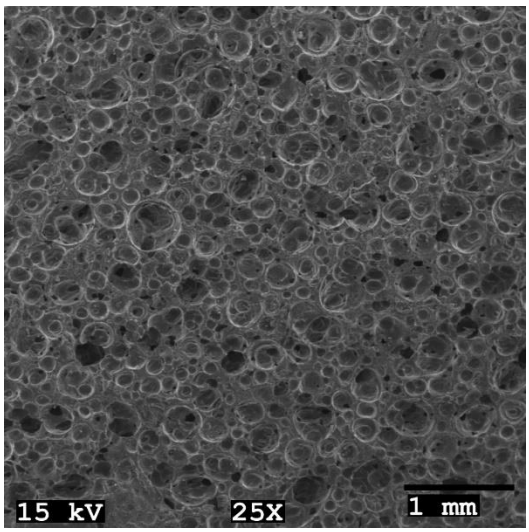
Deney 2, deney 1'e ek olarak alkol-tuz karışımıyla koagülasyon yapılmıştır.




Şekil 4.12. Deney 1'nin SEM görüntüsü

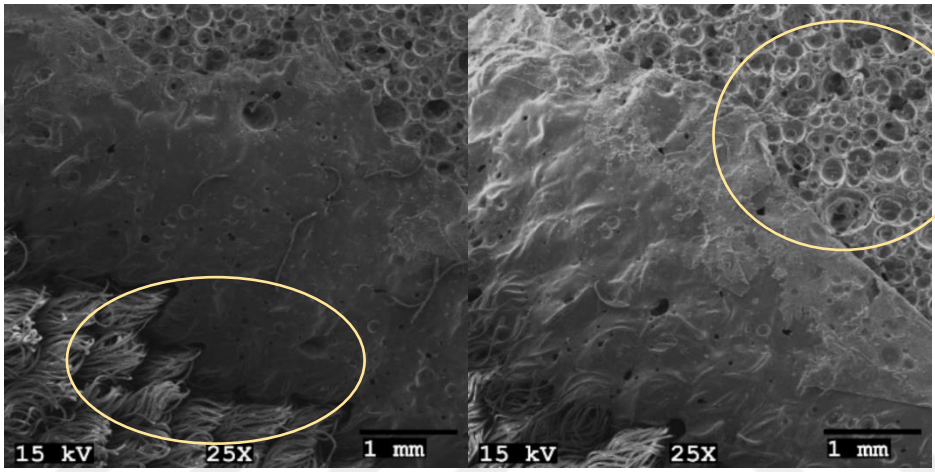
Şekil 4.12'de deney 2 için çekilmiş sem görüntüsü verilmektedir. Bu görüntüler incelendiğinde koagülasyon varlığında daha homojen bir yapı elde edildiği açıkça görülmektedir.

- Deney 3, ön daldırma olarak alkol-tuz çözeltisi kullanılıp koagülasyon olmadan kaplama yapılmıştı.



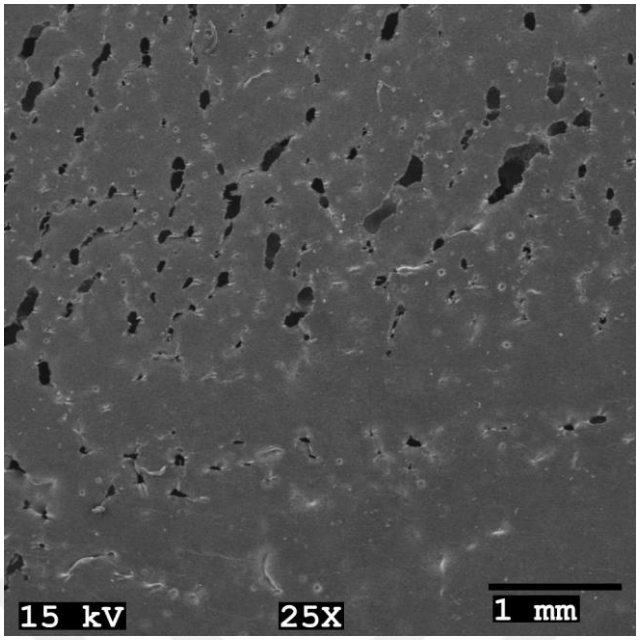

Şekil 4.13. Deney 3'ün SEM görüntüsü

Burada Şekil 4.13'deki SEM görüntüsüne bakılacak olursa, küresel bir yapı karşımıza çıkmaktadır. Bu yapının kaplamanın köpüklü bir bölümünden alınan parçasına benzemektedir. Beklenti kaplamanın tamamının homojen küresel yapıya sahip olması yönündedir. Fakat Şekil 4.14'e bakıldığında bazı bölgelerde astarı görmek mümkündür. Çünkü kaplamanın üst film yüzeyinin neredeyse tamamı kurumadan soyulmuştur. Ön daldırmada solvent varlığı ve koagülasyon kullanılmamış olması astar-kaplama penetrasyonunu tam gerçekleştirememiştir.




Şekil 4.14. Deney 3'ün heterejen yapılarının görüntüsü

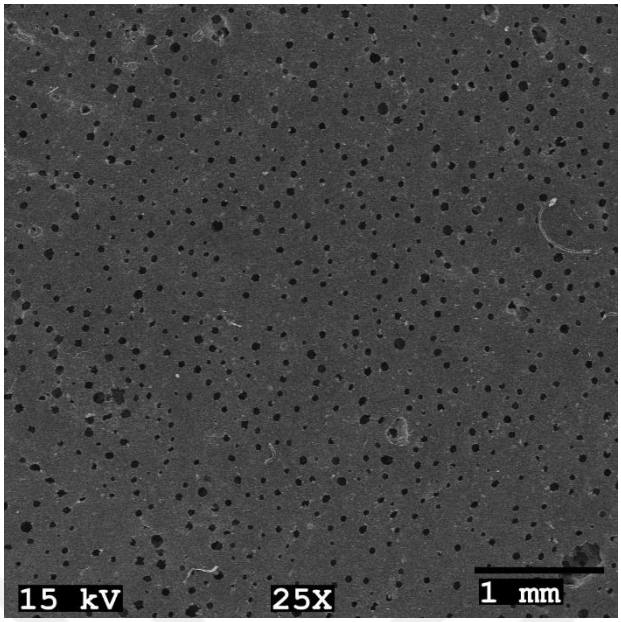
- Deney 4, %1,5' lik alkol-tuz çözeltisi ön daldırma olarak, %6 su-tuz çözeltisi koagülasyon olarak kullanılmıştı.




Şekil 4.15. Deney 4 için alınmış SEM görüntüsü

Şekil 4.15'te deney 4 kaplamasının SEM görüntülerine yer verilmiştir. Burada koagülasyon varlığı söz konusu olduğu için Şekil 4.13'teki gibi küresel bir yapı görülememektedir. Ön daldırma alkol-tuz ve koagülasyon su-tuz varlığında gerçekleşmesi durumunda küresel yapının ortadan kaybolduğu görülmektedir.

- Deney 5 ise deney 4'ün sadece kaplama sonunda bazı sürelerde beklenmiş ve çırpma yapılmış haliydi. Burada beklenen daha ince ve daha homojen yapıda bir film yüzey oluşmasıydı.




Şekil 4.16. Deney 5 için alınmış SEM görüntüsü

Yukarıda Şekil 4.16'da deney 5 için yapılan kaplamanın SEM görüntülerine yer verilmiştir. Burada deney 4'e kıyasla daha küresel yapıların olduğu bir görüntü elde edilmiştir. Fakat bu küreselliğin tamamen homojen olduğunu söylemek yanlış olacaktır.

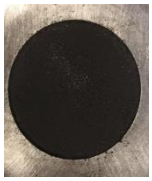
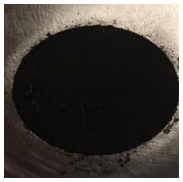
## 4.5. Mekanik Testler

### 4.5.1. Aşınma testleri

Eldiven kaplamaları aşınmaya ve kesilmeye dirençli olarak kullanılacak işe uygun hale getirilebiliyor. Test mantığı kısaca şöyledir: Numuneler avuç içinden kesilir, disklere çift taraflı bant yardımıyla disklere yapıştırılır. Diğer taraftan disklerin temas edeceği yüzeye zımparalar yapıştırılır. Diskler zımpara yüzeye temas ederek makinenin oluşturduğu hareketlerle gel git yapar ve numune yüzeyini aşındırır. 100 çevrimi geçen numunelere 400 çevrim eklenerek 500'; 500'ü geçenlere 1500 çevrim eklenerek 2000'e; 2000'i geçenlere her turda 1000 eklenecek şekilde 8000'e kadar test

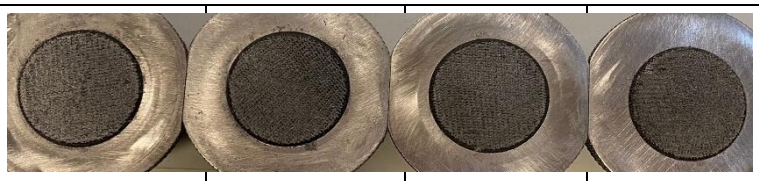
devam ettirilir. Bu sırada yırtılan numuneler cihazdan alınır. Yırtılmayanlara devam edilir. Tamamının yırtılması durumunda test sonlandırılır ve sonuçlar kaydedilir.

Çizelge 4.2. Poliamid& Spandex astarın aşınmaya direnç testi

| |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|
| **TEST PARAMETRELERİ** | **1.DİSK** | **2.DİSK** | **4.DİSK** | **5.DİSK** |
| Kaplama Türü | Köpük Nitril | Köpük Nitril | Köpük Nitril | Köpük Nitril |
| Beden | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Sıcaklık (°C) | 23,6ºC | 23,6ºC | 23,6ºC | 23,6ºC |
| Nem (%) | 54% | 54% | 54% | 54% |
| Ağırlık (g) | 20,9 | 20,1 | 20,2 | 20,7 |
| Devir (Çevrim) | >8000 | 3000 | >8000 | >8000 |
| Astar Türü | Poliamid&Spandex | Poliamid&Spandex | Poliamid&Spandex | Poliamid&Spandex |

Burada disk 2'nin, 3000 çevrimde yırtıldığı görülmektedir.

Çizelge 4.3. Dyneema astarın aşınmaya direnç testi

| |  | | | |
|---|---|---|---|---|
| **TEST PARAMETRELERİ** | **1.DİSK** | **2.DİSK** | **4.DİSK** | **5.DİSK** |
| Kaplama Türü | Köpük Nitril | Köpük Nitril | Köpük Nitril | Köpük Nitril |
| Beden | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Sıcaklık (°C) | 25,8ºC | 25,8ºC | 25,8ºC | 25,8ºC |
| Nem (%) | 53% | 53% | 53% | 53% |
| Ağırlık (g) | 46.73 | 46.4 | 45.8 | 46,2 |
| Devir (Çevrim) | >8000 | >8000 | >8000 | >8000 |
| Astar Türü | Dyneema | Dyneema | Dyneema | Dyneema |

Çizelge 4.3'e bakacak olursak, herhangi bir yırtılma gözlenmeyip 8000 çevrimi geçmiştir.

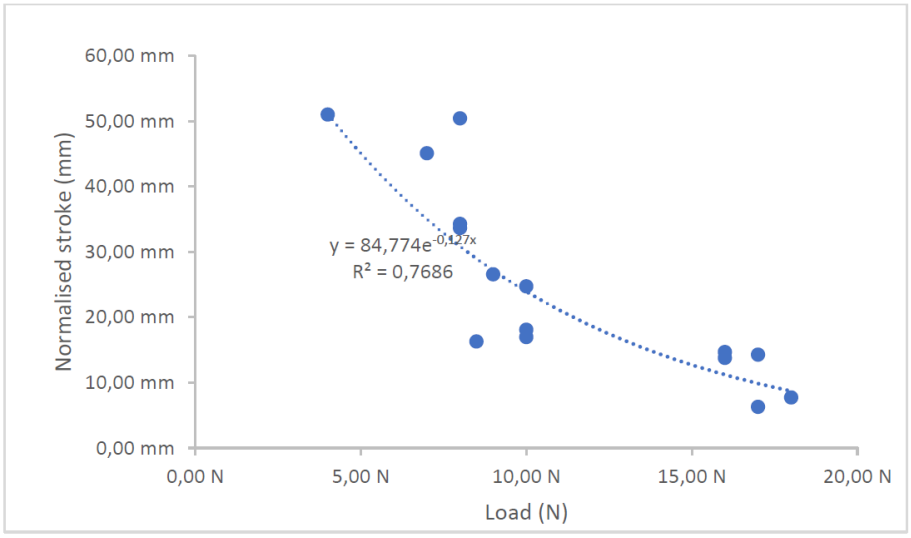
Çizelge 4.4. Poliamid&Spandex astar kaplama kesilmeye direnç testi

| Test | Alınan Değer/mm | Standartlaştırılmış Değer /mm | Yük Değeri /N |
|---|---|---|---|
| İlk Deneme Değerleri | 6,69 mm | 5,15 mm | 2,80 N |
| | 7,66 mm | 5,90 mm | 2,80 N |
| | 9,49 mm | 7,31 mm | 2,70 N |
| | 9,26 mm | 7,13 mm | 2,70 N |
| | 13,44 mm | 10,35 mm | 2,60 N |
| | 15,33 mm | 11,80 mm | 2,10 N |
| | 19,29 mm | 14,85 mm | 2,10 N |
| | 17,01 mm | 13,10 mm | 2,00 N |
| | 17,88 mm | 13,77 mm | 2,00 N |
| | 25,14 mm | 19,36 mm | 2,04 N |
| | 33,10 mm | 25,49 mm | 1,80 N |
| | 39,84 mm | 30,68 mm | 1,60 N |
| | 31,19 mm | 24,02 mm | 1,40 N |
| | 41,72 mm | 32,12 mm | 1,70 N |
| | 30,41 mm | 23,42 mm | 1,70 N |
| Ortalama | | 16,30 mm | |
| İlk Tahmin Değerler | 17,82 mm | 13,72 mm | 1,82 N |
| | 21,12 mm | 16,26 mm | 1,82 N |
| | 24,24 mm | 18,66 mm | 1,82 N |
| | 24,08 mm | 18,54 mm | 1,82 N |
| | 19,89 mm | 15,32 mm | 1,82 N |
| Ortalama | | 16,35 mm | |
| Sonuç | | | 1,77 N |

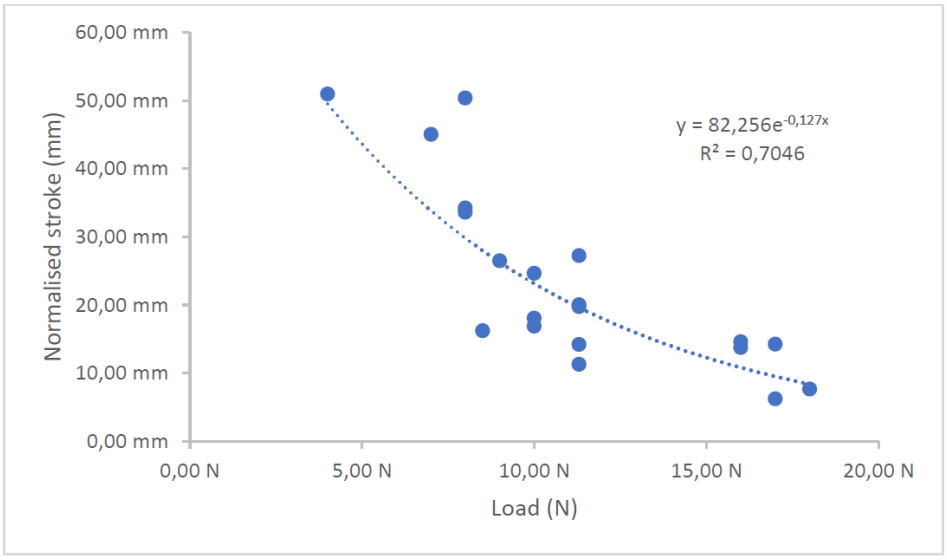
### 4.5.2. Kesilme testleri

Eldiven kaplamaları aşınmaya veya kesilmeye dirençli olarak kullanılacak işe uygun hale getirilebildiğinden bahsedilmişti. Bu kapsamda ISO13997 Standardına dayanarak TDM-100 testleri gerçekleştirilmiştir. Bu test metodunun ilgili bir cihazı bulunmakla beraber kısaca şu mantıkta ilerlemektedir: Cihazın numune tutucusuna yerleştirilen numune kesitine baskı yapmak üzere cihazın öbür tarafına belirli yükler konularak test başlatılır. Bu sırada numune üzerine temas eden bıçaktan dolayı numunenin uygulanan yüke ne kadar mesafe dayanacağı test edilir ve belirli yük aralıklarında alınan 15 ölçüm değeri standardın bahsettiği hesaplama metodu kullanılarak hesaplanır. Buna karşılık gelen yük değerine göre de hangi kesilmeye direnç grubuna dahil olduğu seçilir. Aşağıdaki testler hem Dyneema hem de Poliamid&Spandex astar üzerine yapılan kaplamanın kesilmeye direnç testleridir.

Testin 1.77 N ile sonuçlandığı belirtilmiştir. Aşağıda Şekil 4.17'de testin grafikleri verilmiştir.




(a) 1.ci grafik



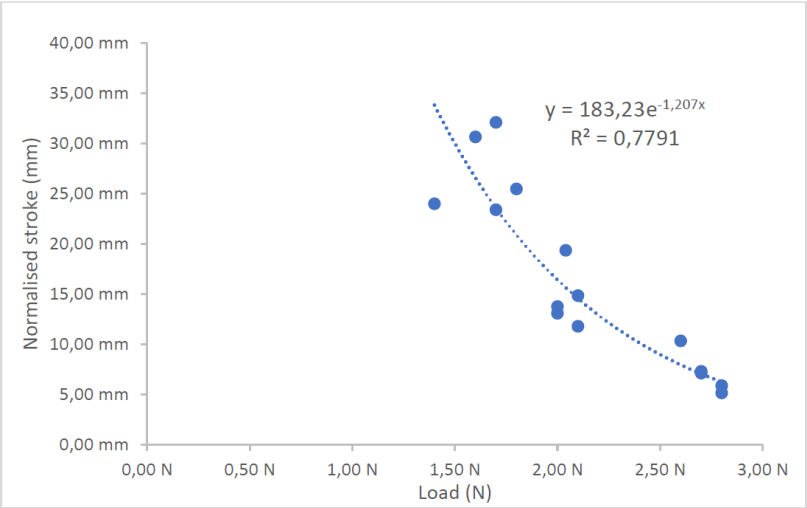

(b) 2.ci grafik

Şekil 4.17. Polyamid&Spandex astarın kaplamasının kesilme testinin grafikleri

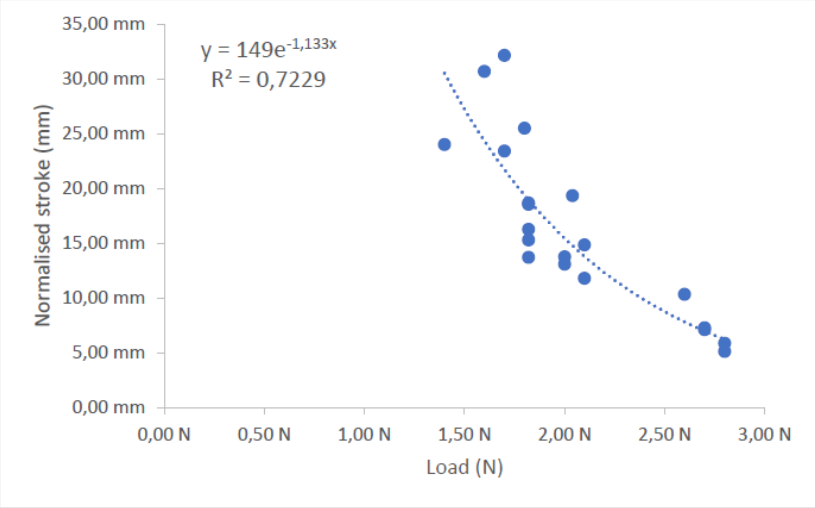
Çizelge 4.5. Dyneema astar kaplamanın kesilmeye direnç testi

| Test | Alınan Değer/mm | Standartlaştırılmış Değer /mm | Yük Değeri /N |
|---|---|---|---|
| İlk Deneme Değerleri | 7,52 mm | 7,69 mm | 18,00 N |
| | 13,45 mm | 13,75 mm | 16,00 N |
| | 14,31 mm | 14,63 mm | 16,00 N |
| | 13,93 mm | 14,24 mm | 17,00 N |
| | 6,11 mm | 6,25 mm | 17,00 N |
| | 25,93 mm | 26,51 mm | 9,00 N |
| | 15,89 mm | 16,25 mm | 8,50 N |
| | 16,55 mm | 16,92 mm | 10,00 N |
| | 24,14 mm | 24,68 mm | 10,00 N |
| | 17,68 mm | 18,08 mm | 10,00 N |
| | 32,87 mm | 33,61 mm | 8,00 N |
| | 33,49 mm | 34,24 mm | 8,00 N |
| | 49,29 mm | 50,40 mm | 8,00 N |
| | 49,84 mm | 50,96 mm | 4,00 N |
| | 44,07 mm | 45,06 mm | 7,00 N |
| Ortalama | | 24,89 mm | |
| İlk Tahmin Değerler | 26,66 mm | 27,26 mm | 11,3 N |
| | 11,04 mm | 11,29 mm | 1,82 N |
| | 19,32 mm | 19,75 mm | 1,82 N |
| | 13,91 mm | 14,22 mm | 1,82 N |
| | 19,61 mm | 20,05 mm | 1,82 N |
| Ortalama | | 23,29 mm | |
| Sonuç | | | 11,1 N |

Dyneema astarın kesilmeye direnç testi 11.1 N ile sonuçlanmıştır. Beklenen değerleri karşılamaktadır. Aşağıda Şekil 4.18'de testin grafikleri verilmiştir.




(a) 1.ci grafik




(b) 2.ci grafik

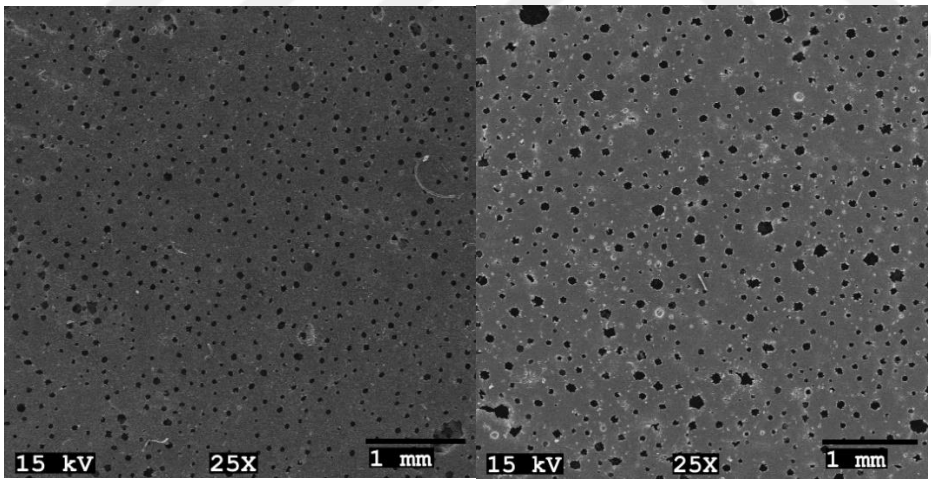
Şekil 4.18. Dyneema astar kaplamasının kesilme testinin grafikleri

# 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

## 5.1. Sonuçlar

Antimikrobiyal ilaveli eldiven numunesinde AATCC 25922 kodlu E. Coli bakterisinin üremediğini, ilaveli ve ilavesiz her iki eldiven numunesinde AATCC 6538 Straphylococcus Aureus bakterisinin üremediğini, ilaveli eldiven numunesinde ATCC 16404 küf maya mantarının üremediğini göstermektedir. Kaplama çözeltisinin anti-mikrobiyal olması bakımından bu ajanın kullanılmasına karar verilmiştir.

Kaplama ve SEM görüntülerinden anlaşıldı ki: kaplamaları koagülasyon varlığında yapmak hem kaplama penetrasyonunu hem de homojen yapıları daha kolay elde etmeye yaramaktadır. Aşağıdaki Şekil 5.1'de deneyler sonucunda elde edilen kaplamanın ve rakip ürün kaplamasının SEM görüntüleri yer almaktadır.




(a) (b)

Şekil 5.1. (a) Deney 5 SEM görüntüsü, (b) Rakip ürün SEM görüntüsü

Şekil 5.1 (a) yapılarının rakip üründeki yapılara çokça benzediği ve laboratuvar koşullarında dahi hedefe oldukça yakın olduğunu söylemek mümkündür. Aşınmaya

direnç sonucuna göre elde edilen çevrim değerleri ISO EN388 standardı kapsamında aşağıdaki çizelge baz alınarak yorumlanmaktadır.

Çizelge 5.1. Final çevrim karşılık gelen seviye değerleri

| Performance Seviyeleri | Seviye 1 | Seviye 2 | Seviye 3 | Seviye 4 | Seviye 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Aşınma Dayanımı Devir Sayısı | 100 | 500 | 2000 | 8000 | - |

Poliamid&Spandex astar için; ilk yırtılmanın görüldüğü çevrim değeri 3000 çevrim bu durumda seviye 3 olarak kabul edilir. Dyneema astar kaplamalarına bakıldığında tüm diskler >8000 çevrim olduğuna göre seviye 4 olarak kabul edilir. Bu kaplamalardan da anlaşıldığı üzere Dyneema astar kaplamaları hem aşınmaya hem de kesilmeye dirençlidir. Poliamid&Spandex kaplamaları orta derecede dirençli iken kesilmeye direnci yoktur. Kesilmeye direnç sonucuna göre final yük değerleri belirli seviyelere karşılık gelmektedir.

Çizelge 5.2. Final yüklere karşılık gelen seviye değerleri

| Performance Seviyeleri | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TDM Kesilme Direç Yükü (N) | 2 | 5 | 10 | 15 | 22 | 30 |

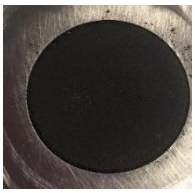
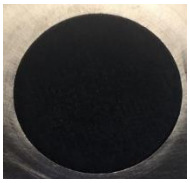
## 5.2. Öneriler

Çizelge 5.1 ve 5.2'e göre Dyneema astar kaplamaları final yükü 11.1 N ile C seviye kategorisinde, Poliamid& Spandex astar kaplamaları final yükü 1.77 N ile 0<A seviye kategorisinde yer alır şeklinde belirlenmiştir. Burada hem aşınmaya hem de kesilmeye direnci olan bir eldiven kullanmak isteniyorsa C seviye eldiven tercih edilmelidir. Aşınmaya direnç kategorisinde sadece aşınmaya direnç aranıyor,

kesilmeye direncinin etkisi önem arz etmiyorsa ekonomik açıdan Poliamid& Spandex tercih edilebilir.

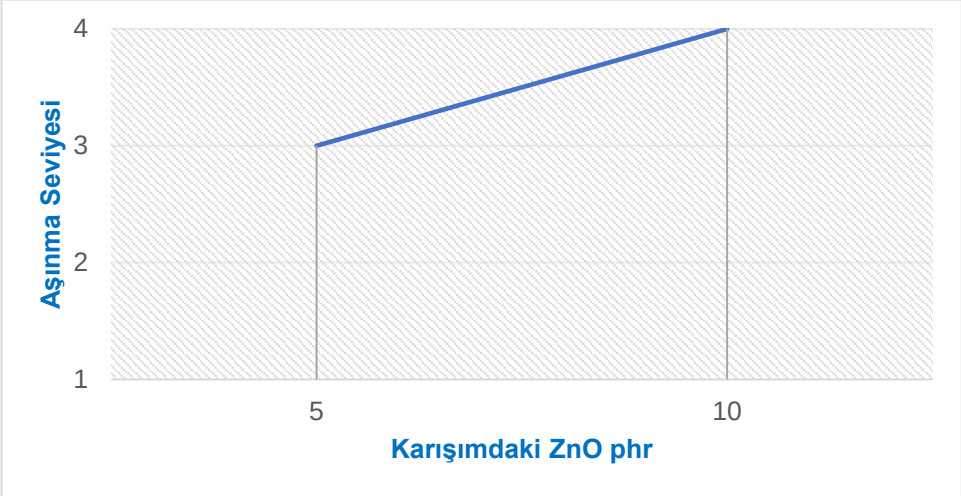
Yapılan mekanik testlere dayanarak; kullanılan ip türünün mekanik dirençte önemli bir rol üstlendiği tespit edilmiştir. Elbette ki mekanik direnç, sadece iplikler yoluyla değil kaplama karışımındaki vulkanizasyon ajanlarının varlığı ve miktarı ile de sağlanabilmektedir. Dolayısıyla bu ajanlardan ZnO miktarının 2 katına çıkarılması önerilebilir. Bu doğrultuda yapılan çalışmada Poliamid& Spandex eldivenin aşınma direncinde seviye atladığı görülmektedir.

Çizelge 5.3. ZnO miktarının 2 katına çıkarılmasıyla yapılan Poliamid& Spandex astar kaplamaları

| |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|
| **TEST PARAMETRELERİ** | **1.DİSK** | **2.DİSK** | **4.DİSK** | **5.DİSK** |
| Kaplama Türü | Köpük Nitril | Köpük Nitril | Köpük Nitril | Köpük Nitril |
| Beden | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Sıcaklık (°C) | 26,4ºC | 26,4ºC | 26,4ºC | 26,4ºC |
| Nem (%) | 53% | 53% | 53% | 53% |
| Ağırlık (g) | 20,4 | 17,9 | 19 | 20,9 |
| Devir (Çevrim) | >8000 | >8000 | >8000 | >8000 |
| Astar Türü | Poliamid&Spandex | Poliamid&Spandex | Poliamid&Spandex | Poliamid&Spandex |

Çizelge 5.3’ den de anlaşılacağı üzere ZnO miktarının arttırılması kaplamaya direnç sağlamış ve seviye 3’ten seviye 4’e çıkarmıştır.

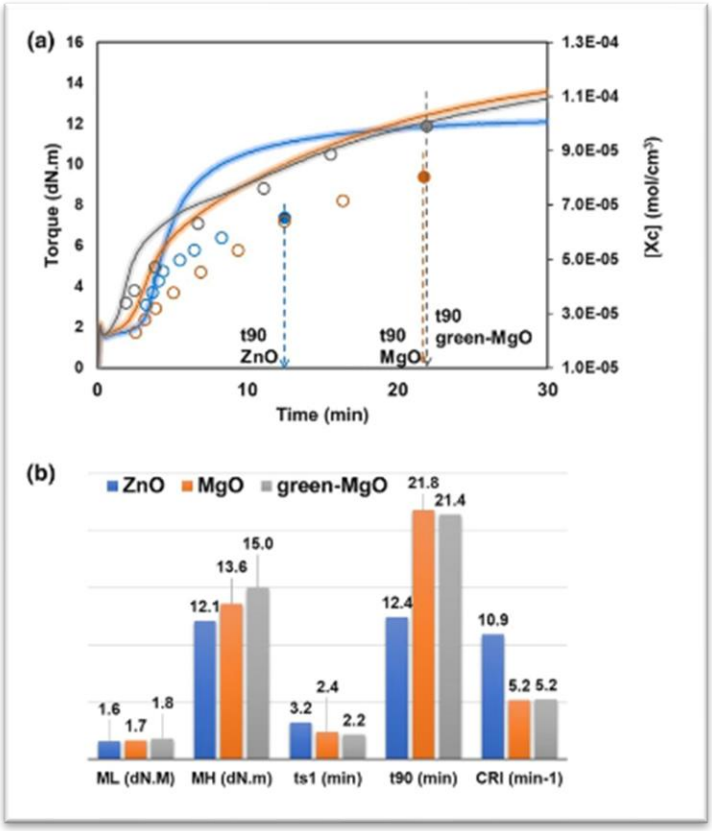
Çizelge 5.4. ZnO phr'ın arttırılması sonucu aşınma direnç seviyesi değişimi



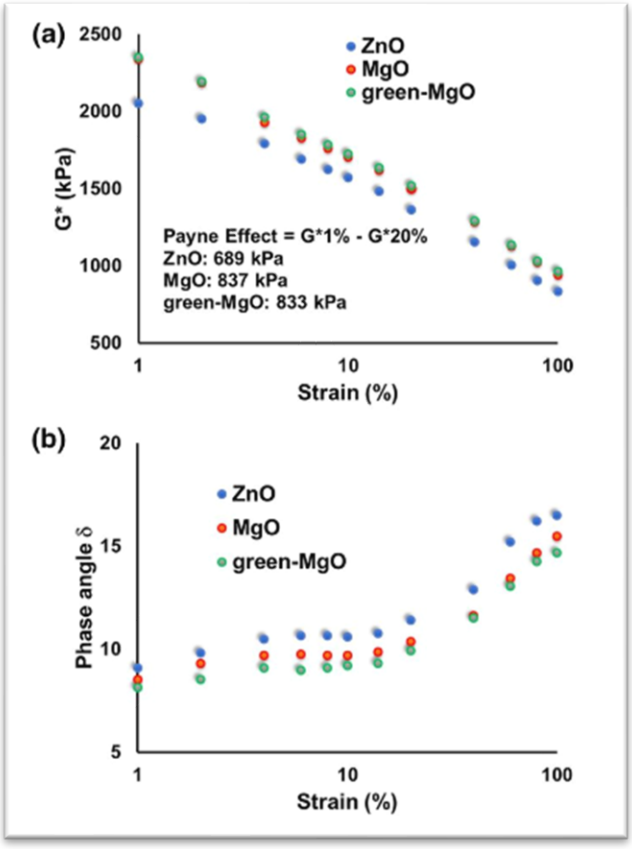

ZnO, insan sağlığına zararlı olmayan bir malzeme olarak sınıflandırılmasına rağmen, ekolojik tehditlere neden olabilmektedir. Bazı canlı türlerini, özellikle de çinko reaktivitesine çok duyarlı olan ve büyüyemeyen deniz fitoplanktonu ve algler gibi suda yaşayan canlı organizmaları tehlikeye atabilmektedir. Bu nedenle, Avrupa Konseyi çinkonun zararlı ve tehlikeli bir metal iyonu olduğunu ilan etmiştir.

AB Normu 2004/73/EC yönetmeliği suda yaşayan canlılar için çinkoyu mümkün olduğunca minimum tutmaya zorlamıştır.30'dan fazla araştırmalar sonucunda bazı vulkanisazyon sonucunda oluşmuş polimer artıklarından çinko sızıntısı sorununun önemli bir sorun haline geldiğini ve bu nedenle bu konunun ciddi bir şekilde dikkate alınması gerektiği tespit edilmiştir (Boopasiri ve ark., 2002).

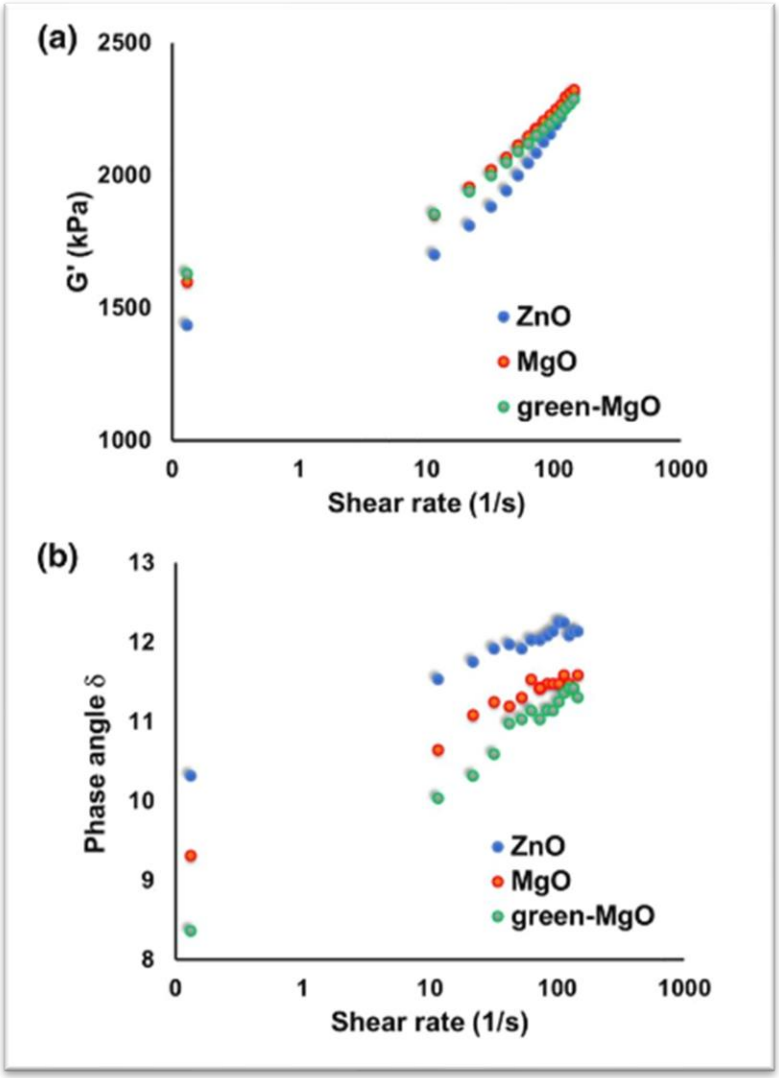
ZnO yerine çevre dostu olarak sentezlenen magnezyum oksit, kullanımı değerlendirilebilir. Buna örnek olarak Silva ve ark. NBR' nin MgO ve yeşil-MgO ile vulkanizasyonun, ZnO kompozitlerinden daha yüksek çapraz bağ yoğunluğu (Şekil 5.2), daha yüksek elastik modül (Şekil 5.4), daha düşük faz açısı (Şekil 5.3) ve daha düşük gerilim gevşemesi olduğunu tespit etmişlerdir (Şekil 5.7). Bunun yanında mekanik performansta yırtılma mukavemeti, çekme mukavemeti ve sertlik açısından önemli bir fark gözlemlenmemiştir (Silva ve ark., 2021).



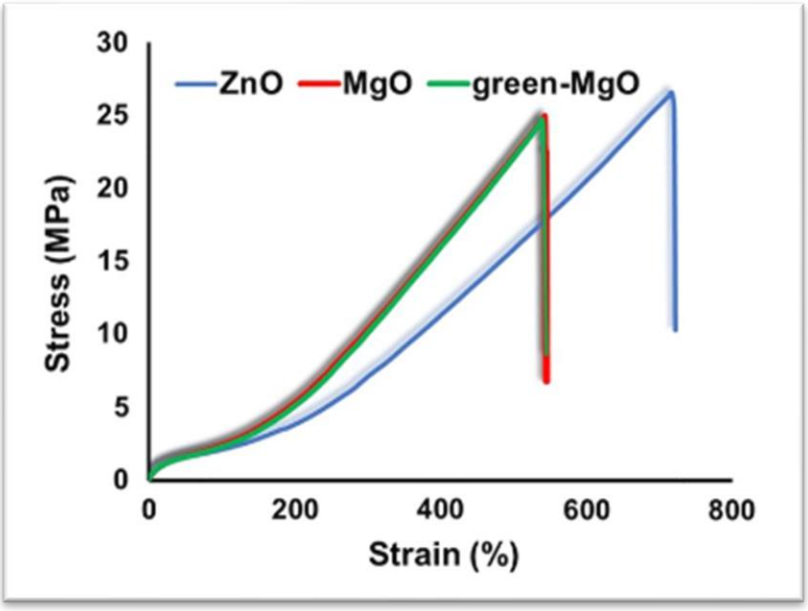

Şekil 5.2. (a) Zamana karşı tork ve çapraz bağ yoğunluğu eğrileri ve (b) Aktivatörler arasında t90'da reometrik parametreler ve çapraz bağ yoğunluğu karşılaştırması (Silva ve ark., 2021)



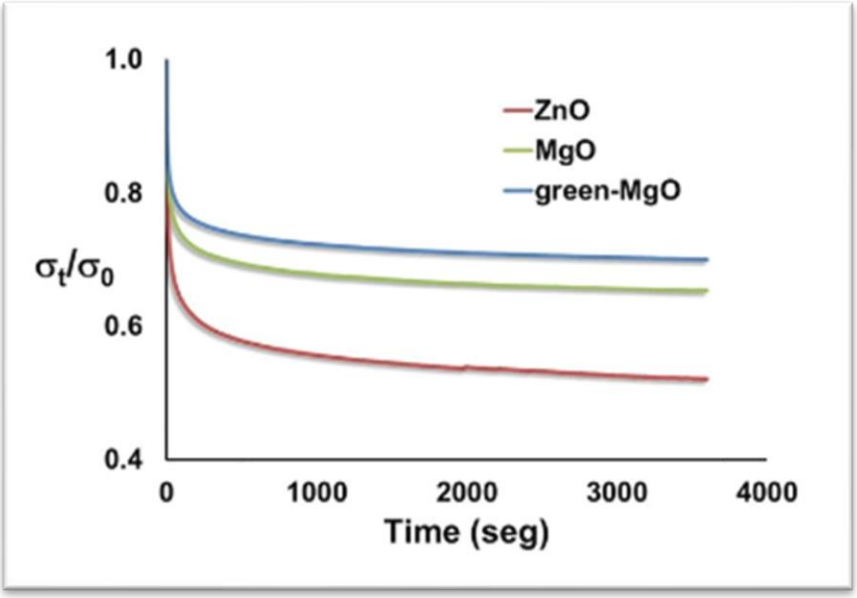

Şekil 5.3. ZnO, MgO ve yeşil MgO'nun karmaşık kayma modülü (a) ve faz açısı δ° (b) – 60 °C'de 1 Hz. frekansta %1'den %100'e gerinim tarama testi (Silva ve ark., 2021)




Şekil 5.4. ZnO, MgO ve yeşil-MgO'nun elastik kayma modülü (a) ve faz açısı δ° (b) karşılaştırması– 0,3 ila 33 Hz. frekans tarama testi, %7 gerinim genliği ve 60 °C (Silva ve ark., 2021)




Şekil 5.6. NBR bileşiklerinin temsili gerilim-gerinim eğrileri. Çekme mukavemeti için medyanın en yakın değeriyle sonuçlanan numunenin eğrisi (Silva ve ark., 2021)




Şekil 5.7. Gerilmenin %100' ünde zamanla normalize edilmiş çekme gerilimi azalması (Silva ve ark., 2021)

Dolayısıyla eldiven üretimi için yapılan vulkanizasyonda da kullanılabilir. Şu an hali hazırdaki eldiven sistemlerinde kullanılmamasının nedeni ekonomik olarak maliyetli olmasıdır.

## KAYNAKLAR


BEDEL, F., 2021. Peroksit Vulkanizasyon Sistemli Etilen Propilen Dien Kauçuk Karişimlarinin Reolojik ve Mekanik Özelliklerini Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 1-5, 27-28s.

Bilsen Beşergil, Endüstri Polimeleri, 2018, https://bilsenbesergil.blogspot.com/p/makaleler-pdf.html, Erişim Tarihi: 01.12.2022.

BOOPASİRİ, S., THAPTONG, P., SAE-OUİ, P. and SİRİWONG, C., 2022. Fabricati on Of Zinc Oxide-Coated Microcrystalline Cellulose and Its Application In Truck Tire Tread Compounds. Journal of Applied Polimer Sience, 139 (31), 2s.

BOTROS, S., ABDEL-NOUR, K., 1997. Preparation and Characterization of Butyl/NBR Vulcanizates. Polymer Degradation and Stability. 62, 479-485s.

BUNSELL A.R., 2009. Handbook of Tensile Properties of Textile and Technical Fibres, Woodhead Publishing Limted, Cambridge.

CAİ, Z., CADEK, D., JİNDROVÁ, M., KADEˇRÁBKOVÁ, A. and KUTA, A., 2022. Physical Properties and Biodegradability Evaluation of Vulcanized Epoxidized Natural Rubber/Thermoplastic Potato Starch Blends. Materials, 15(21): 1-2s.

COCHRON, S., GALVEZ, F., PİNTOR, A., CENDON, D., ROSELLO, C. and SANCHEZ G. V., 2002. Characterization of fraglight Non-Woven Felt and Simulation of FSP's Impact in It. Final Report for the European Research Office of the US Army, Universidad Politecnica de, Madrid.

ÇALIŞ, T., 2007. Poliüretan-Kil Nanokompozit Sentezi ve Karakterizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 4-8s.

DAYIOĞLU, K. A., 2018. Vulkanizasyon Parametrelerinin Doğal Kauçukların Çapraz Bağ Yoğunluğu ve Malzeme Ömrü Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Programı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 42s.

ERDOĞAN, Ü. H., 2012. Yüksek Mukavemetli Lifler ve İplikler. TSE Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, 51 (602), 57-65s.

ERKEK, S., 2007. Karbon Siyahı/Yağ ve Karbon Siyahı/Dolgu Maddesi Oranının Farklı Vulkanizasyon Sistemlerinde Epdm, Nbr ve Sbr Elastomerlerinin Fiziko-Mekaniksel Özellikleri Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 7s.

HORROCKS A.R. and ANAND S.C., 2000. Handbook of Technical Textiles. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.

HORROCKS A.R. ve ANAND S.C., 2003. Technical Textiles Handbook. The Textile Institute, İstanbul.

Joysun, 2021, Kimyasal Şişirici Ajanlar, http://tr.joysun-chem.com/news/the principle-and-characteristics-of-chemical-blowing-agents/, Erişim Tarihi: 19.05.2021.

KALAYCI E., AVİNÇ, O. ve YAVAŞ, A., 2016. Yüksek Performanslı Polietilen (HPPE) Lifleri. Pamukkale Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Marmara Fen Bilimleri Dergisi, Denizli, 1, 13-34s.

KARADUMAN, A., 2018. Polimerlerin Sentezi (Katılma). Ankara Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Ders Notları, Ankara, 6s.

LİN, S. P., HAN J. N., YEH, J. T., CHANG, F. C. and HSİEH, K. H., 2007. Surface Modification and Physical Properties of Various UHMWPE Fiber Reinforced Modified Epoxy Composites. Journal of Applied Polimer Sience, 14(1): 655–665s.

Malzeme Bilimi. Net, 2022, Anizotropi, https://malzemebilimi.net/izotropi-ve-anizotropi-nedir, Erişim Tarihi: 10.12.2022.

MUTLU, M., 2005. Aşılanmış Poliolefinlerin Sentezi Ve Özelliklerinin İncelenmesi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 14-25s.

ÖZTÜRK, E., 2008. Farklı Kauçuk Karışımlarının Vulkanizasyonuna Hızlandırıcıların Etkisi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 11-12, 27-28, 33s.

PASSADOR R.F., JR RODOLFO A. and PESSAN L.A., 2009. In Situ Dynamic Vulcanization of Polyvinyl Chloride/Acrylonitrile-Butadiene Rubber Blends. Journal of Macromolecular Science, Part B Physics 48: 282-298.

SAÇAK, M., 1998. Polimer Kimyasına Giriş. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Döner Sermaye İşletme Yayınları, Ankara, 6-15s.

SAÇAK, M., 2014. Polimer Teknolojisi. Gazi Kitapevi, Ankara, 1, 16, 46-48, 352-353s.

SANBORN, B., Dİ LEONARDİ, A.M., WEERASOORIYA, T., 2014. Tensile Properties of Dyneema SK76 Single Fibers at Multiple Loading Rates Using a Direct Gripping Method. Journal of Dynamic Behavior of Materials, 1(1), 4-14s

SELÇUK, E. S., 2019. Epokside Doğal Kauçuğun Koajan Varlığında Vulkanizasyonu. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 3-4s.

SİLVA, A. A., ROCHA, E.BD., LİNHARES F. and FUDARTO C, RG., 2021. Replacement of ZnO by ecofriendly synthesized MgO in the NBR vulcanization. Polimer Bülteni, 79(10).

SOYUBOL, B., 2006. Elastomerlerin Statik ve Dinamik Özelliklerinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 22s.

TONPHENG, B. and ANDERSSON, O., 2008. Crosslinking, Thermal Properties and Relaxation Behaviour of Polyisoprene Under High-Pressure. European Polymer Journal, 44 (9), 2865-2873s.

Teknik Tekstiller, 2017, http://www.tekniktekstiller.com/articles/uhmwpe-ultra-yuksek-molekuler-agirliga-sahip-polietilen-lifleri/, Erişim Tarihi: 10.12.2022.

Teknik Tekstiller, 2022, Yüksek ve Ultra Yüksek Molekül Ağrılıklı Polietilen, http://www.plastik-ambalaj.com/tr/plastik-ambalaj-makale/1085-ultra-yueksek molekuel-agrlkl-polietilen-uhmwpe, Erişim Tarihi: 10.12.2022.

Tekstil Sayfası, 2022, Polyester İplik Özellikleri, https://tekstilsayfasi.blogspot.com/ 2020/11/ polyester-iplik-nedir-polyester-ipligi.html, Erişim Tarihi: 08.12.2022.

Tekstil Sayfası, 2022, Polyamid İplikler, https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2015/10/ Polyamid -nedir-naylon-pa.html, Erişim Tarihi: 08.12.2022.

Yeni Ümit Moda Akademi, 2019, Polyester iplikler, https://www.yeniumitmodelistlik. com/polyester-iplik/, Erişim Tarihi: 28.04.2020.