



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**POLİMER MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
POLİMER MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**AKRİLİK KAUCUĞUN YANMAZLIK ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FURKAN EMİN ALACALAR

DANIŞMAN: PROF. DR. M. ATILLA TAŞDELEN

**YALOVA
ARALIK 2022**



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

POLİMER MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
POLİMER MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

AKRİLİK KAUÇUĞUN YANMAZLIK ÖZELLİKLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FURKAN EMİN ALACALAR
195101016

DANIŞMAN: Prof. Dr. M. Atilla TAŞDELEN

YALOVA
ARALIK 2022

ETİK BEYAN

Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez/Proje Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım “AKRİLİK KAÜÇÜĞÜN YANMAZLIK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ” başlıklı bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksinin tespiti halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Furkan Emin ALACALAR



Sevgili Aileme,



ÖNSÖZ

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca sabrından ödün vermeyip desteklerini asla esirgemeyen, iş bitiriciliği başarısıyla, hem çalışma hem de akademik hayatımda bana örnek olan, öğrencisi olmaktan onur duyduğum, çok değerli danışman hocam Prof. Dr. M. Atilla TAŞDELEN'e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans tez dönemim boyunca beni her zaman motive eden, tecrübesi ve özgün kişiliğiyle kendime mentor olarak gördüğüm ve tez çalışmamda bana maddi ve manevi birçok desteği bulunan, halen Karışım Hazırlama ve Ar-Ge Sorumlusu olarak çalıştığım Kimhex Kimya firması sahibi Ahmet ÇÖĞÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez savunma sunumumda jüri olarak bulunan ve motive edici sözlerle destek veren değerli hocalarım Doç. Dr. M. Arif KAYA ve Doç. Dr. Mustafa ÇİFTÇİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım esnasında bana yardımları bulunan Söylemez Kauçuk Ar-Ge Mühendisi Kamran FARZULLAZADE'ye, Arfen Köprü Üretim Müdürü Gökhan CİVELEK'e ve Kimhex Kimya'daki çok değerli çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Üniversitede tanıştığım, ailemden biri olarak gördüğüm, birlikte birçok anıyı paylaştığımız, değerli arkadaşım ve meslektaşım Kerem KÜSKÜ'ye çok teşekkür ederim.

Bana hem sıkı bir dost hem de tüm koşullarda benim yanımda olan, birlikte olmaktan çok keyif aldığım, hayatımın onunla daha eğlenceli olduğu, bana her koşulda destek olan, derdimle dertlenen sevincimle sevinen, sevgili kardeşim Mücahit ALACALAR'a çok teşekkür ederim. İlköğretim hayatımda bana sabırla okuma yazmayı öğreten, ödevlerimde her daim yardımcı olan, sabrıyla taş çatlatan, bugünlere gelmemde büyük emekleri bulunan sevgili annem Ayşegül ALACALAR'a çok teşekkür ederim. Hayatımın her anında yanımda olan, varlığı sayesinde kendimi asla yalnız hissettirmeyen, her zaman arkamda büyük güç olarak hissettiğim, her düştüğümde el uzatan, yol gösteren, üzerimde çok emeği bulunan, çok değerli canım babam İkrım ALACALAR'a çok teşekkür ederim. Tez dönemimde dünyaya gelen ve hayatımızı şenlendiren, gülüşüne dünyaları değişmeyeceğim canım kızım Meva ALACALAR'a çok teşekkür ederim. Yanındayken huzur bulduğum, yanında olamadığım zamanlarda da varlığını hissettiğim, beni her koşulda motive eden, bana destek veren, çocuğumun annesi, bu hayatı onunla bitirmek istediğim, sevgili eşim, hayat arkadaşım Büşra ALACALAR'a çok teşekkür ederim.

Aralık – 2022

Furkan Emin ALACALAR



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN	i
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR VE SEMBOLLER	xi
TABLolar LİSTESİ	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
GİRİŞ	1
1. TEORİK KISIM	3
1.1. Kauçuğun Tarihçesi	3
1.2. Kauçuklar	3
1.2.1. Doğal kauçuk (NR)	3
1.2.2. Sentetik kauçuklar	4
1.2.2.1. Stiren bütadien kauçuk (SBR)	5
1.2.2.2. Etilen propilen (dien) monomer (EPM – EPDM)	5
1.2.2.3. Kloropren kauçuk (CR)	6
1.2.2.4. Akrilonitril bütadien kauçuk (NBR)	6
1.2.2.5. Silikon kauçuk (VMQ)	6
1.2.2.6. Florokarbon kauçuk (FKM)	6
1.2.2.7. Etilen akrilat kauçuk (AEM)	7
1.2.2.8. Akrilik kauçuk (ACM)	7
1.2. Kauçuk Hamurlarında Kullanılan Malzemeler	11
1.2.1. Dolgu maddeleri	11
1.2.1.1. Siyah dolgular	11
1.2.1.2. Beyaz dolgular	12
1.2.2. Plastifiyanlar	12
1.2.3. Yaşlanma önleyiciler	13
1.2.4. Aktivatörler	13
1.2.5. Proses kolaylaştırıcılar	13
1.2.6. Hızlandırıcılar	14
1.2.7. Pişiriciler ve vulkanizasyon yöntemleri	14
1.2.8. Alev geciktiriciler	15



1.2.8.1. İnorganik alev geciktiriciler	15
1.2.8.2. Organik alev geciktiriciler.....	15
1.2.8.3. Halojen içerikli alev geciktiriciler.....	15
1.2.8.4. Azot içerikli alev geciktiriciler.....	16
1.2.8.5. Kabaran alev geciktiriciler	16
1.2.8.6. Amonyum polifosfat (APP)	16
1.3. Literatür Taraması	17
2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	19
2.1. Malzeme ve Yöntem	19
2.1.1. Kullanılan kimyasal malzemeler	19
2.1.2. Kauçuk hamur reçeteleri	19
2.1.3. Kauçuk hamur karışımlarının hazırlanması	20
2.2. Karışımlara Uygulanan Testler.....	23
2.2.1. Reometre testi	23
2.2.2. Yoğunluk testi.....	24
2.2.3. Postkür	25
2.2.4. Sertlik testi	26
2.2.5. Mekanik test.....	26
2.2.6. Kalıcı deformasyon testi	27
2.2.7. LOI testi	28
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	31
3.1. Reometre Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	31
3.2. Yoğunluk Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	33
3.3. Sertlik Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	33
3.4. Mekanik Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	34
3.5. Kalıcı Deformasyon Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	35
3.6. LOI Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	36
4. SONUÇLAR	45
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	51

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

BR	: Bütadien Kauçuk
CBS	: N-Sikloheksil-2-Benzotiyazol Sülfenamid
NR	: Doğal Kauçuk
SBR	: Stiren Bütadien Kauçuk
CR	: Klor (Kloropren/Neopren) Kauçuk
EPM	: Etilen Propilen Monomer
EPDM	: Etilen Propilen Dien Monomer
IIR	: Bütil Kauçuk
FKM	: Florokarbon Kauçuk
ACM	: Poliakrilat Kauçuk
AEM	: Etilen Akrilat Kauçuk
ECO	: Epiklorohidrin Kauçuk
NBR	: Akrilonitril Bütadien Kauçuğu
ACN	: Akrilonitril Oranı
IPPD	: <i>N</i> -Isopropil- <i>N</i> '-fenil 1,4-fenilendiamin
IR	: Poliizopren Kauçuk
MDR	: Döner Kalıp Reometresi
MH	: Maksimum Tork
ML	: Minimum Tork
NR	: Doğal Kauçuk
VMQ	: Silikon Kauçuk
S	: Kükürt
SA	: Stearik Asit
MQ	: 2,2,4-trimetil-1,2-dihidrokinolin
TMTD	: Tetrametiltiuram Disülfür
ACM	: Poliakrilik Kauçuk
ZnO	: Çinko Oksit
phr	: Yüz Birimlik Kauçuk Kütlesi Başına Düşen Oran
t_{s2}	: Pişmeye Geçtiği An
t_{90}	: Optimum Pişme Süresi
kg	: Kilogram
g	: Gram
%	: Yüzde
N	: Newton
g/cm^3	: Yoğunluk Birimi



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Reçetede kullanılan kimyasal malzemelerin markaları	19
Tablo 2.2. Karışım Reçeteleri (Tablodaki değerler PHR olarak belirtilmiştir).....	20
Tablo 3.2. Numunelerin yoğunluk değerleri (Birimler g/cm ³ olarak belirtilmiştir).....	33
Tablo 3.3. Numunelerin Shore A cinsinden sertlik değerleri.....	33
Tablo 3.4. Postkür öncesi ve sonrası mekanik özelliklerin değerleri.....	34
Tablo 3.5. Numunelerin kalıcı deformasyon değerleri	35
Tablo 3.7. A-1 numunelerine yapılan testler.....	38
Tablo 3.8. A-2 numunelerine yapılan testler.....	39
Tablo 3.9. A-3 numunelerine yapılan testler.....	40
Tablo 3.10. A-4 numunelerine yapılan testler.....	41
Tablo 3.11. F-1 numunelerine yapılan testler	42
Tablo 3.12. Numunelerin ortalama LOI değerleri	43



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Doğal Kauçuğun Kimyasal Yapısı [8]	4
Şekil 1.2. SBR'nin Kimyasal Yapısı [21]	5
Şekil 1.3. Poliakrilatın polimerizasyonunda kullanılan farklı monomer yapıları [9]	8
Şekil 1.4. Nipol ve HyTemp markalarının ACM Tipleri [18]	9
Şekil 1.5. Poliakrilatın reaktif kür alanları [9]	10
Şekil 1.6. ACM'nin fonksiyonel grupları [19]	10
Şekil 1.7. Hızlandırıcıların kimyasal grupları ve hızları [27]	14
Şekil 1.8. Melaminin kimyasal yapısı [37]	16
Şekil 2.1. Açık karıştırıcı hamur makinesi (Silindir)	21
Şekil 2.2. Laboratuvar tipi açık karıştırıcı hamur makinesi	22
Şekil 2.3. ACM kauçuğundan oluşan hamur	23
Şekil 2.4. U-CAN marka reometre cihazına örnek bir fotoğraf [47]	24
Şekil 2.5. ZLS 220 A SCS model yoğunluk ölçe cihazına örnek bir fotoğraf	24
Şekil 2.6. Etüv cihazı	25
Şekil 2.7. Etüv cihazında postkür uygulanan çekme – uzama test numuneleri	26
Şekil 2.8. Çekme testleri sonrası, soldan sağa sırasıyla olan numuneler	27
Şekil 2.9. Kalıcı deformasyon için kullanılan benzer test aparatı	28
Şekil 2.10. LOI test numunelerinden, postkür öncesi A-3 ve A-4 numaralı numuneler	29
Şekil 2.11. LOI test numunelerinin 5'er cm' lik işaretlenen alanları	29
Şekil 2.12. Kocaeli Üniversitesinde yer alan MARES marka LOI Test Cihazı	30
Şekil 3.1. A-0, A-1, A-2, A-3, A-4 numunelerinin reometre grafiği	31
Şekil 3.2. F-1 numunesinin reometre grafiği	32
Şekil 3.3. Soldan sağa doğru sırasıyla gösterilen, kalıcı deformasyon sonrası numuneler	36
Şekil 3.4. Soldan sağa doğru sırasıyla gösterilen, kalıcı deformasyon sonrası numuneler yükseklik farklar	36
Şekil 3.5. A-0 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri	37
Şekil 3.6. A-1 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri	38
Şekil 3.7. A-2 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri	39
Şekil 3.8. A-3 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri	40
Şekil 3.9. A-4 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri	41
Şekil 3.10. F-1 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri	42



AKRİLİK KAÜÇUĞUN YANMAZLIK ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Poliakrilik kauçuğu (ACM), çeşitli akrilat monomerlerin kopolimerizasyonundan elde edilmektedir. Kullanılan akrilatlar; etil akrilat ve/veya butil veya oktil akrilat, etilmetoksi veya etiloksi akrilatdır. Elde edilen akrilik kauçuklar yağa, ısıya, yaşlanmaya ve ozona karşı çok dayanıklıdır. Akrilik kauçukların gerilim özellikleri doğal ve nitril kauçuk kadar iyi değildir. Özellikle yeni nesil ACM'ler 160-170°C civarında 1000 saat kadar çalışabilirler. Fakat yüksek sıcaklıklarda yumuşama gösterirler. ACM vulkanizatları hayvansal, bitkisel ve mineral yağlarda şişmeye karşı, floro elastomeri (FKM) hariç, diğer kauçuklara göre daha dayanıklıdır ki bu özellik sıcaklığın yükselmesiyle azalır. Akrilik kauçukların kimyasallara karşı da direnci pek iyi değildir. Kuru çalışma özelliği kötüdür, düşük sıcaklık ve suda kullanımı uygun değildir. Akrilik kauçukların %90'ından fazlası otomotiv sanayinde kullanılmaktadır. Genellikle krank şaftlarında, otomatik ve diferansiyel transmisyonlarda şaft keçesi olarak ve bunların yanında o-ringlerde, valflerde ve yağ hortumlarında kullanılırlar. Sektörde bu uygulamalarda genellikle yüksek fiyatlı FKM tercih edilmektedir. Ancak, florlu kauçukların fiyatları ACM ile kıyaslandığında ortalama 3 kat daha yüksektir. Bu çalışmada ACM kauçuğunun yanmazlık özelliklerini artırarak FKM yerine alternatif malzeme olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Halojen içermeyen alev geciktirici malzemeleri eklenerek, ACM kauçuğun yüksek sıcaklıktaki performansı raporlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akrilik Kauçuk, Kauçuk, Yanmazlık



IMPROVEMENT OF FLAMMABILITY PROPERTIES OF ACRYLIC RUBBER

ABSTRACT

Polyacrylic rubber (ACM) is obtained from the copolymerization of various acrylate monomers. Acrylates used; ethyl acrylate and/or butyl or octyl acrylate is ethylmethoxy or ethyloxy acrylate. The obtained acrylic rubbers are very resistant to oil, heat, aging and ozone. Tensile properties of acrylic rubbers are not as good as natural and nitrile rubbers. Especially the new generation ACMs can operate for 1000 hours at around 160-170°C. But they show softening at high temperatures. ACM vulcanizates are more resistant to swelling in animal, vegetable and mineral oils than other rubbers, except fluoro rubber (FKM), however this properties decreases with increase the heat. Acrylic rubbers also do not have good resistance to chemicals. Its dry running properties are bad, it is not suitable for use in low temperature and water. More than 90% of acrylic rubbers are used in the automotive industry. They are generally used as shaft seals in crankshafts, automatic and differential transmissions, as well as in o-rings, valves and oil hoses. High priced FKM are generally preferred in these applications in the industry. However, the prices of fluoro rubbers are on average 3 times higher when compared to ACM. In this study, it is aimed to use ACM rubber as an alternative material instead of FKM by increasing its non-flammability properties. By adding halogen-free flame retardant materials, the high temperature performance of ACM rubber is reported.

Keywords : Acrylic Rubber, Flammability, Rubber



GİRİŞ

ACM kauçuğu diğer sentetik kauçuklara oranla üzerinde daha az çalışma yapılan, üretim proseslerinin zorluğundan dolayı pek tercih edilmeyen bir kauçuk türüdür. Genelde otomotivde conta sıcaklığın ve yağın olduğu yerlerde kullanılır. NBR kauçuğunun kullanım sıcaklığı olarak çıkamadığı yerlerde tercih edilir. Öyle ki daha yüksek sıcaklıkların olduğu bölgelerde FKM kauçuğu tercih edilmektedir. FKM kauçuklarının maliyeti yüksektir. Bu kauçuk türü yerine, yüksek sıcaklık dayanımlı, yanmazlık özelliklerinin geliştirildiğı ACM kauçuğu da tercih edilebilir.

Bu tez çalışmasında ACM kauçuğunun, A-0, A-1, A-2, A-3, A-4 olarak 5 farklı reçete hazırlanmış ve FKM kauçuğunda F-1 hazır hamuru kullanılarak, karşılaştırmalar yapılmıştır. ACM ye eklenen yanmazlık malzemelerinin, referans olan A-0 numunesine kıyasla malzemenin mekanik, yoğunluk, sertlik, reolojik, kalıcı deformasyon ve LOI değerleri incelenmektedir.

1.TEORİK KISIM

1.1. Kauçuğun Tarihçesi

Kauçuğu bulan ilk Avrupalının Christopher Columbus olduğu varsayılmaktadır. Christopher Amerika kıtasına gerçekleştirdiği ikinci ziyaret esnasında Haiti adasındaki insanların, ağaçtan ürettikleri elastik reçineden top ve farklı elbiseler yaptıklarını gözlemlemiştir. İkametleri Amazon Nehri etrafında yaşayan, yerli olarak tabir edilen halk, bu ağaca “caa-o-chu” olarak tanımladıkları söylenmektedir. Bu halkın lisanında “caa” ağaç, “o-chu” ağlamak anlamına gelmektedir. “Caa-o-chu” manası ağlayan ağaçtır. Üretimi yapan ağaç Hevea Brasiliensi’dir. Yetiştirilen ağaçların gövde kısımlarından yarıklar açılır, buradan viskoz bir sıvı akar. Kauçuk bu sıvıdan elde edilir [1].

1839 yılında Charles Goodyear, kauçuğu çapraz bağlama ile nihai ürün haline getirmiştir. Kükürt ve ısı ile birlikte vulkanize etmiştir. Böylece 1845’de Thomson hava yastığı, 1888’de Dunlop havalı lastik yapmıştır. 19. Yüzyılın ortalarında kauçuk ağaçları Asya ve Güney Afrika’da İngilizler tarafından yetiştirilmiştir. Talebin artmasıyla sentetik kauçuk çalışmaları başladı [2].

Fritz Hoffman ilk sentetik kauçuk patentini 1909 yılında Almanya’da aldı. 1931 yılında klorlu kauçuklar ile ilgili patent alındı. 1935’de NBR üretildi.1951 yılında Ziegler katalizör çeşidi buldu. Natta ilave çalışmalarda bulundu. Natta ve Fritz Hoffman 1963 senesinde Nobel Kimya Ödülü almıştır [4].

1.2. Kauçuklar

1.2.1. Doğal kauçuk (NR)

Hevea Brasiliensis ağacından çıkan lateks ile doğal kauçuk üretilir. Malezya, Endonezya gibi ülkelerde yetişmektedir. Ağaçtan çıkan lateksin biriktirilip, çeşitli adımlardan geçirilip üretilir [3].

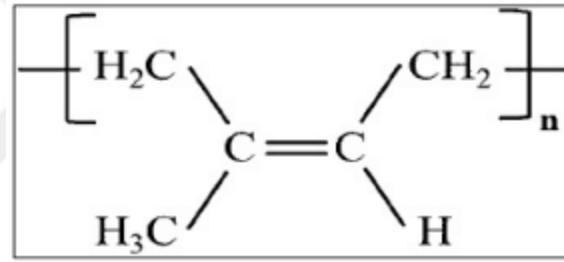
İki metotla kauçuk üretilir. İlki konsantrasyon yöntemidir. Alınan %30’luk sıvının yoğunluğu %60’a getirilir. Santrifüjleme gibi yöntemlerle kauçuk oranı %60 saflıkta malzeme üretilip, yabancı maddeler atılır. İkinci metot ise formik asitle pıhtı yöntemidir. Bu yöntemle oluşan lateks açık havada ya da sıcak fırınlarda suyu alınıp kauçuk üretilir [3].

Tabii kauçuğun ortalama molekül ağırlığı 200000 – 400000 civarındadır. Molekül ağırlığı geniş olduğu için işlenebilme özelliğı yüksektir. Yapısında bulunan çift bağlar reaktiftir. Bunlar kükürt vulkanizasyonu için ihtiyaçtır. Yalnız çift bağ arttıkça ozon ve oksijen ile reaksiyona girilerek erken yaşlanma gerçekleşecektir. [3]

Doğal kauçuk üretimi düşük sıcaklıkta yapılmalıdır, çünkü ısıl dayanımı düşüktür. Yüksek sıcaklıkta üretilirken reversiyon meydana gelebilir, bu da istenmeyen bir durumdur [3].

Tabii kauçuğun gerilme esnasında kristallenme özelliğı sebebiyle, güçlendirici katkı malzemeleri ve kimyasallar kullanılmadan, yüksek modül değerleri, gerilme özelliğı, deformasyon direnci artmaktadır [5,6].

Yapışma, esneklik, gibi mekanik özelliklere sahip olduğundan yüksek kullanım alanına sahiptir [7].



Şekil 1.1. Doğal Kauçuğun Kimyasal Yapısı [8]

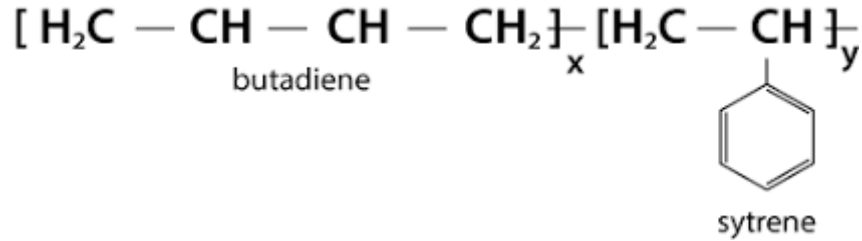
Tabii kauçuğun yüzde 70'i araç lastiğı imalatında, geri kısmı taban, hortum, konveyör bant, sünger, mekanik aksamlar imalatında kullanılmaktadır [8].

1.2.2. Sentetik kauçuklar

Kauçuk birçok sektörde ve özellikle istenmesine karşılık tabii kauçuk kullanılıyordu. Çeşitli kimyasallar ile farklı geliştirilmiş olsa da, gerek kauçuk ağacının yetiştiğı bölgelerin azlığı ve özellikle avrupaya uzaklığı yüzünden sentetik olarak kauçuk sentezlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Böylece sentetik kauçukların çalışmaları başlamış oldu. Bulunan sentetik kauçuk her geçen zaman içinde bir yenisi daha eklenerek, çeşitli özellikler veren hammaddeler ortaya çıktı.

1.2.2.1. Stiren bütadien kauçuk (SBR)

1979 senesinde emülsiyon kopolimerizasyonu ile A.Blok ve E.Tchunkur tarafından elde edilmiştir.



Şekil 1.2. SBR'nin Kimyasal Yapısı [21]

Kimyasal yapısından görüldüğü üzere stiren ve bütadien monomerlerinden oluşan SBR'nin yırtılma, kopma, çekme mukavemeti gibi mekanik özellikleri iyidir. Konveyör bantlarda, hortum ve mekanik eşyalar olarak kullanılır [20].

1.2.2.2. Etilen propilen (dien) monomer (EPM – EPDM)

Etilen ve propilen monomerlerinin polimerleşmesiyle etilen propilen kauçuğu (EPM) ortaya çıkar. Bu oluşan polimerin yapısı tamamıyla doymuş yapıda olduğundan hava ve suya karşı çok dirençlidir. Doymuş yapısı sebebiyle kükürt ile vulkanize edilmesi mümkün olmadığından, peroksit ile vulkanize edilmektedir. Kükürt ile vulkanize edilmesi için ise yapıya doymamışlık yani çifte bağ eklenmesi için dien monomer yapıya eklenmiştir. Böylece etilen propilen dien monomer (EPDM) ortaya çıkmıştır [11].

Bu yapıdaki etilen ve dien miktarına göre polimerlerin özellikleri çeşitlik gösterir. Genel hatlarıyla söylemek gerekirse, etilen oranı arttığında; Kristallik, mekanik dayanım, düşük sıcaklık özelliği iyileşir. Dien miktarı arttıkça; vulkanizasyon hızı, mekanik özellikler ve kalıcı deformasyon artar [11].

Kullanım alanları; Kablo sektörü, hortum, vagon cam fitilleri, barajlardaki membranlar gibi suyun ve havanın bulunduğu birçok yerde aktif rol oynar.

1.2.2.3. Kloropren kauçuk (CR)

Neopren olarak adlandırılır. Klor atomu içerdüğinden alev çekildiğinde kendiliğinden sönme yeteneğine sahiptir. -40 C ile 125 C arasında kullanılır. Dielektrik direnci çok yüksek olan CR'nin kullanım alanları, yakıt, yağ, yanma dayanımı istenen yerlerde tercih sebebidir [10].

1.2.2.4. Akrilonitril bütadien kauçuk (NBR)

Akrilonitril ile bütadien monomerinin polimerleşmesi sonucu ortaya çıkan kauçuk türüdür. Yapısı polar olduğundan yağlara ve yakıtlara dirençlidir. -40 C ile +100 C sıcaklıkları arasında kullanılabilir [9].

Akrilonitril ve bütadien oranlarının farklı kombinasyonlarında özellikleri değişir. Genel olarak, akrilonitril oranı arttığında yağ dayanımı, yakıt dayanımı, mekanik özellikler iyileşir, elastikiyet ve soğuya dayanıklılık azalır [9].

Hidrojenlenmiş akrilonitril bütadien kauçuğu (HNBR) çift bağların doyurulması ile meydana gelir. HNBR'in, NBR'ye oranla ısı direnci yüksektir. Fakat maliyet olarak yüksek olduğundan, genelde sıcaklığın yüksek olduğu özel uygulamalarda tercih edilir [9].

1.2.2.5. Silikon kauçuk (VMQ)

Silikon kauçuğu, Silisyum ve oksijen bağları içermektedir. -50 C ile +200 C arasında kullanımı bulunmaktadır. Ozona, havaya, ısıya karşı dayanıklıdır. Elastikiyet özellikleri yüksektir. Şeffaf olarak üretilebilir. Gıdaya uygun bir kauçuk olduğundan kullanım alanları; medikal, gıda ve endüstriyel uygulamalarda geniş bir yelpazede yer alır [20].

1.2.2.6. Florokarbon kauçuk (FKM)

Viton adı ile bilinen FKM'nin bu ticari adı DuPont firmasının bir markasıdır. Yapısında bulunan Flor sebebiyle yanmaya karşı oldukça dirençlidir. -40 C ile +250 C arasında kullanımı mümkündür. Yüksek sıcaklıktaki dayanıklılığının yanı sıra, yağ, asit, ozon, yakıtlar gibi zor şartlara direnci mevcuttur. Özellikle yüksek ısı ve

yağ dayanımı olduğundan kritik yerlerde kullanımı bulunmaktadır. Sızdırmazlık elemanı olarak kullanımı fazladır. Otomotiv ve havacılık sektöründe kullanımı bulunmaktadır [20].

1.2.2.7. Etilen akrilat kauçuk (AEM)

NBR ve CR'ye karşı yüksek direnç isteyen uygulamalar için geliştirilmiştir. FKM ve HNBR'a kıyasla maliyeti daha düşüktür. -40 C ile +175 C arasında çalışma aralığı bulunmaktadır. Esnekliği oldukça yüksek olan AEM'nin yağ dayanımı ACM'ye kıyasla çok düşüktür. Aralarındaki kullanım farkı bu özelliğinden dolayı ayrılır. Kullanım yerleri, otomotiv, endüstriyel keçeler gibi uygulamalardır [9].

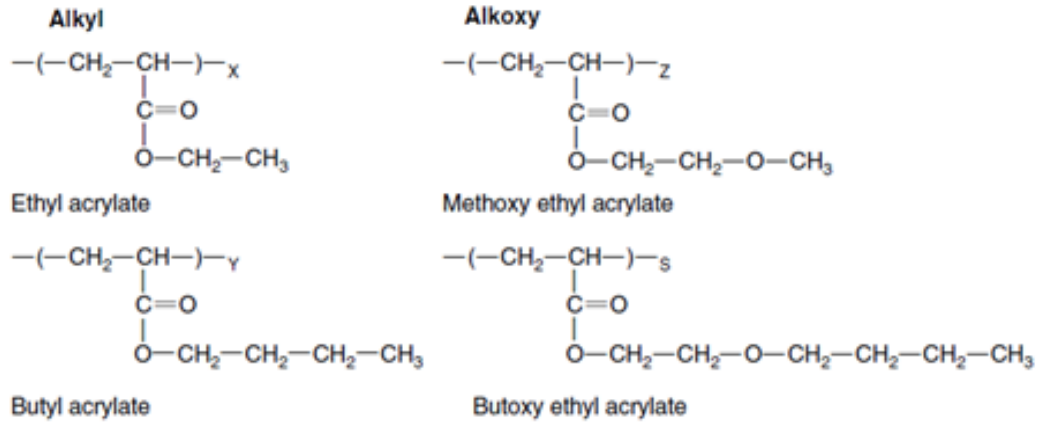
1.2.2.8. Akrilik kauçuk (ACM)

Poliakrilat elastomerleri ilk defa The Eastern Regional Research Center (ERRC) tarafından 1940 yılında geliştirmiştir [12].

B.F. Goodrich 1947 yılında ilk defa ticari olarak tanıtmıştır. O tarihten itibaren teknik özellikleri ve kalitesinde pek çok iyileştirme yapılmıştır. Özelliklerini iyileştirmek için birçok kürlleme sistemleri uygulanmıştır [13,14].

Poliakrilat ASTM tarafından ACM olarak kodlanmıştır. ACM otomotiv sektöründe yağ ve ısıya maruz kalan yerlerde başlıca kullanılan kauçuk türüdür. Mekanik ürünler olarak pek tercih edilmezler. Genel sıcaklık aralığı -40 ile 200 C'dir. Bu polimerler 150 – 170 C arasında yağ içerisinde kullanılabildiğinden NBR (Akrilonitril bütadien kauçuk) yerine tercih edilir. HNBR (Hidrojene Nitril) ve FKM (Floro Kauçuk) elastomerlerinden daha uygun maliyette olduğundan, onların özelliklerini karşılayabildiği yerlerde tercih sebebidir [15].

ACM, ozon, ısı, yağ, oksidasyon dirençlerine sahiptir. Sıcak su, buhar, alkol ve esterlere dayanıksızdır. Dinamik ve statik sızdırmazlık uygulamalarında, şanzıman yağı soğutucu hortumlarında, ısı altında yağ dayanımı gerektiren parçalarda vs. yerlerde kullanılmaktadır. Ayrıca otomotiv harici keçe, conta gibi sızdırmazlık elemanı olarak da kullanılır [15].



Şekil 1.3. Poliakrilatın polimerizasyonunda kullanılan farklı monomer yapıları [9]

Kimyasal yapılarda veridiği üzere Poliakrilat elastomerlerin ana zincirindeki akrilat tipi değişkenlik gösterir. Bunlar; Etil Akrilat, Butil akrilat, metoksi etil akrilat ve butoksi etil akrilatlarıdır [15,16].

Etil akrilat (EA) ısı ve yağ direnci sağlarken düşük sıcaklık (T_g : -18 C) esnekliğinde yetersizdir. Yüksek yağ dayanımı isteyen uygulamalarda tercih sebebidir [15].

Butil akrilat (BA), -40 C'ye (T_g : -55 C) kadar düşük sıcaklık özellikleri iyileştirirken yağ direnci düşüktür. Tercih edilen uygulamalar, yüksek ve düşük sıcaklık alanlar ile yağ dayanımının önemli olmadığı yerlerdir [15].

Metoksi etil akrilat, BA ve EA ile birleştğinde, çok daha iyi bir yağ dengesi ve düşük sıcaklık direnci sağlar. Böylece yüksek sıcaklık dayanımı düşer [17].

Ticari olarak geliştirilen ACM çeşitleri, bazı özellikleri ile şekilde gösterilmiştir.

HyTemp and Nipol ACM Grades

HyTemp	Nipol	Reactive Cure Site	Volume Swell %	Gehman T_{100} °C	Sp. Gr.	Mooney Viscosity
4051		Chlorine/carboxyl	11	-18	1.1	46-58
4051EP		Chlorine/carboxyl	11	-18	1.1	35-47
4051CG		Chlorine/carboxyl	11	-18	1.1	25-37
AR71	AR71	Chlorine	11	-18	1.1	42-54
AR715		Chlorine	15	-24	1.1	30-42
	AR31	Epoxy	16	-17	1.1	35-45
	AR51	Epoxy	11	-14	1.1	50-60
4052		Chlorine/carboxyl	17	-32	1.1	32-40
4052EP		Chlorine/carboxyl	17	-32	1.1	20-35
4062		Chlorine/carboxyl	17	-32	1.1	32-40
4065		Chlorine/carboxyl	15	-32	1.1	32-40
AR72LF		Chlorine	22	-28	1.1	28-36
	AR72LS	Chlorine	22	-28	1.1	28-38
	AR72HF	Chlorine	20	-28	1.1	45-55
	AR32	Epoxy	18	-26	1.1	30-40
	AR42W	Epoxy	20	-26	1.1	30-40
	AR12	Carboxyl	30	-30	1.1	30-36
	AR14	Carboxyl	27	-40	1.1	28-38
	AR22	Carboxyl	24	-25	1.1	44-54
4053EP		Chlorine/carboxyl	24	-42	1.1	23-31
	AR53L	Epoxy	15	-32	1.1	31-37
4054		Chlorine/carboxyl	63	-41	1.1	22-30
	AR54	Epoxy	29	-37	1.1	24-34
	AR74	Chlorine	28	-40	1.1	25-35
PV-04		Proprietary	45	-30	1.1	25-40

Şekil 1.4. Nipol ve HyTemp markalarının ACM Tipleri [18]

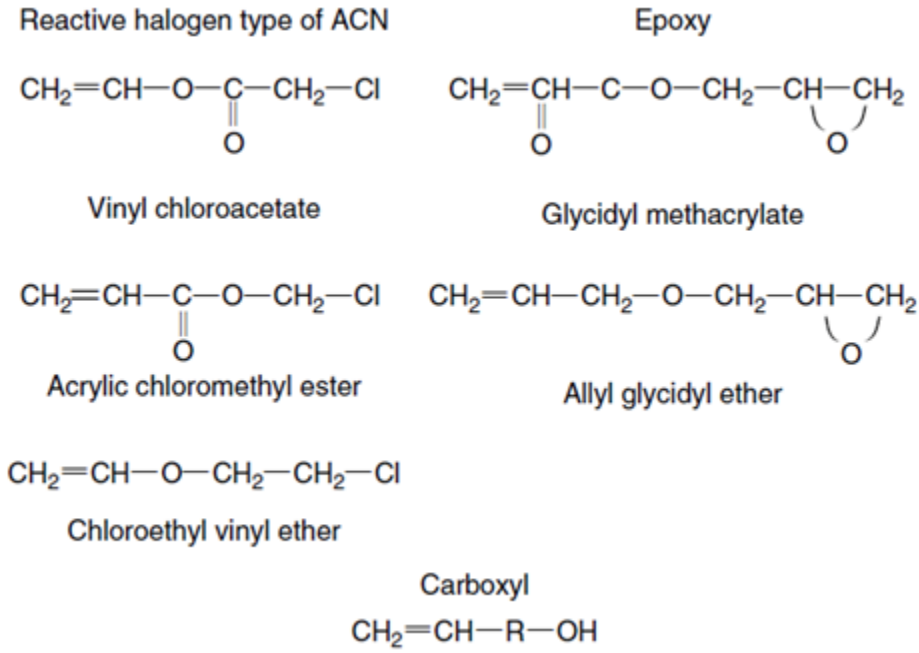
Düşük sıcaklığa dayanıklılık arttıkça yağ direnci azalır, hacimce şişmelerinin arttığı görülmektedir [18].

Polimer kürleşimini sağlayan gruplar

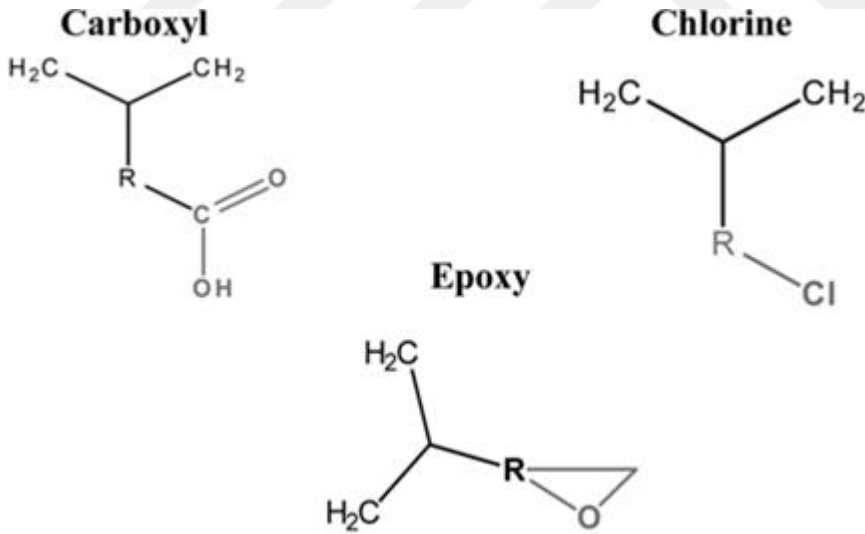
Fonksiyonel gruplarına bağlı olarak değişen kür sistemleri vardır.

Epoksi yan kür alanı ile kalıp ve metal korozyonunda ve suya karşı dayanıklılık sağlanır. Kürleştiğinde orta iyi arasında ısı direncine sahiptir [20].

Karboksil kür alanları ise hızlı kürleşme imkanı verirken, ısı ve yağlara karşı üstün direnç sağlar. Kalıcı deformasyonları ise düşüktür [20].



Şekil 1.5. Poliakrilatın reaktif kür alanları [9]



Şekil 1.6. ACM'nin fonksiyonel grupları [19]

Dual kür alanları, uygulanabilecek kür sistemi çeşitliliğini artırır. Üstün ısı direnci, düşük Dual klor karboksil kür kalıcı deformasyon değerleri elde edilebilir. Dual epoksi karboksil kür alanı ise klor içeren ACM çeşitlerine göre daha iyi su direnci sağlar. Korozyon değerlerinde de iyileşme sağlar [20].

ACM vulkanizasyonu

Fonksiyonel gruplarına göre kullanılan pişirici sistemleri değişir.

Bunlar; Klorlu fonksiyonel komonomer içeren ACM, Karboksilli ikili komonomer sistemi içeren ACM, Silan vulkanizasyonu.

Şuanda yaygın olarak klor bazlı kür alan grubu kullanılır. Yapısında bulundurduğu esterlerin hidrolizinin önlenmesi için ph değerinin vulkanizasyon esnasında 7'nin üzerinde olması gerekir. Bu fonksiyonel gruplar ile çapraz bağ yapacak kimyasallar kullanılmalıdır [9].

1.2. Kauçuk Hamurlarında Kullanılan Malzemeler

1.2.1. Dolgu maddeleri

Bu malzemelerin kauçukta kullanılmasının sebepleri şunlardır;

- Sertlik artırımı
- Kopma mukavemeti artırımı
- Maliyet düşürme

gibi sıralanabilir.

İki sınıfa ayrılırlar. Siyah dolgular ve Beyaz dolgular.

1.2.1.1. Siyah dolgular

Siyah dolgu denince akla gelen ilk karbon siyahı olmakla beraber, grafit, grafen türevleri de söylenebilir.

Kauçuk hamurunda kullanılan genel karbon siyahları şu şekilde sıralanabilir;

- N220 (ISAF)
- N330 (HAF)
- N550 (FEF)
- N990 (MT)

Burada N ile gösterilen birim nanometredir. Örneğin, N220 20-25 nm tanecik büyüklüğü arasındadır. Burada tanecik boyutu büyüdükçe yüzey alanı küçülür,

böylece sertlik, aşınmaya karşı mukavemet düşer. Tanecik boyutu küçüldüğünde ise verdiği sertlik, kopma mukavemeti, yüzey alanı, aşınma direnci artar fakat esnekliği, malzemenin yüzde uzama değeri azalır [22,23].

Grafit çeşitleri de kullanılabilir. Hatta yanmazlık verilmesi için de eklenen çalışmalar mevcuttur [22,23].

1.2.1.2. Beyaz dolgular

Silika güçlendirici dolgular, kauçukta karbon siyahı kadar mukavemet, sertlik, aşınma gibi mekanik özellikleri arttırmasa da bu yönde iyileştirmeler sağlar. Genelde çok küçük tanecikli yapıda olduklarından hamur üretim esnasında zor karışım sağlanır. Aynı zamanda vulkanizasyonu yavaşlatır. Hamurlarda kullanım yerleri genelde renkli, yanmazlık, yalıtkanlık istenen karışımlardır [24,25].

Talk, yine kuvvetlendirici dolgudur, yoğunluğu silikadan daha yüksek ve tanecik boyutu daha büyük olduğundan hamur karışımlarında, özellikle az oranda dolgu kullanılması istenen yerlerde kullanılır [24,25].

Kalsit, kaolen gibi ucuzlatıcı dolgularda kullanılır. Bunların hamurda mekanik olarak güçlendirici etkileri yoktur. Vulkanizasyon hızını düşürür. Maliyeti düşürmek için kullanılan dolgulardır. Bu malzemeleri, kauçuk hamurunda plastifiyansız bir şekilde karışım sağlamak pek kolay olmadığından, genelde belirli oranlarda proses yağları ile birlikte kullanılır.

1.2.2. Plastifiyanlar

Bu malzemeler dolgu ile birlikte belli oranda kullanıldığında karışımı kolaylaştırarak, viskoziteyi de düşürür. Aynı zamanda sertlik değerini düşürür. Kauçukta esneklik özelliklerini artırır. Plastik özelliklerinde iyileşme gözlenir. Hamur haline geldikten sonra, kauçuk üretimi için kalıpta hamurun kolayca ilerlemesini sağlar. Yine fazla oranda kullanılması, nihai üründe migrasyon yapmasına sebep olur. Mineral, doğal ve sentetik olmak üzere 3 farklı sınıfta incelenebilir. Bu yağlar da kendi aralarında ayrılır. Genelde tercih edilen mineral yağlardan, parafinik ve aromatik yağ ile birlikte sentetik yağlardan, DOTP, TOTM, DOS ve DOA plastifiyanları kullanılmaktadır. Sentetik yağlar, kauçuk ürünün maruz kalacağı ısıya göre seçilir [26].

1.2.3. Yaşlanma önleyiciler

Bu kimyasallar, ısı, ozon, güneş ışığı, su, yağ gibi etkenlere karşı kauçuğu korumak için kullanılır. Bu malzemeler genelde üründe migrasyon yaparak bir film oluştururlar, böylece kullanıldığı amaçtaki korumayı sağlar. Antioksidant ve antiozonant olarak iki örnek vermek gerekirse, şöyle verilebilir.

Bir antioksidant olan TMQ. Amin bazlı bir bileşendir. Düşük molekül ağırlığı içerir. Düşük oranlarda konulduğunda dahi yaşlanmaya karşı etki gösterir [20].

Antiozonant olarak ise ozon wax verilebilir. Bu kimyasal ise doymamış bağların oksijenden etkilenecek parçalanacağından dolayı havayla birlikte yüzeye göç eder, böylece dış ortamdaki ozon, hava içerisindeki çifte bağlara erişim yapıyı bozamaz [20].

1.2.4. Aktivatörler

Kükürtlü ve peroksitli vulkanizasyonlarda genelde metal oksit kullanılır. Bunlar vulkanizasyon da kullanılan hızlandırıcıları aktive etmek için kullanılır. Aynı zaman fazla oranda konulduğunda dolgu olarak görev görür. Fakat fiyat bakımından diğer dolgu malzemelerine göre yüksek olduğundan minimum oranda kullanılarak, yalnızca aktive edici görevinde kullanılmaları daha yararlı olur. Örnek olarak en çok kullanılan çinko oksit (ZnO) verilebilir. ZnO'da içerisinde oldukça fazla çeşide ayrılır. Üretim aşamasındaki farklılıklar ile temelde aktif ve normal ZnO olarak ayrılabilir. MgO'de farklı reçete ve kauçuk kombinasyonlarında aktive edici olarak kullanılır [20].

1.2.5. Proses kolaylaştırıcılar

Kauçuk hamuru üretiminde üretim kolaylıkları sağlarlar. Bunlara örnek olarak stearik asit verilebilir.

Bir yağ asidi olan Stearik asit, asidik özelliğinden dolayı vulkanizasyon sırasında ortamın pH değerini düşürdüğü için vulkanizasyonu yavaşlatıcı özellik verir. Aynı zamanda temel yağ olduğundan viskozitesini düşürerek hem kauçuk hamuru esnasında hem de vulkanizasyon esnasında işlemeyi kolaylaştırır [20].

1.2.6. Hızlandırıcılar

Genel hatlarıyla kauçuğun vulkanizasyonunu gerçekleştiren kimyasal aktifleşmesini sağlayarak, pişme sürelerini kısaltır. Aynı zamanda yaşlandırma özelliklerine de katkıları bulunurlar. Bu kimyasallar gruplarına göre ayrılır;

<u>Accelerators</u>	<u>Chemical Group</u>	<u>Vulcanization Speed</u>
BA, HMT	Aldehyde Amine	Slow
DPG, DOTG	Guanidine	Slow
MBT, MBTS, ZMBT	Thiazole	Semi Ultra fast
ZBDP	Thiophosphate	Ultra fast
CBS, TBBS, MBS, DCBS	Sulfenamides	Fast-Delayed action
ETU, DPTU, DBTU	Thiourea	Ultra fast
TMTM, TMTD, DPTT, TBzTD	Thiuram	Ultra fast
ZDMC, ZDEC, ZDBC, ZBEC	Dithiocarbamate	Ultra fast
ZIX	Xanthates	Ultra fast

Şekil 1.7. Hızlandırıcıların kimyasal grupları ve hızları [27]

Bunlar aynı zamanda birincil ve ikinci hızlandırıcılar olarak ayrılabilir. Gruplarına göre hızları farklıdır. Örneğin, dithiokarbamate grubunda bulunan ZDBC ve ZDEC kimyasalları yüksek hızlı hızlandırıcılar olarak görev yaparlar. Bunlar genelde direkt havayla pişen, ekstrüzyon hattı gibi, yerlerde kullanılır [27].

1.2.7. Pişiriciler ve vulkanizasyon yöntemleri

Kauçuğu vulkanize etmek için polimer yapısında fonksiyonel gruplara uygun kimyasalları kullanarak çapraz bağlı yapılar elde etmek gerekir. Genel olarak kullanılan kükürt, yapısında doymamış bağ bulunan polimerlerde çapraz bağ oluşturarak pişmeyi sağlar. EPM gibi kauçuklarda ise çifte bağ olmadığından peroksit kullanılarak yapıda olarak açık gruplar oluşturarak çapraz bağlanmayı sağlar. Bunların da mümkün olmadığı veya yeterli gelmediği polimerlerde farklı pişiriciler kullanılabilir. Kullanılan pişiriciler ise yöntemin ismini belirlemektedir. Bu pişiricilere örnek olarak reçine vulkanizasyonu, metal oksit vulkanizasyonu gibi örnekler verilebilir [20].

1.2.8. Alev geciktiriciler

Bir malzemenin yanması için oksijen, ısı ve yanıcı maddenin bir arada bulunması gerekir [28]. Kauçuklarda bazı şartlarda yanmanın olmaması istenir. Bu gibi durumlarda alev geciktiriciler kullanılmaktadır. Alev geciktiriciler, çeşitli şekillerde alevi sönümleyebilir, iletirmeyebilir ya da inert gaz açığa çıkararak oksijeni ortamdan kesip yanmayı engelleyebilir. Organik ve inorganik olmak üzere iki tür sınıf bulunmaktadır [29].

1.2.8.1. İnorganik alev geciktiriciler

İnorganik alev geciktiriciler, düşük maliyet ve üstün kararlılık nedeniyle alev geciktirici imalatının neredeyse yarısını oluşturur. Bunlar arasında, $Mg(OH)_2$, ATH, ATO gibi endotermik reaksiyonları tetikleyen malzemelerdir. Bu malzemeler düşük duman salınımı, parlama süresinin kısılmasını ve sönümleme yeteneğini sağlarlar. Tek başlarında kullanıldıkları gibi, çeşitli diğer yanmazlık malzemeleriyle kombinasyon yaparak da kullanılır [29].

İnorganik alev geciktiricilerin dezavantajı, yüksek oranda kullanılmasıdır. Öyle ki kauçuk malzemelerine, yüksek oranda karışım sağlamak için uzun süreli karışımlar olması gerekir, ayrıca yüksek oranda olduğundan dolgu görevi görerek mekanik özelliklerinin düşmesine ve sonrasında ürünlerde migrasyona sebep olabilir [30].

1.2.8.2. Organik alev geciktiriciler

Fosforlu ve fosforsuz bileşikler olarak ayrılır. Bunlar da içlerinde halojenli ve halojensiz gruplar olarak ayrılırlar [31]. Fosfor içerikli alev geciktiriciler, halojensiz olduklarından tercih edilir fakat maliyet açısından pahalı bir malzemedir [28].

1.2.8.3. Halojen içerikli alev geciktiriciler

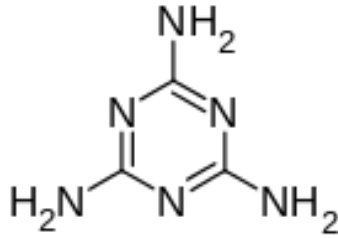
Bu alev geciktirici türleri, periyodik cetvelde 7A grubunda bulunan elementlerdir. Bu elementlere, klor, brom, flor, iyot olarak örnek verilebilir. Bu halojenli gruptan ticari olarak en çok kullanılan elementler, brom ve klordur [32]. Bunlar yandığında ortama zehirli gaz açığa çıkarılırlar. Bu sebepten dolayı halojenli grupları kullanmamak, onların yerine halojensiz alev geciktiricilerin kullanılması en doğrusudur [33]. Örneğin; PVC olarak üretilen prizlerin yanmasıyla ortaya çıkan klor zehirli gaz

salınımı ve duman, insanların tahliye edilirken bu gazları soluması sonucu ölümlere yüksek oranda sebebiyet veren bir durumdur [34].

Bu problemler yüzünden fosfor, silisyum ve bor gibi halojensiz alev geciktiricilere yönelim olmuştur.

1.2.8.4. Azot içerikli alev geciktiriciler

Halojenli alev geciktiricilere göre düşük performansta çalışmasına karşılık zehirli gaz salınımı olmayan ve çıkan duman oranını düşüren malzemelerdir. Yüksek Azot miktarı bulundurmasıyla aleve maruz kaldığı esnada kömürleşme ile yanmayı sönümlerler [36]. Örnek olarak melamin ve melamin polifosfat verilebilir.



Şekil 1.8. Melaminin kimyasal yapısı [37]

Melamin yapısında yüksek oranda azot bulundurur ve kristal bir yapıdadır. 350 C’de enerjisinin tümünü kaybederken üst sıcaklıklarda da amonyak kaybı sonucu parçalanarak, yapıyı oluşturan bileşenlerine ayrışır [35].

1.2.8.5. Kabaran alev geciktiriciler

Oluşan alevler altında şişerek sönümleme yaparlar. Aynı zamanda gözenekli köpükler oluştururlar. Bunlar ısıya oksijene karşı koruma görevindedir. Çıkan gazlar, oluşan karbon miktarını köpük haline getirir. Aynı zamanda ısı iletkenliği yavaşlattığından yüksek oksijen miktarında da olsa alevler yavaşça ilerler [38,39].

1.2.8.6. Amonyum polifosfat (APP)

İnorganik bir alev geciktiricidir. Endotermik reaksiyonlarını harekete geçirir. Halojensiz bir geciktiricidir. Yanmazlık uygulamalarında oldukça tercih edilen bir kimyasaldır. Alevlendiğinde polifosforik asit ile amonyak olarak ayrışır [40]. Ardından sinerjist gruplar ile reaksiyon sonrası fosfat ester oluşur. Bu da dehidrasyon

ile birlikte yanan yüzeyde karbonlu köpük meydana getirerek ısı iletimini zayıflatarak alev geciktirici olarak kullanılır [41,42].

APP, melamin ile birlikte kullanılarak kabaran alev geciktirici olarak oldukça etkili bir sonuç verecektir [43].

1.3. Literatür Taraması

ACM, FKM ile çok işlevli ACM ve FKM karışımlarının; hava ve nitrojen gazındaki bozunmaları ve yaşlanmaları incelenmiştir. Bunların yanı sıra değişik çözücülerde şişme testine konulmuştur. TGA’da Çok işlevli ACM karışımı FKM ye göre birden fazla adımda bozunma göstermiştir. Çok işlevli akrilatların karışımları çözücülere karşı şişme değerini azaltarak olumlu yönde etkilemiştir [44].

Organokilin şişen amonyum polifosfat ile genişebilir grafit içerikli karbon fiber / polipropilen kompozitlerin ısı iletkenlikleri ile yanma özellikleri incelenmiştir. Sonuçlarında ise, %1 genişleyen grafit kullanımıyla kül oluşumu artmış, tutuşması zorlaşmıştır. %1 ile %3 olarak kullanılan organokilin ilavesi, tutuşmaya etkisinin olmadığı fakat mekanik özelliklere etkisi olduğu gözlenmiştir [45].

SBR ve ACM kauçuklarının farklı oranlarda karışımları yapılmıştır. Amaç ACM’nin yağa karşı olan dayanımı ile SBR’nin mekanik özellikleriyle birleşerek çok amaçlı bir kauçuk karışımı sağlamak. Sonuç olarak, ACM’nin pişirme yönteminin farklılığı ve polaritesi sebebiyle polimerleri birbiri arasındaki karışımında bir uyumsuzluk görülmüş. Karışımlarda yağa karşı olan dayanımın arttığı görülmüştür. Sonraki çalışmalarda SBR ile ACM’nin uyumsuzluğu giderilerek tekrar deneme yapılacaktır [46].



2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Malzeme ve Yöntem

2.1.1. Kullanılan kimyasal malzemeler

Denemelerde kullanılan kimyasal malzemeler tabloda verilmiştir.

Tablo 2.1. Reçetede kullanılan kimyasal malzemelerin markaları

MALZEME	MARKA
ACM Polimer	HyTemp® 4051 ZEON
Silika	Grace
T.O.T.M.	PLASTAY Kimya
Si-69	Kettlitz
Dispergator FL	Kettlitz
ACP 5550	Brenntag
Sodyum Stearat	Ataman Kimya
Melamin	Ataman Kimya
Exolite 1314	Clariant
FKM 70 Shore A	Mesgo

Polimer olarak çift kürleşme alanı bulunan, karboksil ve klor kür alanlı, kullanılmıştır. Mooney viskozimetresi 35-47 olan polimerin, kürlenme hızı yüksek, düşük kalıcı deformasyon değerine sahip ve yağ direnci yüksek bir ACM tipidir. Vulkanize etmek için, fonksiyonel gruplarına uygun kimyasallar kullanılmıştır.

Silika olarak, Grace marka Perkasil KS300 PD kullanılmıştır. Kullanılan Silikanın yüzey alanı 125 m²/g'dir.

Plastifiyan olarak, Trioktil Trimellitat kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık dayanım sahip olan bu kimyasal, hamur üretim aşamasında da rahatlık sağlar.

Melamin, kimyasal ismi 2,4,6- triamino-1,3,5-triazin olan organik bir kimyasaldır. Bu formülasyonda Exolite ile birlikte yanmazlık özelliği olarak kullanılacaktır.

2.1.2. Kauçuk hamur reçeteleri

Kimyasal malzemeler, sertlik, işlenebilirlik, vulkanize hızı gibi özellikler göz önünde tutularak oranları belirlenip, miktarları tartılıp karışıma hazır hale getirilmiştir.

Tablo 2.2. Karışım Reçeteleri (Tablodaki değerler PHR olarak belirtilmiştir)

Malzemeler	A-0	A-1	A-2	A-3	A-4
ACM	100	100	100	100	100
Silika	50	50	50	50	50
T.O.T.M.	3	3	3	3	3
Si-69	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Dispergator FL	1	1	1	1	1
ACP 5550	3	3	3	3	3
Sodyum Stearat	4	4	4	4	4
Melamin		2	4	6	8
Exolite 1314		4	6	8	16

Tabloda gösterilen reçeteler ile birlikte, yerine muadil olarak kullanılmak istenen FKM hamuru ayrıca hazır olarak testlerde kullanılmıştır. FKM hamuruna verilen kod ise F-1'dir.

2.1.3. Kauçuk hamur karışımlarının hazırlanması

Reçeteleri yazılan kauçuk hamurlar, hassas terazide tartılarak karışıma hazır hale getirilmiştir. Silindir olarak adlandırılan, açık karıştırıcı hamur makinesi kullanılmıştır.



Şekil 2.1. Açık karıştırıcı hamur makinesi (Silindir)

Orta ölçekli silindir makinesinde ACM hamuru aşağıdaki proses adımlarıyla yapılmıştır;

- ACM polimerinin mastikasyonu;

Başlangıçta, ACM polimeri, merdaneler arası orta açıklıkta olan silindire atılmıştır. Merdane ve polimer ısınmaya başladıkça merdaneler arası mesafe kısılmıştır. Burada yapılan mastikasyon işlemi diğer kauçuklara oranla çok daha uzun süre tutulmuştur. Burada polimer, hamur kıvamına getirilmiştir.

- Dolguların, plastikleştirici ve proses kolaylaştırıcıların eklenmesi;

Silindirde karışan polimere, dolgu, plastifiyan ve proses kolaylaştırıcılar üç seferde ilave edilip tamamen homojen olarak karıştırılmıştır.

- Oluşan hamurun silindirden alınması;

Hamur, merdaneler arası kalınlık 6 mm olarak ayarlanıp plaka halinde alınmıştır. Alınan hamur soğutulmaya bırakılmıştır. Soğutulan hamur ilaçlama işlemleri için 24 saat dinlendirilmiştir.

- Hamurların bölünmesi;

Kauçuk hamur üretiminde el işçiliği farklılık oluşturabildiğinden, 7 kg civarında bir hamur olarak oluşturulmuştur. Ardından bu hamurlar 5 eşit parçaya bölünmüştür.



Şekil 2.2. Laboratuvar tipi açık karıştırıcı hamur makinesi

Laboratuvar tipi silindir makinesinde, ACM hamurunun tamamlanması aşağıdaki proses sırayla yapılmıştır;

- Hamurlara yanmazlık ve pişiricilerin ilavesi;

Dinlenen hamurlara gerekli eşit miktarlarda pişiriciler ve farklı oranlarda yanmazlık malzemeleri tartılmıştır. A-0 numunesinden başlanarak, laboratuvar tipi silindirde pişirici ve yanmazlık kimyasalları, yine hamurlar ısındıktan sonra eklenmiştir. Homojen olarak karışana kadar işlem devam etmiştir. Homojen olması için merdane arası mesafe minimum seviyeye getirilip karıştırılmıştır.

- Hamurların tamamlanması;

Karıştırılan hamurlar homojen hale geldikten sonra, 3mm kalınlığında plaka halinde silindirden alınmıştır. Alınan tüm hamurlar soğutulmuştur. Soğutulan hamurlar numaralandırılarak temiz ve serin ortamda testler için saklanmıştır.



Şekil 2.3. ACM kauçuğundan oluşan hamur

Bu kauçuk hamurları Kimhex Kimya bünyesinde yapılmıştır. Aynı zamanda kullanılan yanmazlık kimyasalları hariç tüm kimyasal malzemelerin tümü Kimhex Kimya tarafından karşılanmıştır.

2.2. Karışımlara Uygulanan Testler

2.2.1. Reometre testi

Reometre testi, TS ISO 6502-1 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Belirli bir sıcaklıkta ve basınçta, sabit bir gerilim verilerek, malzemenin zamanla vulkanize olması sonucu, meydana gelen torkun ölçülmesi ile vulkanizasyon değerleri ortaya çıkar.

U-Can marka ile reometre testi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.4. U-CAN marka reometre cihazına örnek bir fotoğraf [47]

2.2.2. Yoğunluk testi

Yoğunluk testi, TS ISO 1817 standartına uygun olarak yapılmıştır.

Yoğunluk testi, Devotrans marka ZLS 220 A SCS modeli yoğunluk test cihazında, Arfen Kauçuk firması tarafından yapılmıştır.



Şekil 2.5. ZLS 220 A SCS model yoğunluk ölçme cihazına örnek bir fotoğraf

2.2.3. Postkür

Söylemez Kauçuk firmasında, Etüv cihazlarında postkür gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz aynı zamanda ısıl yaşlandırma testlerini gerçekleştirebileceğimiz bir laboratuvar tipi yüksek yalıtımlı fırındır.



Şekil 2.6. Etüv cihazı

LOI için olan tüm numuneler, çekme testi için her bir hamurdan 2'şer numune ve sertlik ile kalıcı deformasyon için yapılan takozların her birine 175°C' de 4 saat postkür yapılmıştır.



Şekil 2.7. Etüv cihazında postkür uygulanan çekme – uzama test numuneleri

2.2.4. Sertlik testi

Sertlik testleri, ASTM D 2240 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Loyka LX-A Shore A sertlik ölçüm cihazıyla ve Akyol marka Shore A sertlik ölçme standında ölçümler yapılmıştır.

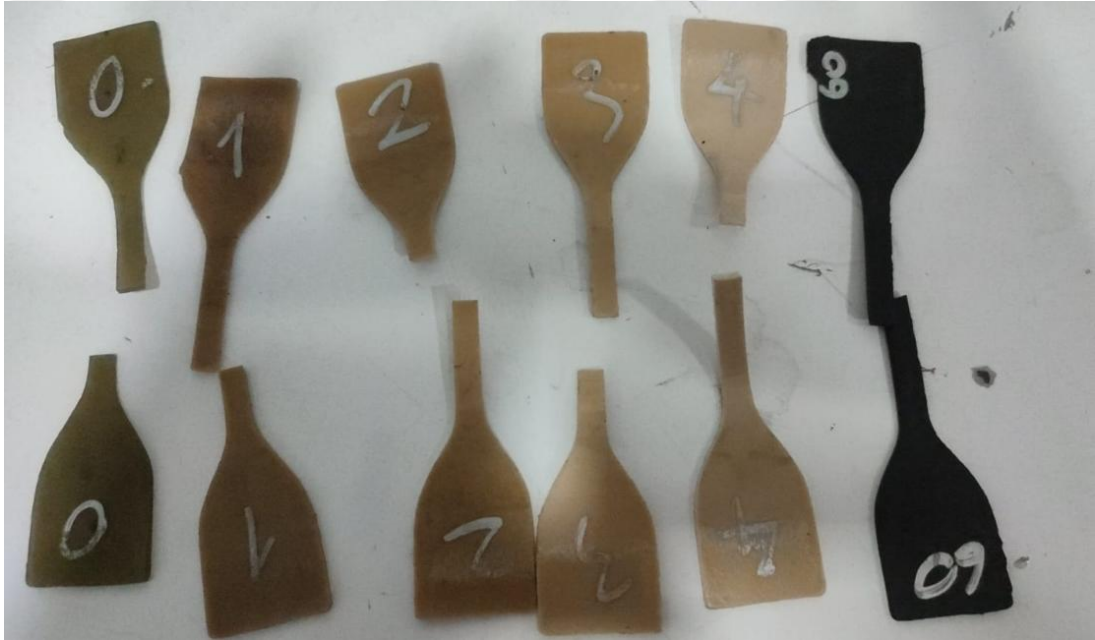
2.2.5. Mekanik test

Mekanik testi, TS ISO 37 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Bu test ile birlikte malzemenin kopma mukavemetini ve kopma uzamasını yüzdesel olarak bulunur. Devotrans marka olan cihaz ile Arfen Kauçuk'ta testi gerçekleştirilmiştir.

Çekme – uzama testi için gerekli olan numunelerin plakaları 2 mm kalınlıkta olduğundan onların prosesi şu şekilde olmuştur;

185°C' de 10 dakika, 5 gaz atma yapılarak vulkanize edilmiştir. Bu basılan plakalardan 4'er numune alınmıştır. Her hamurdan 2'şer numune alınıp postkür uygulanmıştır. Her hamurdan, postkür öncesi ve sonrası 2 numune ölçümü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.8. Çekme testleri sonrası, soldan sağa sırasıyla olan numuneler

2.2.6. Kalıcı deformasyon testi

Kalıcı deformasyon testleri TS ISO 815-1 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Kalıcı deformasyon için üretilen takozlar, kalınlık oranlarının %25 oranında iki plaka arasında sıkıştırılarak, 22 saat boyunca 175°C 'de etüv fırınında yaşlandırmaya maruz bırakılmıştır. Test Arfen Kauçukta yapılmıştır. Sonuçları tabloda yer almaktadır.



Şekil 2.9. Kalıcı deformasyon için kullanılan benzer test aparatı

2.2.7. LOI testi

LOI testi (limit oksijen indeksi), TS EN ISO 4589-2 standardına uygun olarak yapılmıştır. Bu test ile normal hava sıcaklıklarında, malzemenin yanması için gereken minimum oksijen oranı belirlenir. 21 değer ve altındaki malzemeler normal havada yanabilirken bu değer daha üste çıkmasıyla alev geciktirme özelliği olduğu belirlenir.

LOI testi Kocaeli Üniversitesi'nde Mares marka cihazda yapılmıştır. Test şu şekildedir; öncelikle her numunenin bir ucundan itibaren 5 cm ölçülerek işaret konur, bu 5 cm'lik kısım yukarıda aleve maruz kalacak kısımdır. Tüpün içerisindeki aparata yerleştirilen LOI numunesi, pürmüz ile yukarıdan dikey olarak 30 saniye boyunca her 5 saniye de bir teması keserek numuneye alev püskürtmektedir. Yanmaya başlayan numune 3 dakika içerisinde sönmez ya da işaret konulan 5 cm'lik sınırı geçerse bir alt oksijen değerine geçilerek tekrar deneme yapılır. 3 dakika içerisinde söner ve sınırı geçmez ise bir üst oksijen miktarına çıkılarak test devam eder.

Hamurlar LOI test numuneleri için 100 mm x 10 mm x 4 mm boyutlarındaki kalıpta basılmıştır. Proses şartları şöyledir; 175°C' de 30 dakika, 5 defa gaz atma yapılarak vulkanize edilmiştir. Bir diğer kalıpla birlikte numunelerinin istenen boyutunda kesilmiştir. 7'şer numune alınmıştır.

LOI için olan tüm numuneler, çekme testi için her bir hamurdan 2'şer numune ve sertlik ile kalıcı deformasyon için yapılan takozların her birine 175°C' de 4 saat postkür yapılmıştır.



Şekil 2.10. LOI test numunelerinden, postkür öncesi A-3 ve A-4 numaralı numuneler



Şekil 2.11. LOI test numunelerinin 5'er cm' lik işaretlenen alanları



Şekil 2.12. Kocaeli Üniversitesi'nde yer alan MARES marka LOI Test Cihazı

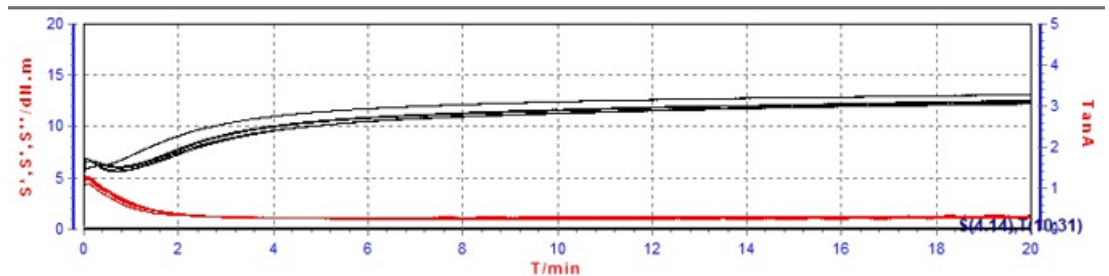
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, ACM kauçuğunun yanmazlık özelliklerinin artırılarak FKM kauçuğuna muadil olarak kullanılması istenmiştir. Bu doğrultuda, seçilen ACM polimerinin sahip olduğu fonksiyonel gruba uygun olan pişirici sistemi kullanılmıştır. Aynı zamanda yanmazlığın bir seviye daha üste çıkması için silika kullanılmıştır. Aynı proste oluşturulan ACM hamurlarına A-0, A-1, A-2, A-3, A-4 olarak isimlendirme yapılmıştır. A-0 olan ACM hamuru, yanmazlık kimyasallarının eklenmediği, diğer ACM hamurlarına referans olabilecek bir karışımdır. Sırayla A-1, A-2, A-3, A-4 olarak yanmazlık artırılarak eklenmiştir. Kullanılan malzemeler kısmında detaylı olarak reçetelerde verilmiştir. Aynı zamanda karşılaştırma yapılmak üzere FKM hamuru, F-1, hazır olarak testlerde kullanılmıştır. Bu yapılan ACM hamurlarına ve hazır olan FKM hamuruna, reolojik, fiziksel, mekanik ve kalıcı deformasyon testleri yapılmıştır.

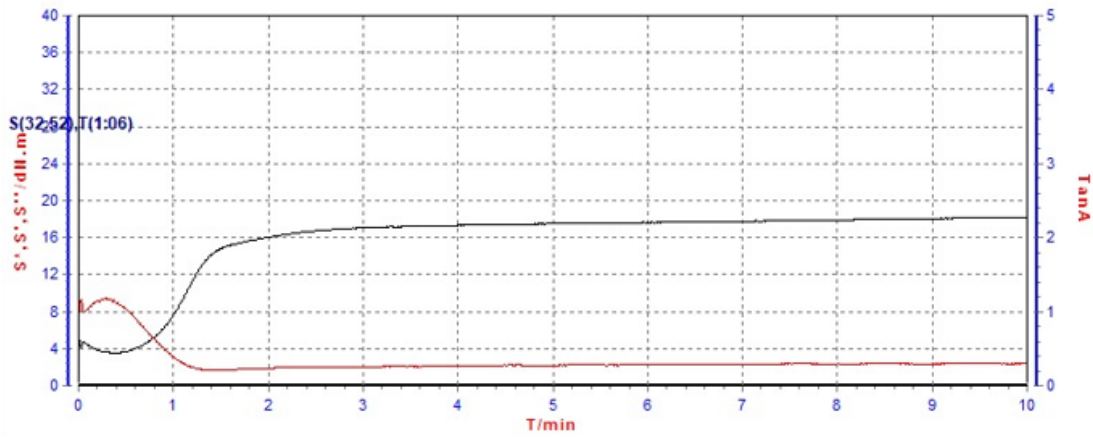
3.1. Reometre Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Başlangıçta ACM numuneleri test edilmiştir. Öyle ki test başlandığında reometre eğrisi stabil şekle gelip devam etmediğinden, vulkanize süresinin uzun olduğu tahmin edilip, testler 20 dakikalık sürelerde yapılmıştır. FKM'nin vulkanizasyon süresinin daha kısa olmasından dolayı test süresi 10 dakika olarak tutulmuştur.

Öncelikle ACM hamurlarının reometre testlerinin toplu halde grafiği verilir, sonrasında FKM hamurunun reometre grafiği eklenmiştir. Sonrasında reometre grafiğinden alınan değerler tablo halinde verilmiştir.



Şekil 3.1. A-0, A-1, A-2, A-3, A-4 numunelerinin reometre grafiği



Şekil 3.2. F-1 numunesinin reometre grafiği

Tablo 3.1. Numunelerin reometre değerleri

NUMUNELER	ML (dN.m)	MH (dN.m)	Ts2 (dk)	T50 (dk)	T90 (dk)
A-0	5,97	13,61	0:52	1:53	10:48
A-1	6,64	13,85	1:28	2:27	10:08
A-2	6,64	13,95	1:27	2:26	10:10
A-3	6,63	14,10	1:40	2:46	10:42
A-4	6,62	14,23	1:42	2:45	11:00
F-1	3,55	18,18	0:47	1:09	2:13

ACM ‘nin referans olan A-0 hamuru ile yanmazlık eklenen diğer ACM hamurlarının reometre değerleri kendi aralarında kıyaslanırsa, öncelikle ML değerinde bir miktar yükselme görülmüştür. Yanmazlık kimyasalları, aynı zamanda dolgu maddeleri olduğundan viskozitesinin artması normal olarak söylenebilir. Burada %10’luk bir viskozite artışı gözlenmiştir. MH değerlerinde de artan dolgu miktarıyla doğru orantılı olarak küçük de olsa bir artış görülmüştür. Ts2 değerinde bir artış söz konusudur, bunun sebebi Exolite 1314’ün ph değerinin 4 olmasıdır. Böylece vulkanizasyona başlangıç yani scorch süresi uzar. T90 ise dolgunun etkisiyle yine uzamıştır.

Sonuç olarak, yanmazlık malzemeleri eklendiğinde reolojik özelliklere, dikkate alınabilecek tek etkisi Ts2 sürelerini arttırmasıdır. Fakat bu üretim esnasında pek bir farklılık oluşturmaz.

F-1 numunesinin reolojik özellikleri ise ACM hamurlarına göre daha kolay ve hızlı işlenebilir bir malzeme olduğu gözlenmiştir.

3.2. Yoğunluk Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yoğunluk testinin sonuçları tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Numunelerin yoğunluk değerleri (Birimler g/cm³ olarak belirtilmiştir)

NUMUNELER	A-0	A-1	A-2	A-3	A-4	F-1
DEĞERLER	1,29	1.30	1.31	1,32	1,34	1,95

Burada görüldüğü üzere Melamin ve Exolite artışıyla yoğunlukta 0,01 olarak artış olmuştur. Bu artışın sebebi, Exolite 1314'ün yoğunluğunun 1,5 g/cm³ ve melaminin yoğunluğunun 1,57 g/cm³ olmasından kaynaklanmaktadır. Reçetede kullanım oranları arttıkça yoğunlukları artmıştır. Fakat bu artış ne prosesi ne de kaliteyi etkileyecek düzeyde değildir. FKM'nin ise yoğunluğunun direkt yüzde 50 oranında fazla olduğu görülmektedir. Buradaki yoğunluğunun fazla olmasının sonucu olarak, hali hazırda yaklaşık 3 kat pahalı olan FKM'nin, ACM ile aynı ürünü üretmek için 1,5 kat miktar olarak fazla kullanılması sonucu, aradaki maliyet farkı yaklaşık 4,5 kat olacaktır. FKM'nin bu durumda ACM'ye oranla, maliyetinin yaklaşık %450 daha fazla olduğu görülmüştür.

3.3. Sertlik Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Postkür öncesi ve sonrası tüm sertlikler ölçülmüş, tabloda yer almaktadır.

Tablo 3.3. Numunelerin Shore A cinsinden sertlik değerleri

Numuneler	Postkür Öncesi	Postkür Sonrası
A-0	56	62
A-1	57	63
A-2	57	63
A-3	58	64
A-4	58	65
F-1	62	66

Tablodan da görüleceği üzere tüm ACM ve FKM ürünlerinin postkür sonrası sertlik değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

ACM numunelerine bakıldığında A-0'dan A-4'e doğru bir artış gözlenmiştir. Ortalama olarak her bir numunede 1 birimlik artış olduğu görülmüştür. Buradaki artış yanmazlık malzemelerinin aynı zamanda dolgu olarak kullanılsa da sertlik değerlerinde yüksek bir artış gözlenmemiştir.

3.4. Mekanik Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Mekanik test için postkür öncesi ve sonrası olan ürünlerden 6 numunenin raporları alınarak, kopma mukavemeti ve yüzdesel uzama değerleri tablo olarak hazırlanmıştır.

Tablo 3.4. Postkür öncesi ve sonrası mekanik özelliklerin değerleri

NUMUNELER	KOPMA MUKAVEMETİ (MPa)		KOPMA UZAMASI (%)	
	Postkür	Postkür	Postkür	Postkür
	Öncesi	Sonrası	Öncesi	Sonrası
A-0	8,17	8,60	497	402
A-1	8,37	7,70	537	354
A-2	8,03	7,65	494	377
A-3	7,06	7,12	535	374
A-4	6,93	6,69	403	347
F-1	5,18	4,83	315	273

Postkür öncesi sonuçların pek sağlıklı olmadığı ortadadır. Vulkanizasyonu tamamlanmamış malzeme olduklarından düzgün bir değer alınamamıştır. Postkür sonrası testler dikkate alınmalıdır.

ACM 'nin referans olan A-0 hamuru ile yanmazlık eklenen diğer ACM hamurlarının kopma mukavemeti ve yüzdesel kopma uzaması değerleri kendi aralarında

kıyaslanırsa, kopma mukavemetinde %28 ve kopma uzamasında %15 oranında düşüş görülmüştür.

ACM hamurları ile FKM kıyaslandığında, ACM'nin kopma mukavemetleri ve kopma uzamalarının daha iyi olduğu görülmüştür. Böylece mekanik özellikler olarak FKM'ye kıyasla daha üstün özellik gösterdiği söylenebilir.

3.5. Kalıcı Deformasyon Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kalıcı deformasyon testi yapılan numunelerin testleri tabloda yer almaktadır.

Tablo 3.5. Numunelerin kalıcı deformasyon değerleri

NUMUNELER	DEFORMASYON (%)
A-0	74
A-1	68
A-2	68
A-3	67
A-4	66
F-1	12

FKM'nin kalıcı deformasyonu değeri ACM'lere göre daha iyi olduğu gözükmemektedir. Burada ACM'de kullanılan silikanın, çok küçük tanecik yapısı olduğundan, kalıcı deformasyona etkisi de vardır. Aynı zamanda pişirici oranlarından da kalıcı deformasyon değerleri etkilenmektedir. Bu yüzden farklı reçeteler yapılarak kalıcı deformasyon oranı düşürülebilir.

ACM' de kullanılan yanmazlık kimyasalları kalıcı deformasyonu yaklaşık yüzde 10'a kadar iyileştirdiği görülmektedir.



Şekil 3.3. Soldan sağa doğru sırasıyla gösterilen, kalıcı deformasyon sonrası numuneler



Şekil 3.4. Soldan sağa doğru sırasıyla gösterilen, kalıcı deformasyon sonrası numuneler yükseklik farklar

3.6. LOI Testi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

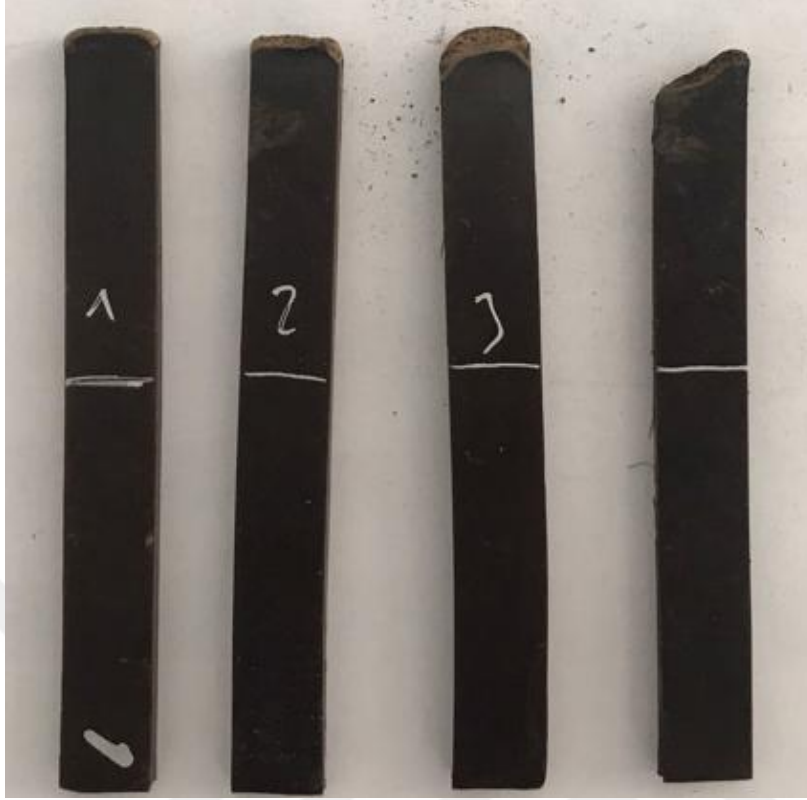
Sırasıyla tüm testlerin numunelerin resimleri ve yapılan test değerlerinin sonuçları tabloda yer almaktadır.



Şekil 3.5. A-0 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri

Tablo 3.6. A-0 numunelerine yapılan testler

NUMUNE SIRASI	OKSİJEN KONSANTRASYONU	TEST SONUCU
1	25.6	25 SANİYEDE SÖNDÜ
2	26.1	40 SANİYEDE SÖNDÜ
3	27.0	70 SANİYEDE SÖNDÜ
4	27.5	3 DAKİKADA SÖNMEDİ



Şekil 3.6. A-1 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri

Tablo 3.7. A-1 numunelerine yapılan testler

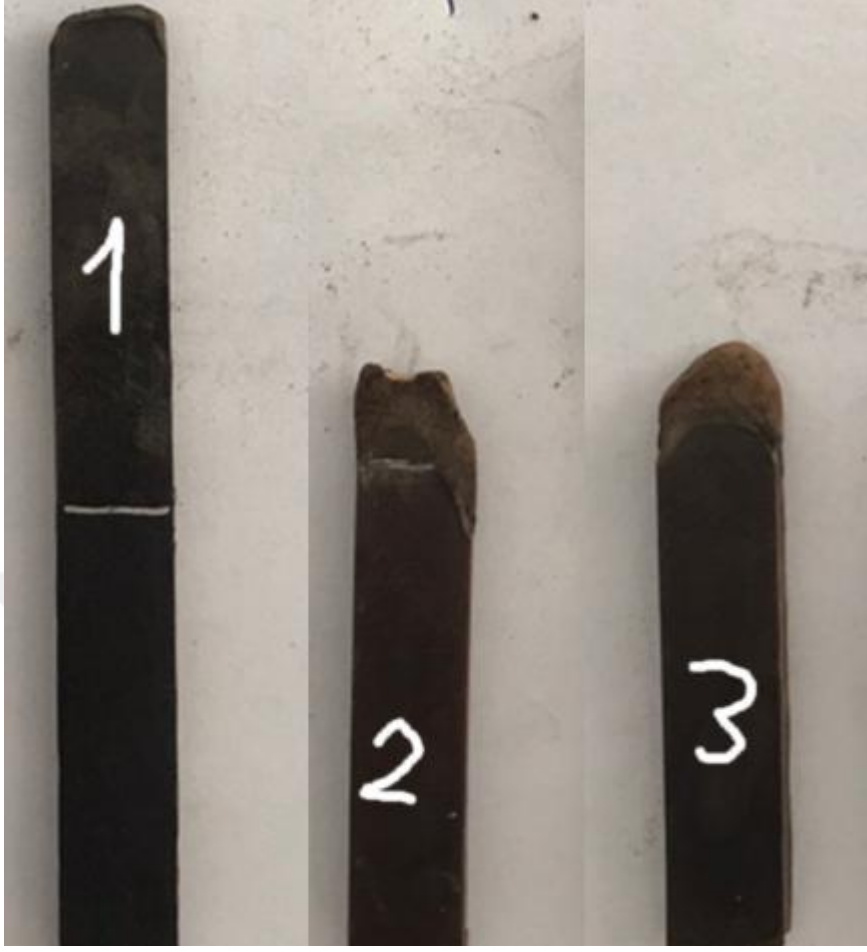
NUMUNE SIRASI	OKSİJEN KONSANTRASYONU	TEST SONUCU
1	27.0	22 SANİYEDE SÖNDÜ
2	27.7	37 SANİYEDE SÖNDÜ
3	28.3	137 SANİYEDE SÖNDÜ
4	28.5	3 DAKİKADA SÖNMEDİ



Şekil 3.7. A-2 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri

Tablo 3.8. A-2 numunelerine yapılan testler

NUMUNE SIRASI	OKSİJEN KONSANTRASYONU	TEST SONUCU
1	27.7	21 SANİYEDE SÖNDÜ
2	28.3	18 SANİYEDE SÖNDÜ
3	29.3	45 SANİYEDE SÖNDÜ
4	30.0	55 SANİYEDE SÖNDÜ
5	31.0	3 DAKİKADA SÖNMEDİ



Şekil 3.8. A-3 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri

Tablo 3.9. A-3 numunelerine yapılan testler

NUMUNE SIRASI	OKSİJEN KONSANTRASYONU	TEST SONUCU
1	31.3	10 SANİYEDE SÖNDÜ
2	31.6	3 DAKİKADA SÖNMEDİ
3	31.8	3 DAKİKADA SÖNMEDİ



Şekil 3.9. A-4 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri

Tablo 3.10. A-4 numunelerine yapılan testler

NUMUNE SIRASI	OKSİJEN KONSANTRASYONU	TEST SONUCU
1	32.0	15 SANİYEDE SÖNDÜ
2	32.5	30 SANİYEDE SÖNDÜ
3	33.5	40 SANİYEDE SÖNDÜ
4	34.1	3 DAKİKADA SÖNMEDİ



Şekil 3.10. F-1 numunelerinin, LOI testi sonucu görselleri

Tablo 3.11. F-1 numunelerine yapılan testler

NUMUNE SIRASI	OKSİJEN KONSANTRASYONU	TEST SONUCU
1	34.4	5 SANİYEDE SÖNDÜ
2	35.5	18 SANİYEDE SÖNDÜ
3	37.5	20 SANİYEDE SÖNDÜ
4	38.5	3 DAKİKADA SÖNMEDİ

LOI testinin genel sonuçlarına göre, A-0 ‘dan A-4 ‘e kadar yanmazlık kimyasallarının şekilde artmasıyla doğru orantılı şekilde LOI değerleri artmıştır. A-0’dan A-4’e kadar yaklaşık yüzde 27 oranında LOI değeri artması gözlemlenmiştir.

ACM ’nin muadil olarak kullanılmak istenen FKM numunesinin LOI değeri ise 37.5 – 38.5 arasındadır. A-4 ile F-1 karşılaştırıldığında, F-1 numunesi A-4 ‘e göre %11 oranda daha fazla LOI değerine sahiptir.

Tablo 3.12. Numunelerin ortalama LOI değerleri

NUMUNELER	LOI DEĞERLERİ
A-0	27.0 – 27.5
A-1	28.3 – 28.5
A-2	30.0 – 31.0
A-3	31.3 – 31.6
A-4	33.5 – 34.1
F-1	37.5 – 38.5



4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında ACM kauçuklarına farklı oranlarda katılan melamin ve Exolite 1314'ün, vulkanizasyon sonucu etkileri incelenmiştir. Sertlik, yoğunluk ve reolojik değerlerinin değişimi yüksek değildir. Bu çalışmadaki asıl amaç ACM'nin yanmazlık özelliklerinin iyileştirilmesidir.

Mekanik özelliklerde azalma fakat kalıcı deformasyon özelliklerinde iyileşme olduğu bulunmuştur.

Yapılan LOI testi sonucunda referans örneği olan ve yanmazlık sağlayan nanodolgu içermeyen ACM karışımına kıyasla A-4 hamurunun LOI değerleri %27 oranında iyileştirilmiştir. A-4 ile FKM arasındaki fark ise 4 LOI birimidir. FKM karışımına oranla A-4 kauçuk karışımının LOI değeri % 11 daha düşüktür.

Bu verilere göre, yapılan A-4 ACM numunesinin yağ dayanımının FKM'ye göre incelenerek karşılaştırılması ve kalıcı deformasyon ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesiyle FKM'ye muadil kullanılabileceği konusunda sonuca daha da yaklaşılabılır.



KAYNAKLAR

- [1] Ö. H. Savran, “Elastomer teknolojisi 1,” *Kauçuk Derneği Yayınları*, pp. 19-73, 2001.
- [2] V. Vahapoğlu, “Kauçuk türü malzemeler I. doğal kauçuk,” *C.B.U. Journal of Science*, vol 3, no. 1, pp. 57-70, March 2007.
- [3] Ö. H. Savran, “Elastomer teknolojisi 2,” *Kauçuk Derneği Yayınları*, pp. 93-116, 131-154, 2002.
- [4] V. Vahapoğlu, “Kauçuk türü malzemeler II. sentetik kauçuk,” *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, vol 9. no. 1, pp. 44-55, 2006
- [5] M. T. Ramesan, R. Alex, V. K. Nguyen, “Studies on the cure and mechanical properties of blends of natural rubber with dichlorocarbene modified styrene–butadiene rubber and chloroprene rubber,” *Reactive and Functional Polymers*, vol. 62, no. 1, pp. 41-50, January 2005.
- [6] S. Kohjiya, M. Tosaka, M. Furutani, Y. Ikeda, S. Toki, B.S. Hsiao, “Role of stearic acid in the strain-induced crystallization of crosslinked natural rubber synthetic cis-1,4-polyisoprene,” *Polymer*, vol. 48, no. 16, pp. 3801-3808, 2007.
- [7] J. L. Hamilton, *Natural rubber properties, behavior and applications*. 1st ed UK ed., New York, 2016.
- [8] L. Bokobza, O. Rapoport, “Reinforcement of natural rubber,” *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 85, no.11, September 2002.
- [9] R. C. Klingender, *Handbook of Specialty Elastomers*, 1st ed, CRC Press, Florida, 2008.
- [10] M. T. Ramesan, R. Alex, V. K. Nguyen, “Studies on the cure and mechanical properties of blends of natural rubber with dichlorocarbene modified styrene–butadiene rubber and chloroprene rubber,” *Reactive and Functional Polymers*, vol. 62, no. 1, pp. 41-50, January 2005.
- [11] R. B. Simpson, *Rubber Basics*. 1st ed., Smithers Rapra Publications, Shawbury, 2002.
- [12] D. S. Seil and F. R. Wolf, “Chapter 11,” in *Rubber Technology*, third edition, Maurice Morton, Van Nostrand Reinhold Company, 1987, New York, pp. 322-338.
- [13] R. M. Montague, *Advances in Acrylic Cure Technology*. 1st ed., Detroit Rubber Group Meeting, Michigan, 1988.
- [14] K. Hosoya, T. Nakagawa, and S. Yagishita, *A New Polyacrylic Elastomer Cure System for Automatic Transmission Fluid Hose Application*, SAE Meeting, Detroit, 1988.

- [15] R. C. Klingender, "Polyacrylate elastomers – Properties and applications," in *Handbook of Specialty Elastomers*, 1st ed, CRC Press, Florida, 2008, pp. 155-192.
- [16] N. Nakajima, R. D. Demarco, "Application of Polyacrylate Rubber for High Performance Automotive Gaskets and Seals," *Journal of Elastomers and Plastics*, vol. 33, no. 2, pp. 114-120, April 2001.
- [17] L. H. Seok D. J. Hwan, A. W. Sool, K. Cheol, "A study on physical properties and life time prediction of acm rubber for automotive engine gasket," *Elastomers and Composites*, vol. 47, no. 3, pp. 254-258, 2012.
- [18] S. Ono, M. Ito, H. Tokumitsu, K. Seki, "Structure development in silica-filled polyacrylate rubber composites during mixing," vol. 74, no.10, *Journal of Applied Polymer Science*, pp. 2529-2538, September 1999.
- [19] K. Jantanasakulwong, Y. Kobayashi, K. Kuboyama, T. Ougizawa, "Thermoplastic Vulcanizate Based on Poly(lactic acid) and Acrylic Rubber Blended with Ethylene Ionomer," *Journal of Macromolecular Science, Part B*, vol. 55, no. 11, pp. 1068-1085, 2016.
- [20] A. Ciesielski, *An Introduction to Rubber Technology*, 1st. ed., Rapra Technology Limited, Shawbury, 1999.
- [21] A. Geyou, H. Quanli, K. Myung-Soo, "Properties of activated carbon blacks filled SBR rubber composites," *Carbon Letters*, vol. 9, no. 2, pp. 115-120, 2008.
- [22] K. Sever, İ. H. Tavman, Y. Seki, and A. Turgut, "Article electrical and mechanical properties of expanded graphite/high density polyethylene nanocomposites," *Composites Part B Engineering*, vol. 53, pp. 226-233, October 2013.
- [23] G. Ao, Q. Hu, M. S. Kim, "Properties of activated carbon blacks filled sbr rubber composites," *Carbon Letters*, vol. 9, no. 2, pp. 115-120, June 2008.
- [24] M. Q. Petterman, "Precipitated silica-coming of age," *Rubber World*, vol. 194, no. 1, pp 38-40, 1986.
- [25] S. M. Ponomarenko, E. G. Privalko, V. P. Privalko, F. Schön, W. Gronski, "Structure and thermoelasticity of synthetic rubber/silica composites," *Journal of Macromolecular Science, Part B*, vol. 43, no. 6, pp. 1231-1242, 2007.
- [26] G. Morris, *Developments in Rubber Technology-1*, 1st. ed., Applied Science Publishers Ltd., London, 1979.
- [27] G. Heideman, R. N. Datta, and J. Noordermeer, "Activators in accelerated sulfur vulcanization," *Rubber Chemistry and Technology*, vol. 77, no. 3, pp. 512-541, July 2004.
- [28] A. B. Morgan, J. W. Gilman, "An overview of flame retardancy of polymeric materials: application, technology, and future directions," *Fire and Materials*, vol. 37, no. 4, pp. 259-279, March 2012.

- [29] T. Grover, A. Khandual, K. N. Chatterjee, R. Jamdagni, "Flame retardants: an overview," *Colourage*, vol. 61, pp. 28-36, 2014.
- [30] E. A. Coleman, "Plastics Additives," in *Applied Plastics Engineering Handbook*, 2nd edition, Elsevier, USA, 2017, pp. 489-500
- [31] S. Sauca, M. Giamberini and J.A. Reina, "Flame retardant phosphorous-containing polymers obtained by chemically modifying poly (vinyl alcohol)", *Polymer Degradation and Stability*, vol. 98, no. 1, pp. 453-463, January 2013.
- [32] P. Kiliaris, C. D. Papaspyrides, "Polymers on Fire," *Polymer Green Flame Retardants*, pp. 1-43, December 2014.
- [33] A. Dasari, Z. Z. Yu, G. Cai, and Y. W. Mai "Recent developments in the fire retardancy of polymeric materials," *Progress in Polymer Science*, vol 38, no.9, pp. 1357-1387, September 2013
- [34] S. Chen, Y. Zhang, R. Wang, H. Yu, M. Hoch, S. Guo, "Mechanical properties, flame retardancy, hot-air ageing, and hot-oil ageing resistance of ethylene-vinyl acetate rubber/hydrogenated nitrile-butadiene rubber/magnesium hydroxide composites," *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 114, no. 5, pp. 3310-3318, December 2009.
- [35] S. Y. Lu, I. Hamerton, "Recent developments in the chemistry of halogenfree flame retardant polymers," *Progress in polymer science*, vol. 27, no. 8, pp. 1661-1712, October 2002.
- [36] M. Prabhakar, A. U. R. Shah, J. I. Song, "A review on the flammability and flame retardant properties of natural fibers and polymer matrix based composites," *Composite Research*, vol. 28, no. 2, pp. 29-39, 2015.
- [37] J. F. Larche, P. Bussière, P. W. W. Chung, J. Gardette, "Chemical structure evolution of acrylic-melamine thermoset upon photo-ageing," *European Polymer Journal*, vol. 48, no.1, pp. 172-182, January 2012.
- [38] H. Vandersall, "Intumescent coating systems, their development and chemistry," *The Journal of Fire & Flammability*, vol. 2, pp. 97-140, 1970.
- [39] M. S. Chul, C. J. Kon, and B. W. Jo, "Flame retardancy and foaming properties of the NBR/ground tire rubber foams containing expandable graphite," *Polymer Korea*, vol. 28, no.5, September 2004.
- [40] C. L. Deng, S. L. Du, J Zhao, Z. Q. Shen, C. Deng, Y. Z. Wang, "An intumescent flame retardant polypropylene system with simultaneously improved flame retardancy and water resistance," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 108, pp. 97-107, 2014.
- [41] C. F. Cullis, M. Hirschler, Q. Tao, "Studies of the effects of phosphorus-nitrogenbromine systems on the combustion of some thermoplastic polymers," *European Polymer Journal*, vol. 27, pp. 288-289, 1991.

- [42] J. Green, “A review of phosphorus-containing flame retardants,” *Journal of Fire Sciences*, vol. 10, no. 6, pp. 470-487, November 1992.
- [43] P. Anna, G Marosi, S. Bourbigot, M. L. Bras, R Delobel, “Intumescent flame retardant systems of modified rheology,” *Polymer Degradation and Stability*, vol. 77, no. 2, pp. 243-247, December 2002
- [44] M. A. Kader, A. K. Bhowmick, “Thermal ageing, degradation and swelling of acrylate rubber, fluororubber and their blends containing polyfunctional acrylates,” *Polymer Degradation and Stability*, , vol. 79, pp. 283-295, July 2002.
- [45] L. A. Savaş, M. Doğan, “Genişleyen grafit ve organokilin kabaran amonyum polifosfat esaslı polipropilen/karbon elyaf kompozitlerin alev geciktirici, ısı ve mekanik özelliklerine etkisi,” *Journal of Textiles and Engineer*, vol. 25, no. 109, pp. 22-29, March 2018.
- [46] A. A. Hakim, S. A. E. Mogy, A. I. A. Kandil, “Novel modification of styrene butadiene rubber/acrylic rubber blends to improve mechanical, dynamic mechanical, and swelling behavior for oil sealing applications,” *Polymers and Polymer Composites* 2021, vol. 29, no. 9, pp. 959-968, July 2021.
- [47] I. D. Rosca, R. Granger, J. M. Vergnaud, “Linear temperature programming rheometers for the cure of rubbers. effect of the various parameters,” *Polymers and Polymer Composites*, vol. 12, no. 1, pp. 87-98, January 2004

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. Yalova Üniversitesi Polimer Mühendisliği Bölümü'nden lisans ve yüksek lisansını tamamladı. Üretim ve kalite stajlarını sırasıyla, Uzunoğlu plastik ve Pimtaş firmalarında tamamladı. Profesyonel iş hayatına, kauçuk sektöründe, 2019 yılında Telas Lastik'te üretim mühendisi olarak başladı. 2020 yılında yine kauçuk sektöründe Mercan Conta firmasında Arge ve Kalite Mühendisi olarak devam etti. 2021 yılında, kauçuk ürün üretimi yapan firmalara, teknik kauçuk karışımları hazırlayan Kimhex Kimya firmasında, Karışım Hazırlama ve Arge Sorumlusu olarak profesyonel iş hayatına devam etmektedir.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYIN VE ESERLER

Alacalar F. E. , Tasdelen M. A. , Y. (2022, Ağustos). *Yanmazlık Özellikleri İyileştirilmiş Akrilik Kauçığın Sentezi ve Karakterizasyonu* , Sözlü Bildiri, 14. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, UBAK 2022, İstanbul, Türkiye.