








Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

S-SBR (Solution Stiren Bütadien Kauçuk) Bazlı Kauçuk Karışımlarına Farklı Karbon Siyahlarının Etkisi

 Gasim ALTUNDAL ^{a*},  Tuğçe GÖRMÜŞER ^a,  Metin Kuru ^a,  Esra Çetin ^a,  İlyas UYGUR ^b

^a *Anlas Anadolu Lastik AŞ., Düzce, TÜRKİYE*

^b *Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE*

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: gasim.altundal@anlas.com.tr

DOI:10.29130/dubited.1056168

Öz

Lastik endüstrisinde ya da diğer kauçuk sektörlerinde kullanımı yüksek elastomer malzemeler stiren bütadien kauçuk (SBR) ve doğal kauçuklardır (NR). Bu çalışmada, S-SBR (solution-stiren bütadien kauçuk) ve ASTM standardına göre adlandırılan farklı gradelerdeki karbon siyahları ile reçeteler hazırlandı ve hazırlanan reçetelerin reolojik ve fizikomekaniksel davranışları araştırıldı. S-SBR miktarı sabit tutularak (137,5phr) karbon siyahlarından N220, N234, N326, N330, N375, N550, N660, N772 gradeleri 80phr olarak kullanılmış 8 reçete hazırlanmıştır. Yapılan testlerin sonucunda; karbon siyahlarının tanecik yapılarının farklı olması ile karışımların reolojik ve mekaniksel değerleri incelenmiş, tanecik boyutunun ve kümeleme (aggregate) yapısına sahip olmasının belirgin şekilde değerleri etkilediği değerlendirilmiştir. Farklı yapılarıdaki karbon siyahlarının S-SBR bazlı reçetelerde etkilerinin karbon yapısı, yüzey alanı, kümeleme yapılarının yoğunluğuna göre değiştiği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Solution-Stiren Bütadien Kauçuk, Karbon siyahı, Karbon siyahı yapısı, Kümeleme,*

Effect of Different Carbon Blacks on S-SBR (Solution Styrene Butadiene Rubber) Based Rubber Mixtures

ABSTRACT

The elastomer materials used in the tire industry or other rubber sectors are styrene butadiene rubber (SBR) and natural rubber (NR) rubbers. In this study, recipes will be prepared with S-SBR (solution-styrene butadiene rubber) and carbon blacks of different grades named according to the ASTM standard, and the rheological and physico-mechanical behaviors of the prepared recipes will be investigated. By keeping the amount of S-SBR constant (137.5phr), 8 recipes were prepared using carbon black grades N220, N234, N326, N330, N375, N550, N660, N772 as 80phr. As a result of the tests; the rheological and mechanical values of the mixtures were examined due to the different particle structures of the carbon blacks, and it was evaluated that the particle size and the presence of aggregate significantly affected the values. It has been understood that the effects of carbon blacks in different structures in S-SBR based recipes vary according to the carbon structure, surface area, and density of aggregate structures.

Keywords: *Solution-Styrene Butadiene Rubber, Carbon black, Carbon black structure, Aggregate,*

I. GİRİŞ

Kauçuk; bazı bitkilerin sütümsü öz suyundan doğal halde ya da petrol ve alkolün bileşimlerinden suni olarak elde edilen bir malzemedir. Kauçuk türü malzemeler, günlük yaşamın içinde her alanda yer almış vazgeçilmez bir mühendislik malzemesidir [1]. Birçok polimerlere fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek amacıyla katkı maddeleri katılır. Kauçuk karışımlarının temel bileşenleri; kauçuklar, takviye edici dolgular, pişirici sistem, yaşlanma önleyiciler ve proses yardımcılarıdır [2].

Stiren Bütadien Kauçuğu (SBR), bir tür suni kauçuk olup, stiren ve bütadien monomerlerinin polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Polimerizasyon, reaksiyonun tipine, kullanılan başlatıcıların, emülgatörlerin, ayarlayıcıların ve durdurucuların cinsine ve dönüşüm derecesine bağlı olarak değişmektedir. Bunun sonucunda elde edilen polimerin özellikleri de farklılıklar göstermektedir. Polimer zinciri stiren ve bütadien monomerlerinin gelişmiş güzel karışımıdır. Bu yapı kauçuk özellikleri vermekle birlikte düzensiz olduğundan kristallenme de önlenmektedir. Bu durum SBR kauçukların değişik birçok alanda kullanılmasını sağlamaktadır. Stiren bütadien kauçuklar emülsiyon ve çözelti polimerizasyonu ile üretilebilmektedir. SBR kauçuk üretim prosesine göre E(Emulsion)-SBR ve S(Solution)-SBR olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [3].

Solution-stiren bütadien kauçuk (S-SBR) çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Lastik, ayakkabı, konveyör bantlar, halılar, hortumlar ve yapıştırıcılar gibi ürünleri içermektedir. S-SBR, stiren ve vinil monomerlerinin çeşitli miktarlarda anyonik polimerizasyonu ile elde edilmektedir. S-SBR, kauçuk ürünlerden yüksek performans lastiklerinin karışım hamurlarında silika ve karbon siyahıyla kullanıldığında lastiğin ıslak ve kuru yol tutuşu sırasında harika bir balans ayarı, yuvarlanma direnci elde edilir. S-SBR genellikle yüksek kaliteli teknik kauçuk ürünlerin üretimi için kullanılır. Bilindiği üzere, reçetelerde kullanılan doğal kauçuğun miktarı azalır iken S-SBR motosiklet lastiklerinin performansını güçlendirmektedir [4]. S-SBR içeriği stiren ve bütadien polimerleri yanı sıra vinil içeriği de önemlidir. Bu yüzden proses içerisindeki miktarı yuvarlanma direncini de direkt etkilemektedir. Sürücüler araçlarının lastiklerinde kar, ıslak veya kuru şartlarda sürüş gerçekleştirdiğinde performans kaybetmek istemezler. S-SBR tüm sezonlarda kullanılabilen bir polimerdir. Yüksek vinil içeriğinden düşük vinil içeriğine kadar birçok farklı S-SBR fonksiyonel polimeri mevcuttur [5].

Dolgu maddeleri, siyah ve beyaz dolgu maddeleri olmak üzere ikiye ayrılırlar. Siyah dolgu maddeleri karbon siyahlarıdır. Beyaz dolgu maddeleri ise kalsiyum karbonat, silika, kil, talk, çinko oksit gibi dolgulardır [6]. Dolgu maddeleri kauçuklar ve plastikler içerisinde farklı amaç için kullanılabilirler. Güçlendirici dolgu maddeleri kauçuk içerisine eklendiği zaman, hamurun kopma dayanımı yüksek oranda artar. Özellikle sentetik kauçuklar için güçlendirici dolgu maddeleri çok önemlidir. Dolgusuz sentetik kauçuk ile hazırlanan hamurun kopma dayanımı dolgusuz doğal kauçuk ile hazırlanan hamur ile karşılaştırmayacak kadar küçüktür [7].

Tane büyüklüğü, dolgu maddesinin kauçuğu kuvvetlendirmesi açısından en önemli parametredir. Tane büyüklüğü küçüldükçe, kauçuğu kuvvetlendirme özelliği artmaktadır. Dolgu maddelerinin yüzey alanı, tane büyüklüğü ile ilgilidir. Tane büyüklüğü küçüldükçe, yüzey alanı artmaktadır [8]. Dolgu maddelerinin kuvvetlendirme bakımından kauçuğun özelliklerine etkileri, başlıca iki özelliğinin ölçülmesi ile izlenmektedir. Bunlar, kopma dayanımı ve modulus değerleridir [9].

Karbon siyahı, asetilen gazı, doğal gaz ya da muhtelif yağların düşük oksijenli ortamda yakılması sonucu elde edilen bir karbon türüdür. Karbon siyahları, karbon siyahını oluşturan taneciklerin büyüklüğüne göre sınıflandırılmaktadır. Kauçuk sektöründe kullanılan ve güçlendirme etkisi olan karbon siyahlarının tanecik büyüklüğü 1-100 nm arasında değişmektedir. Karbon siyahı başta kauçuk, plastik ve boya olmak üzere çok geniş alanda kullanılmaktadır. Kauçuk sanayinde en çok kullanılan karbon siyahlarının tanecik büyüklüklerine göre sınıflandırılması Tablo.1' de verilmiştir. Karbon siyahları, üretim şekillerine göre fırın siyahları, kanal siyahları ve termal siyahlar olarak sınıflandırılmaktadır. Kauçuk içerisinde en çok kullanılan karbon siyahları, fırın siyahlarıdır. Fırın

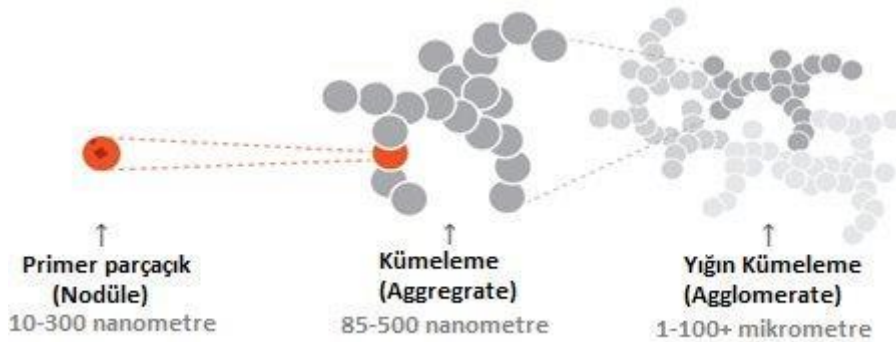
siyahlarının tanecik boyutları 18-85 nm arasındadır. Ön ısıtmadan geçen hidrokarbonların kısıtlı oksijen içeren fırınlarda 1200-1600 °C sıcaklıkta yakılması ile elde edilirler. En çok bilinen tipleri SAF, ISAF, FEF, GPF ve SRF'tir. En çok kullanılan fırın siyahları Tablo.1 'de verilmiştir [3, 10, 15].

Tablo 1. Bazı karbon siyahlarının özellikleri ve adlandırılması.

ASTM	İsmi	Özelliği	Tane büyüklüğü (nm)	Yüzey alanı (m ² /g)
N 110	SAF	Üstün aşınma	11-19	121-150
N 115	SAF	Üstün aşınma	11-19	121-150
N 220	ISAF	Yüksek aşınma	20-25	100-120
N 234	ISAF	Yüksek aşınma	20-25	100-120
N 326	HAF	Yüksek aşınma	26-30	70-99
N 330	HAF	Yüksek aşınma	26-30	70-99
N 440	FF	İnce Fırın Siyahı	31-39	50-69
N 539	FEF	Hızlı Extrüzyon Siyahı	40-48	40-49
N 550	FEF	Hızlı Extrüzyon Siyahı	40-48	40-49
N 650	GPF	Genel amaçlı Siyahlar	49-60	33-39
N 660	GPF	Genel amaçlı Siyahlar	49-60	33-39
N 762	SRF	Yarı kuvvetlendirici siyahlar	61-100	21-32
N 772	SRF	Yarı kuvvetlendirici siyahlar	61-100	21-32

Tablo.1'de görüldüğü gibi tanecik büyüklüğü arttıkça yüzey alanı azalmaktadır. Bu durumun lastik hamurlarında güçlendirme etkisi oldukça belirgindir. Güçlendirici özelliği en fazla olan karbon siyahı türü N110 olmasına rağmen, lastik sanayinde kullanımı oldukça sınırlıdır. Bunun en önemli sebebi, bu karbon siyahının hamurun içerisinde homojen şekilde dağılımı ve işlenme zorluğudur. N220 ve N330 karbon siyahları otomobil lastiğinin sırt ve yanak kısımlarında kullanılırken, N550 iyi ekstrüzyon özelliğinden dolayı kord ve tel kaplama hamuru yapımında kullanılır. N660 ve N762 genel amaçlı karbon siyahlarıdır [6, 11].

Karbon siyahları 10 ile 90 nm çapındaki küresel yapıların karmaşık bir şekilde diziliminden meydana gelmiş bir yapıdır. Atomik kuvvet mikroskobu kullanılarak elde edilen sonuçlar doğrultusunda, karbon siyahlarının temel parçacığı "primer parçacıklar" denen yapılardır. *Primer parçacıkların* (nodüles) kimyasal olarak birleşmesi sonucu oluşmuş yapılara *kümeleme* (aggregate) denir. Birçok kümelemeler birleşerek oluşturduğu zayıf, büyük boyutlu yapılara *yığın kümelemesi* (agglomerate) denir. Karbon siyahlarının güçlendirici (reinforcing) kabiliyeti kümelemelerin yapılarına bağlıdır, yani kümelemeler karbon siyahlarına güçlendirici özellik kazandıran en küçük yapı taşlarıdır [12]. Tipik karbon siyahı formları Şekil.1' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Primer parçacık, kümeleme ve yığın kümelemesi formları [13]

Karbon siyahlarının güçlendirici karakteri kümelemeler hem yapılarına hem de boyutuna bağlı olduğundan ve nihai ürünün performansına doğrudan etkisi bulunduğu için ASTM tarafından

sınıflandırılması yapılmıştır. Her karbon siyahı 4 çeşit karakter koduna göre sınıflandırılmıştır, N_{xyz} . N nin anlamı “normal curing” yani vulkanizasyon sırasında meydana gelen kimyasal olaylara etkisi yoktur anlamındadır, xyz ise karbon siyahının güçlendirici karakteri ile alakalıdır. X temel parçacıkların ortalama tanecik büyüklüğü hakkındaki bilgiyi verir ve yüzey alanı ile ters orantılıdır, yz ise kümelemelerin yapıları ile alakalıdır ve ne kadar büyük ise kümelemelerin de karmaşık ve dallanmış yapıda olduğunu gösterir yani yz sayısı büyük olan karbon siyahlarının güçlendirici karakteri daha iyi olur [13].

II. MALZEME ve YÖNTEM

A. TASARLANAN REÇETELER

A.1. Tasarlanan Reçete Formülasyonları

Anlas Lastik fabrikası Ar-Ge laboratuvarlarında hazırlanan reçete dizaynlarında kauçuk türü olarak Tablo.2’de özellikleri belirtilen Solution-stiren bütadien kauçuk kullanılmıştır.

Tablo 2. S-SBR özellikleri

Özellik	Değer
Mooney Viskozite (<i>MU</i>)	50
Vinyl miktarı (%)	44,5
Styrene miktarı (%)	26
Uçucular (%)	Max. 0,75
Yağ miktarı (%)	27,5

Güçlendirici ve renklendirici dolgu malzemesi olarak Tablo.3’de ASTM özellikleri belirtilen 8 farklı karbon siyahı kullanılmıştır. Proses kolaylaştırıcı olarak proses yağlarından TDAE (Vivatec 500) kullanılmıştır. Bu malzemelere ilave olarak koruyucu, proses yardımcısı, hızlandırıcı ve pişirici grubu kimyasallar kullanılmıştır.

Tablo 3. Kullanılan karbon siyahlarının ASTM özellikleri

ASTM	N-220	N-234	N-326	N-330	N-375	N-550	N-660	N-772
NSA (<i>m²/g</i>)	114	119	78	78	93	40	35	32
STSA (<i>m²/g</i>)	106	112	76	75	91	39	34	30
Iodine (<i>mg/g</i>)	121	120	82	82	90	43	36	30
OAN (DBPA) (<i>ml/100g</i>)	114	125	72	102	114	121	90	65
COAN (24M4) (<i>ml/100g</i>)	98	102	68	88	96	85	74	59
Pour Density (<i>kg/m³</i>)	355	320	455	380	345	360	440	520

Reçete formülasyonları 8 farklı karbon karası aynı oranda kullanılmak üzere; S-SBR, proses yağları ve diğer kimyasallarda aynı oranda kullanılmıştır. Hazırlanan formülasyonlar Tablo.4’de phr (Parts Per Hundred Rubber) cinsinden verilmiştir.

Tablo 4. Reçete formülasyonları

Hammadde (phr)	K220	K234	K326	K330	K375	K550	K660	K772
S-SBR	137,5	137,5	137,5	137,5	137,5	137,5	137,5	137,5
N220	80,0	-	-	-	-	-	-	-
N234	-	80,0	-	-	-	-	-	-
N326	-	-	80,0	-	-	-	-	-
N330	-	-	-	80,0	-	-	-	-
N375	-	-	-	-	80,0	-	-	-
N550	-	-	-	-	-	80,0	-	-
N660	-	-	-	-	-	-	80,0	-
N772	-	-	-	-	-	-	-	80,0
Proses yağı	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Çinko Oksit	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Çinko Stearat	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Koruyucular	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Proses yardımcıları	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Reçineler	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Kükürt	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Hızlandırıcılar	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

A.2. Reçete Formülasyonlarını Hazırlama Prosesi

İki kademe hazırlanan reçetelerde; ana kademe ve son kademe hamurlarının hazırlanmasında açık karıştırıcı olan roll-mill kullanılmıştır. Ana kademe kauçuklar, dolgular, proses yağları, antidegradantlar, aktivatörler eklenerek karıştırma işlemi yapılmıştır. Son kademe ise pişiriciler adı verilen kimyasal grubu (vulkanizasyon sağlayan kimyasallar ve hızlandırıcılar) ana kademe hamuruna katılarak son haline getirilir. Reçete formülasyonlarını hazırlama süreci Tablo.5'de verilmiştir.

Tablo 5. Formülasyon hazırlama süreci

Ana kademe	Süre (dk)
Kauçuk (S-SBR)	0
Dolgu maddeleri + Kimyasallar + Proses yağları	3,5- 4,0
Mill boşalt	15 – 17,5
Son kademe	Süre (dk)
Ana kademe karışımı	0
Pişiriciler	3,0 – 3,5
Mill boşalt	7,0 – 8,5

Hazırlanan reçetelerin reolojik özellikleri için reometre testleri (Moving Die Rheometer, MDR), EKTRON MDR 2000S ile ASTM D5289 standardına göre 195 °C'de 5 dakika olarak yapılmıştır. [16] Numuneler iki ısıtılmış levha arasında sıkıştırılmış izotermal koşullar altında sinüzoidal olarak değişen strese maruz bırakılmıştır. Mooney Scorch (SC) testleri, EKTRON MV 2001M cihazı ile ASTM D1646 standardına göre 135 °C'de yapılmıştır. Karışımların fizikomekanik testleri 170 °C'de 15 dakika preste pişirilerek hazırlanan plakadan papyon numuneler kesilerek ASTM D412'ye göre Hounsfield H5KS Tensometre cihazı ile yapılmıştır. Sertlik testi ise ASTM D2240'a göre Mitutoyo Shoremetre cihazı ile (Shore A cinsinden) yapılmıştır.

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

A. MOVİNG DİE REOMETER ANALİZİ (MDR)

MDR testi hamurların viskozite, pişmeye başlama ve pişirme süresi hakkında bilgi vermektedir. Viskozite ve t_{s2} değerleri, pişirme öncesi proseslerdeki işleme bilgisini verdiği gibi t_{90} değeri de pişirme sisteminde ne kadar kalması gerektiğinin bilgisini vermektedir. Bu nedenle kauçuk sektöründe en çok kullanılan ve yararlanılan test parametreleridir. Hazırlanan karışım hamurlarının MDR analizleri sonucunda elde edilen değerler Tablo.6'de verilmiştir. MDR testindeki; minimum tork (ML) değeri en yüksek 1,56 dNm N220 kullanılan reçetede, en düşük 0,47 dNm ise N772 kullanılan reçetede ölçülmüştür. En yüksek maximum tork değeri (MH) 8,4dNm N234 kullanılan reçetede iken, N772 kullanılan reçetede en düşük 4,57 dNm değeri ölçülmüştür. MH-ML farkı, polimer malzeme içerisindeki çapraz bağlanma derecesini gösterir [14]. En yüksek MH-ML farkı N234 karbon siyahlı numunede, en düşük fark ise N772 karbon siyahlı numunede görülmüştür. En yüksek t_{s2} değeri (1:29) N772, en düşük (1:01) ise N234 reçetesinde ölçülmüştür. En yüksek t_{90} değeri (3:37) N220 kullanılan reçetede, en düşük (3:15) ise N326 kullanılan reçetede ölçülmüştür.

Tablo 6. MDR test sonuçları

Parametre	K220	K234	K326	K330	K375	K550	K660	K772
ML (dNm)	1,56	1,53	0,86	0,98	1,07	0,55	0,52	0,47
MH (dNm)	6,6	8,4	6,51	6,84	7,79	5,74	5,16	4,57
MH-ML	5,04	6,87	5,65	5,86	6,72	5,19	4,64	4,1
t_{s2} (dk:sn)	01:22	01:01	01:08	01:12	00:57	01:25	01:25	01:29
t_{90} (dk:sn)	03:37	03:21	03:15	03:23	03:16	03:31	03:25	03:20

B. MOONEY SCORCH ANALİZİ (SC)

Viskozite değerleri karışım hamurunun proses edilebilirliği ve hamurun sertlik-yumuşaklık değerleri hakkında bilgi vermektedir. Mooney Scorch (SC) cihazı ile 135 °C de ölçülen viskozite ve t_s değerleri Tablo 7'de verilmiştir. ML değeri en yüksek N234 kullanılan reçetede ölçülürken, en düşük değer ise N772 kullanılan reçetede ölçülmüştür. En yüksek t_s değeri (46:33) N772 kullanılan reçetede, en düşük değer (24,05) ise N375 kullanılan reçetede ölçülmüştür. Genel olarak her iki değerde, artan tane boyutu ile değişmiştir.

Tablo 7. Karışımların ML ve t_s değerlerinin grafikleri.

Parametre	K220	K234	K326	K330	K375	K550	K660	K772	
Mooney Scorch	ML (MU)	27,02	30,08	19,66	23,05	23,91	20,56	16,88	14,83
	t_s (dk:sn)	37:10	27:41	32:32	31:19	24:05	42:58	39:47	46:33

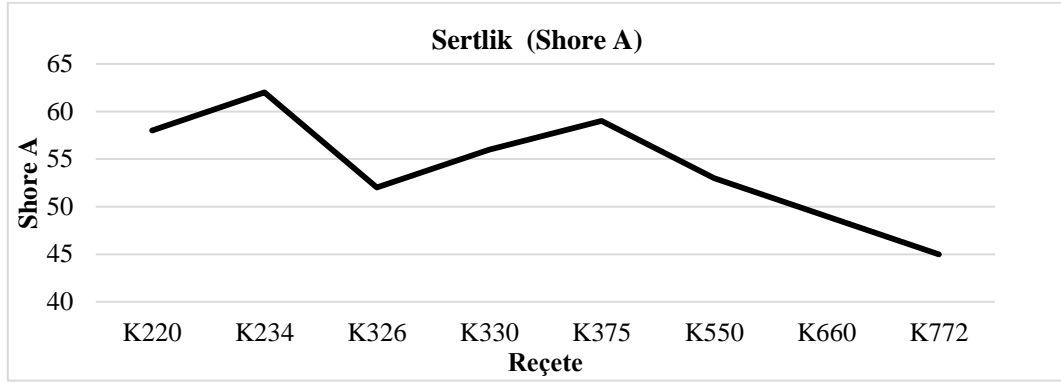
C. FİZİKOMEKANİK TEST ANALİZLERİ

Fizikomekaniksel testler, karışım hamurlarının çalışma ortamında beklenen performanslarının değerlendirildiği testlerdir. Kopma mukavemeti, karışımın kopması için gerekli kuvveti hakkında fikir verirken, uzama yüzdesi ile kopma noktasına kadar ne derece uzadığı hakkında fikir vermektedir. %300 Modulus değeri de numunenin 3 katına uzaması için gerekli kuvveti göstermektedir. Tablo.8'de fizikomekaniksel testlerin sonuçlarına yer verilmiştir. Kopma mukavemeti en yüksek (161kg/cm²) N234 kullanılan reçetede ölçülürken, en düşük (92kg/cm²) N772 kullanılan reçetede ölçülmüştür. N220 kullanılan karışım en fazla (%753) uzarken, N550 en az (%614) uzama göstermiştir. En yüksek

modulus değeri (54 kg/cm^2) N234 de ölçülürken, N772 de en düşük (29 kg/cm^2) değer ölçülmüştür. Çalışılan karışımlara ait sertlik değerleri Şekil.2' de gösterilmiştir. En sert karışım N234 tane boyutlu reçetede (54 Shore A), en yumuşak karışım ise N772 tane boyutlu karışımda elde edilmiştir. Kompozit malzemeyi oluşturan kimyasal bileşen, partikül tane boyutu ve hacimsel oranı malzemenin mekanik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir [15].

Tablo 8. Fizikomekanik test sonuçları

Parametre	K220	K234	K326	K330	K375	K550	K660	K772
Kopma mukavemeti (kg/cm^2)	135	161	128	131	150	102,6	110	92
Uzama (%)	753	650	737	638	676	614	679	708
%300 Modulus (kg/cm^2)	33	53	32	47	54	50	42,5	29
Sertlik (<i>Shore A</i>)	58	62	52	56	59	53	49	45



Şekil 2. Farklı karışımlara ait S-SBR numunelerinin sertlik değerleri

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada; S-SBR kauçuk bazlı reçete formülasyonunda 8 farklı karbon siyahı denenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Reolojik testler, karışımın işlendiği ekstruder, kalender gibi proseslere uygunluğu ve pişirme preslerinde uygun süreyi belirlemek için önemli parametrelerdir. Genel olarak baktığımızda, tanecik büyüklüğü arttıkça ML ve MH değerlerinde azalma, t_{s2} ve t_{90} parametrelerinde birbirine yakın değerler ölçülmüştür.
2. Mooney Scorch değerleri karbon siyahı tane boyutuna bağlı olarak değişmektedir. Küçük tane boyutunda sahip karbonla daha akışkan özellikler gösterirken tam tersi etki en büyük tane boyutlu numunede elde edilmiştir.
3. Genel olarak, karbon siyahının tanecik boyutu arttıkça kopma, uzama, elastik modulus ve sertlik değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. N234, N326, N375, N772 gibi kümeleme yapıları karbonlar diğerlerine göre farklı etkiler göstermiştir.
4. Literatür kısmında Tablo 1'de bahsedilen aşınma dayanıklılığı gibi özelliklerden de faydalanılarak hedef ürün için gerekli karbon seçimi ve miktar ayarlaması yapılarak reçete oluşturulabilir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışmada kullanılan numuneler ve tüm deneyler ANLAS lastik fabrikasında yapılmıştır.

VI.KAYNAKLAR

- [1] V.Vahapoğlu, "Kauçuk türü malzemeler: sınıflandırma," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, ss.25-34,2013.
- [2] V. Deniz ve B. Karaağaç, "Lastik karışımlarında çinko bileşiklerinin ve yüksek aromatik içerikli yağların azaltılması," *Kauçuk Dergisi*, ss. 38-41, 2012.
- [3] H. Ö. Savran, *Elastomer Teknolojisi-2*, Kadıköy-İstanbul: Kauçuk Derneği Yayınları, 2001.
- [4] K. Pal, S. K. Pal, C. K. Das ve J. K. Kim, (2015, Dec 29). (*Elastomeric nanocomposites for tyre applications*,) [Online]. Available: <https://documents.pub/document/elastomeric-nanocomposites-for-tyre.html?page=1>
- [5] M. T. L. Janice, "Effect of sSBR composition, functionality on tire tread compound performance characteristics," *Rubber World*, vol. 256, no. 6, pp. 35-48, 2017.
- [6] H. Ö. Savran, *Elastomer Teknolojisi-1*, Kadıköy-İstanbul: Kauçuk Derneği Yayınları, 2001.
- [7] B. Rodgers, "Rubber Compounding," in *Chemistry and Applications*, 1st ed., Akron, Ohio,USA: The Goodyear&Rubber Company, 2004, pp. 131-420.
- [8] M. Edge, N. S. Allen, R. G. Sanchez, C. M. Liauw, S. J. Read and R. B. Whitehouse "The influence of cure and carbonblack on the high temperature oxidation of natural rubber I. Correlation of physico-chemical changes," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 64, no. 2, pp. 197-205, 1999.
- [9] S. S. Choi, C. Nah , S. Lee and C. Joo , "Effect of filler-filler interaction on rheological behaviour of natural rubber compounds filled with both carbon black and silica," *Polymer Int.*, vol. 52, no.1 p. 23-28, 2003.
- [10] M. J. Forrest, "Rubber Analysis-Polymer, Compounds and Products," in *Rapra Reweiv Reports*, 1st ed., vol. 12, New York, USA: Smithers Rapra Technology, 2001, pp. 12-50
- [11] P.A. Ciullo, "The Rubber Formulary," in *PDL Handbook Series*, 1st ed, New York, USA: Noyes Publications/ William Andrew Publishing, 1999, pp.10-43.
- [12] ICBA, (2021, Dec 29). [Online]. Available: <https://www.carbon-black.org/physical-properties>.
- [13] Continental Carbon, (2021, Dec 29). [Online]. Available: http://www.continentalcarbon.com/pdfs/What_Is_Carbon_Black.pdf.
- [14] X. Gong, H. Yin, M. Zhang ve Z. Lin, "Effects of in-situ reactive phenolic resin on shape memory performance of polynorbornene," *Journal of Applications Polymer Science*, vol. 138, no. 14, pp. 50143, 2020.
- [15] I. Uygur ve H. Saruhan, "Aluminyum esaslı Metal Matris kompozit malzemelerin mekanik özellikleri," *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 8, ss. 167-174, 2004.