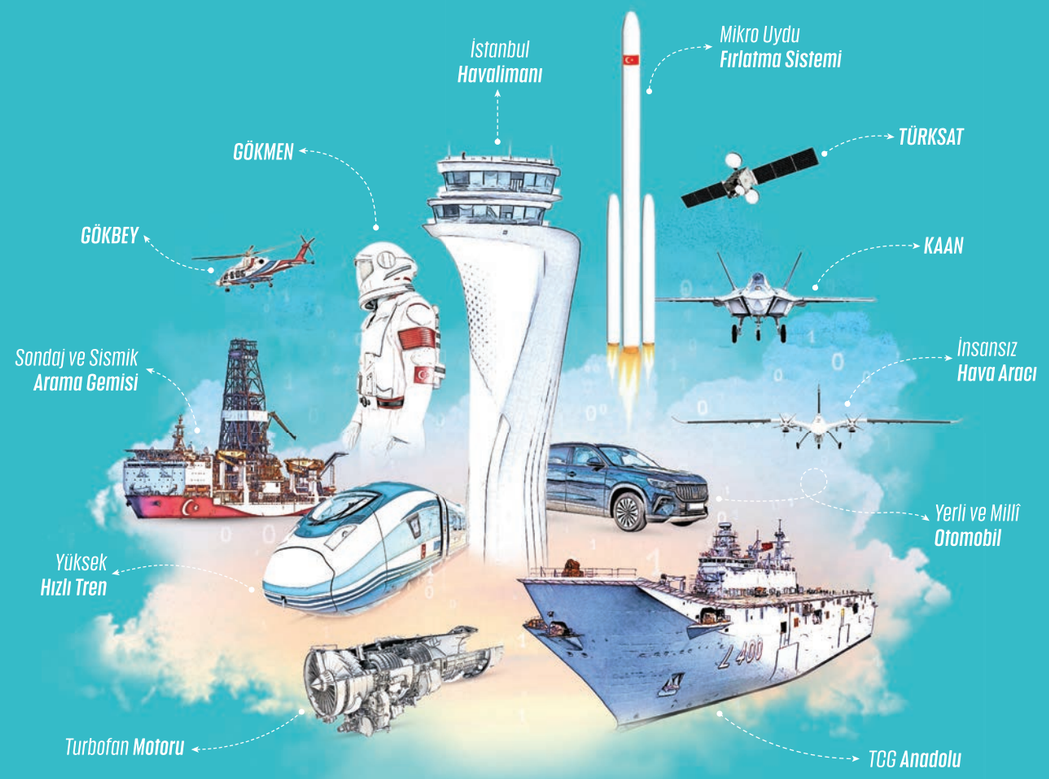
July 15, 2025 19:38:44

Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-7849-7

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI **LASTİK ÜRETİMİNE GİRİŞ** 11-12 DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

LASTİK ÜRETİMİNE GİRİŞ

11-12

DERS MATERYALİ



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

LASTİK ÜRETİMİNE GİRİŞ

11-12

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Emral EVREN
Levent GÜZEL
Mehmet İlhami ATAMAN

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....:9447
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....:3107

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı
Hüseyin KAPSON

Program Geliştirme Uzmanı
Pelin KILIÇ ÇOLAK

Rehberlik Uzmanı
Serpil GÜLER

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Fatma YILMAZ

Görsel Tasarım Uzmanı
Asiye Canan KELEŞ
Burcu ÖZTÜRK

ISBN: 978-975-11-7849-7

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI
Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

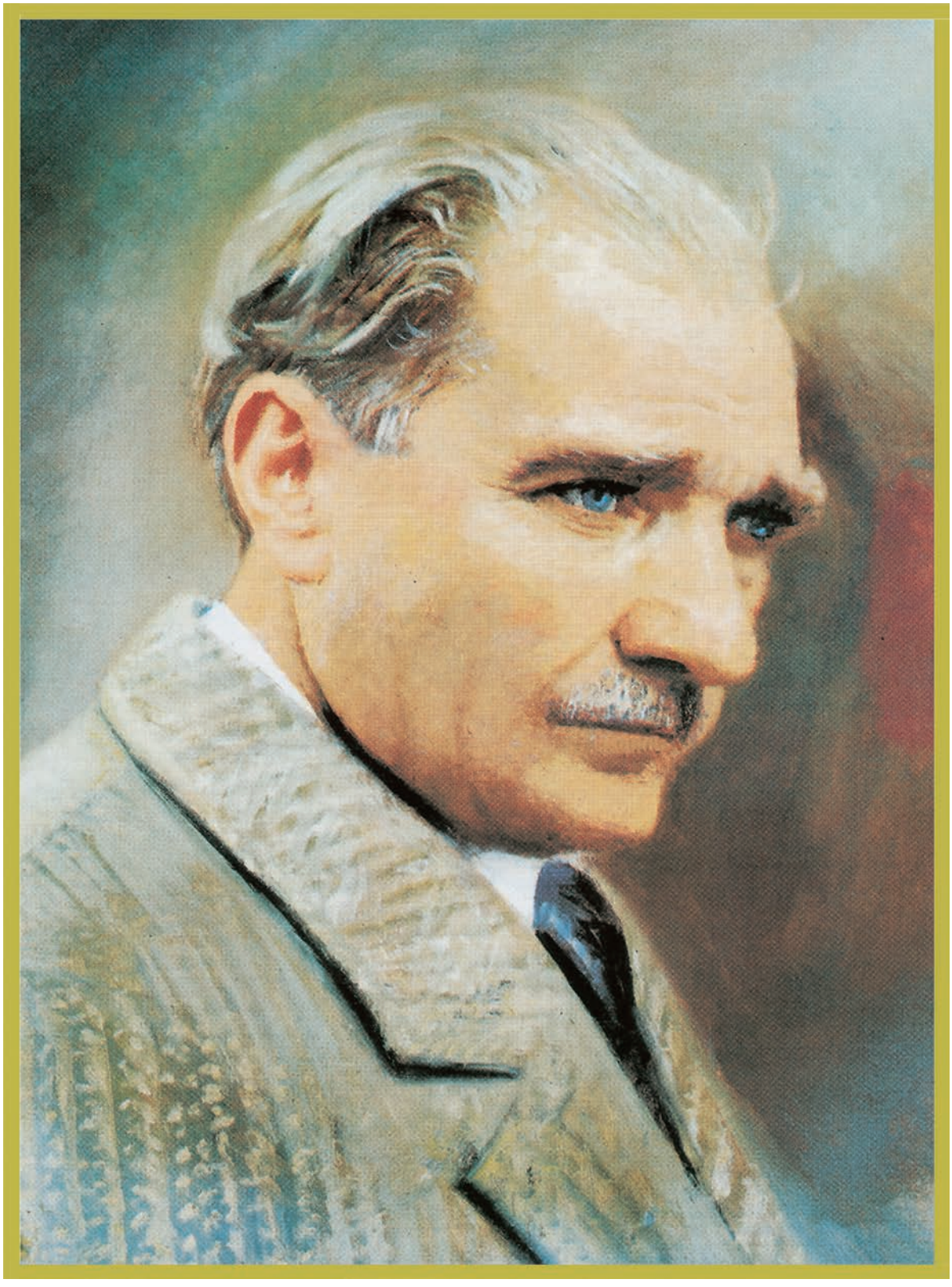
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

DERS MATERYALİNİN TANITIMI....11
LABORATUVAR GÜVENLİK İŞARETLERİ....13

1

1. ÖĞRENME BİRİMİ: DOĞAL KAUÇUK ÖZELLİKLERİ VE TESTLERİ....14
1.1. DOĞAL KAUÇUKTA NEM VE KÜL TAYİNİ....16
1.1.1. Doğal Kauçukta Nem Tayini....17
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....19
1.1.2. Doğal Kauçukta Kül Tayini....20
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....21
1.2. DOĞAL KAUÇUKTA YAĞ VE KİRLİLİK TESTİ....22
1.2.1. Yağ Testi....22
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....24
1.2.2. Kirlilik Testi....25
4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....26
1.3. DOĞAL KAUÇUKTA VİSKOZİTE MOONEY TESTİ....27
5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....29
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....30

2

2. ÖĞRENME BİRİMİ: SENTETİK KAUÇUKLARIN ÖZELLİKLERİ VE TESTLERİ....32
2.1. SENTETİK KAUÇUKLARDA NEM VE KÜL TAYİNİ....34
2.1.1. Sentetik Kauçuklarda Nem Tayini....34
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....36
2.1.2. Sentetik Kauçuklarda Kül Tayini....37
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....38
2.2. ETA EKSTRAKSİYONU....39
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....41
2.3. SENTETİK KAUÇUKLARDA VİSKOZİTE MOONEY TESTİ....42
4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....44
2.4. REOLOJİK KONTROL....45
5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....49
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....50

3

3. ÖĞRENME BİRİMİ: KARBON KARASI TESTLERİ....52
3.1. KARBON KARASINDA ELEK ARTIĞI ANALİZİ....54
3.1.1. Karbon Karası Üretim Yöntemleri....54
3.1.2. Karbon Karasının Yapısı ve Yapının Özellikleri Üzerine Etkisi....56
3.1.3. Karbon Karasının Sınıflandırılması....57
3.1.4. Karbon Karası Elek Analizi Uygulaması....58
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....61
3.2. KARBON KARASI DAĞILIMININ MİKROSKOPLA TAYİNİ....62
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....63
3.3. DİBÜTİLFTALAT (DBP) ABSORBSİYONU....64
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....66
3.4. KARBON KARASINDA İYOT ADSORPSİYONU....67
3.4.1. İyot Adsorpsiyon Testinde Kullanılan Standart Çözeltiler ve Hazırlanışları....69
4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....70
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....72

4

4. ÖĞRENME BİRİMİ: YUMUŞATICILAR VE TESTLERİ....74
4.1. SU MİKTARI TAYİNİ....76
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....78
4.2. YOĞUNLUK TAYİNİ....79
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....82
4.3. VİSKOZİTE TAYİNİ....83
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....86
4.4. ALEVLENME NOKTASI TAYİNİ....87
4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....89

4.5. ANİLİN NOKTASI TAYİNİ....90
5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....91
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....92

5. ÖĞRENME BİRİMİ: REÇİNELER, YAVAŞLATICILAR VE TESTLERİ....94
5.1. REÇİNELERDE ERİME NOKTASI TAYİNİ....96
5.1.1. Aktivatörler ve Hızlandırıcılar....96
5.1.2. Beyaz Dolgu Maddeleri....97
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....99
5.2. YAVAŞLATICILARDA DONMA NOKTASI TAYİNİ....100
5.2.1. Lastiğin Pişirilmesi (Vulkanizasyon) ve Pişiriciler....101
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....103
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....104

6. ÖĞRENME BİRİMİ: ÇELİK KORD....106
6.1. ÇELİK KORDUN BİR METRESİNİN KÜTLESİ....108
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....109
6.2. ÇAP TAYİNİ....110
6.2.1. Kumpas....112
6.2.2. Mikrometre....114
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....117
6.3. ADIM SAYISI....118
6.4. ÇELİK KORDUN KOPMA TESTİ, SİNİRLİLİK VE DOĞRUSALLIK TAYİNİ....121
6.4.1. Doğrusallık Tayini....121
6.4.2. Sinirlilik Tayini....122
6.4.3. Kopma-Uzama Testi....122
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....124
6.5. ÇELİK KORDUN LASTİĞE YAPIŞMA TESTİ VE ÇELİK KORDLARDA BAKIR TAYİNİ....125
6.5.1. Çelik Kordun Kauçuğa Yapışma Testi....125
6.5.2. Çelik Kordlarda Bakır Tayini....125
4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....127
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....128

7. ÖĞRENME BİRİMİ: KORD BEZİ....130
7.1. KORD BEZİNİN KARIŞIMA YAPIŞMA TESTİ....132
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....134
7.2. KORD BEZİNİN KOPMA BÜKÜM TESTİ....135
7.2.1. Kord İpliğinin Yapısı....136
7.2.2. Kord İpliğinde Büküm Sayısının Belirlenmesi....137
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....140
7.3. KORD BEZİNİN KISALMA ORANI VE YAPI TAYİNİ....141
7.3.1. Termal Büzülme Testi....141
7.3.2. Kord Bezinde Yapı Tayini....142
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....143
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....144

CEVAP ANAHTARLARI....146
KAYNAKÇA....153

Öğrenme biriminin adını ve numarasını gösterir.

Öğrenme birimine giriş görselini gösterir.



Öğrenme biriminde öğrenilecek konuları gösterir.

Öğrenme birimi hazırlık sorusu ve buna ait görseli gösterir.

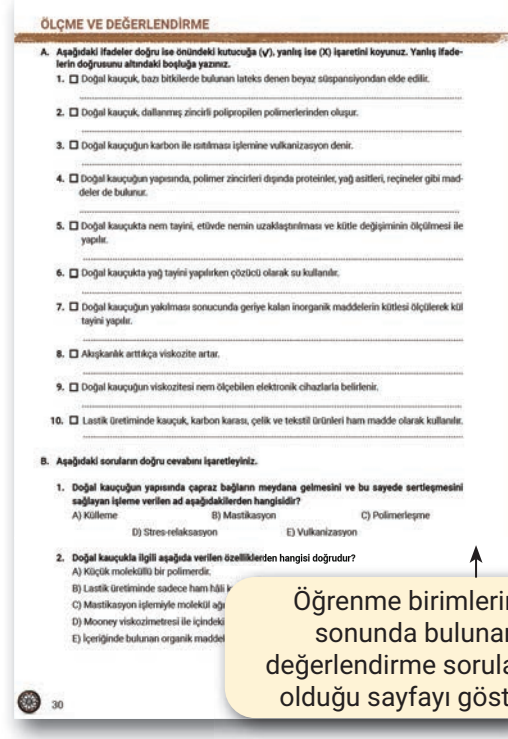
Öğrenme birimi tanıtım yazısını gösterir.

Bölüm görselini gösterir.

Bölüm adını ve numarasını gösterir.



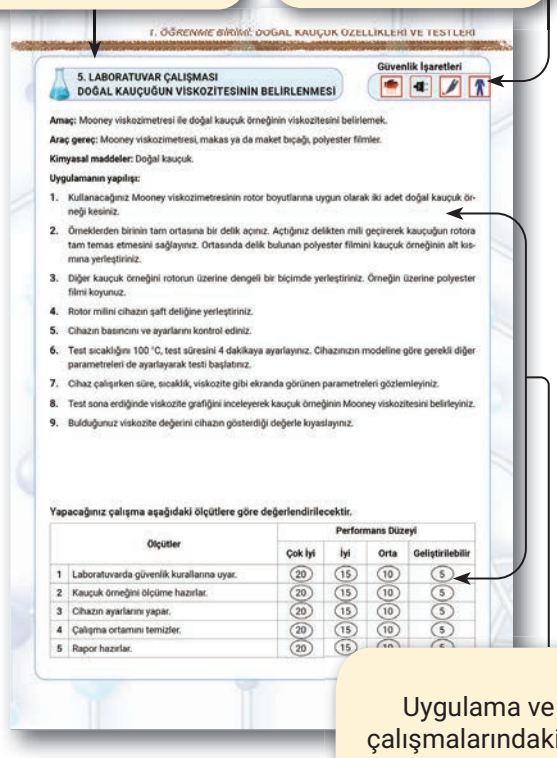
Sayfa numarasını gösterir.



Öğrenme birimlerinin sonunda bulunan değerlendirme sorularının olduğu sayfayı gösterir.

Uygulama ve laboratuvar çalışmalarının adını gösterir.

Güvenlik işaretlerini gösterir.



1. ÖĞRENME BİRİMİ: DOĞAL KAUÇUK ÖZELLİKLERİ VE TESTLERİ

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DOĞAL KAUÇUĞUN VİSKOZİTESİNİN BELİRLENMESİ

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Mooney viskozimetresi ile doğal kauçuk örneğinin viskozitesini belirlemek.

Araç gereç: Mooney viskozimetresi, makas ya da maket bıçağı, polyester filmler.

Kimyasal maddeler: Doğal kauçuk.

Uygulamanın yapılışı:

1. Kullanacağınız Mooney viskozimetresinin rotor boyutlarına uygun olarak iki adet doğal kauçuk örneği kesiniz.
2. Örneklerden birinin tam ortasına bir delik açınız. Açtığınız delikten mili geçirerek kauçuğun rotora tam temas etmesini sağlayınız. Ortasında delik bulunan polyester filmini kauçuk örneğinin alt kısmına yerleştiriniz.
3. Diğer kauçuk örneğini rotorun üzerine dengeli bir biçimde yerleştiriniz. Örneğin üzerine polyester filmi koyunuz.
4. Rotor milini cihazın şaft deliğine yerleştiriniz.
5. Cihazın basıncını ve ayarlarını kontrol ediniz.
6. Test sıcaklığını 100 °C, test süresini 4 dakikaya ayarlayınız. Cihazınızın modeline göre gerekli diğer parametreleri de ayarlayarak testi başlatınız.
7. Cihaz çalışırken süre, sıcaklık, viskozite gibi ekranda görünen parametreleri gözlemleyiniz.
8. Test sona erdiğinde viskozite grafiğini inceleyerek kauçuk örneğinin Mooney viskozitesini belirleyiniz.
9. Bulduğunuz viskozite değerini cihazın gösterdiği değerle kıyaslayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Ölçütler	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kauçuk örneğini ölçüme hazırlar.	20	15	10	5
3	Cihazın ayarlarını yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

Uygulama ve laboratuvar çalışmalarındaki yönergeleri ve değerlendirme bölümünü gösterir.

Meraklısına

Kazanımlarla ilgili merak edilen, ilgi çekici bilgileri içerir.

Örnek

Kazanımlarla ilgili öğrenilenleri pekiştirmek amacıyla hazırlanmış örnekler bulunur.

Sıra Sizde

Konunun hemen arkasından konuyu pekiştirmek amacıyla hazırlanan sorular yer alır.

Bilgi Kutusu

Kazanımlarla ilgili ek bilgilerin verildiği bölümdür.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇASI

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2132

Karekodu okutarak genel ağ kaynakçasına ve görsel kaynakçaya ulaşabilirsiniz.

Genel ağ kaynakçası ve görsel kaynakçasına ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.



Korozif (aşındırıcı) madde



Patlayıcı madde



Tahriş edici madde



Basınçlı tüp



Yanıcı madde



Yakıcı (oksitleyici) madde



Çevreye zararlı madde



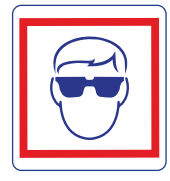
Zehirli (toksik) madde



Kesici cisim güvenliği



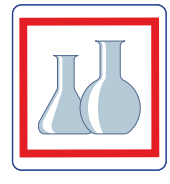
Isı güvenliği



Göz güvenliği



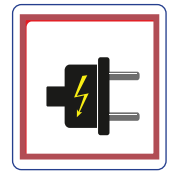
Elbise güvenliği



Kırılabilir cam güvenliği



Sıcak cisim güvenliği



Elektrik güvenliği



Maske güvenliği

1. ÖĞRENME BİRİMİ

DOĞAL KAUÇUK ÖZELLİKLERİ VE TESTLERİ



KONULAR

1.1. DOĞAL KAUÇUKTA NEM VE KÜL TAYİNİ

1.2. DOĞAL KAUÇUKTA YAĞ VE KİRLİLİK TESTİ

1.3. DOĞAL KAUÇUKTA VİSKOZİTE MOONEY TESTİ

Bu öğrenme biriminde, doğal kauçuktan elde edilen ve lastik üretiminde ham madde olarak kullanılan numunelerin nem, kül, yağ, kirlilik ve viskozite Mooney testlerinin nasıl yapıldığını öğreneceksiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI



Lastik üretiminde neden kauçuk kullanılmıştır? Bu konudaki düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

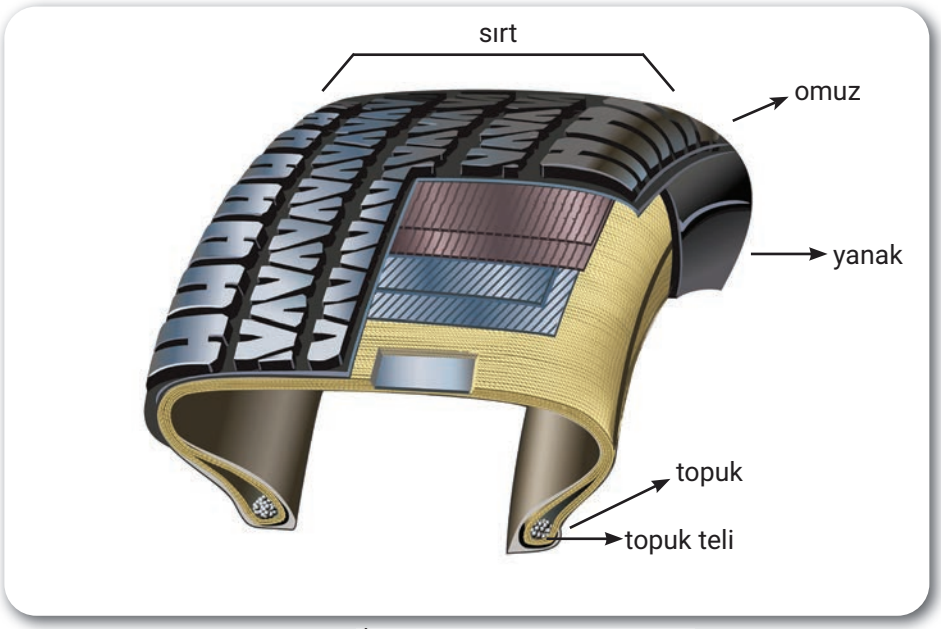
LASTİK NEDİR?

Bir aracın yükünü yere aktaran, hareket ettiği yüzeyde çekiş sağlamak için kullanılan, genellikle basınçlı hava ile doldurulmuş (pnömatik) kauçuktan halka şeklinde üretilen bileşenlere **lastik** denir. İlk pnömatik lastik, üç tekerli bisiklet için 1888 yılında John Boyd Dunlop (Con Boy Dınlap) tarafından kauçukla kaplanmış çadır bezinden üretilir. 1898 yılında George Goodyear (Corç Gudyır), kauçuğun kükürtle ısıtılarak özelliklerinin iyileştirildiği vulkanizasyon yöntemini keşfeder. Fritz Hofmann (Fritz Hafmın), 1909 yılında bütadieni polimerleştirerek ilk sentetik kauçuk olan polibütadieni elde etmeyi başarır. İlerleyen yıllarda sentetik kauçuk, doğal kauçukla birlikte lastik üretiminde kullanılan temel ham madde hâline gelir.

20. yüzyılın başlarından itibaren otomotiv sektöründe yaşanan hızlı gelişmeye paralel olarak pnömatik lastiklere duyulan ihtiyaç hızla artar. Artan talep, lastik üretim teknolojilerinin de hızla gelişmesini sağlar.

Lastikler, temel olarak kullanım amacına ve lastikte kullanıldığı bölgeye göre özel üretilmiş kauçuğun üst üste sarılması ile elde edilir. Lastik üretiminde, lastiğin dayanımını artırmak için kauçuğun yanında kumaş, çelik bantlar ve çelik teller de kullanılır.

Lastikler, ilk üretildiği yıllarda ayrıyeten bir iç lastiğe sahipti ve lastik gövdesini oluşturan katmanlar, dönme ekseninin yönünde ve birbirini çapraz kesecek biçimde (çapraz lastik) sarılırdı. Günümüzde kullanılan lastiklerde ise genellikle bir iç lastik bulunmaz ve hava, jant ile lastik arasına doldurulur. Lastik gövdesini oluşturan katmanlar, dönme eksenine dik ve birbiriyle paralel şekilde sarılır. Bu tip lastiklere **radyal lastik** denir (Görsel 1.1).



Görsel 1.1: İç lastiksiz radyal lastiğin yapısı

Lastik üretiminde, temel ham madde olarak doğal ve sentetik kauçuk, kükürt, karbon karası, plastikleştirici, güçlendirici ve koruyucu kimyasallar kullanılır. Ayrıca lastiğin türüne göre tekstil veya çelik kuşak ile çelik tel de lastik üretimi için gereklidir. Oluşan gözeneklerden hava çıkışı olacağı için lastiğin iç kısmında doğal kauçuk kullanılmaz. Doğal kauçuk, elastikiyeti az ve kırılgan özellikte olduğu için lastiğin sırt ve yanak kısmında az miktarda kullanılabilir ancak kord bezinin kaplandığı yerde dayanıklılığın artırılması için fazlaca kullanılır.



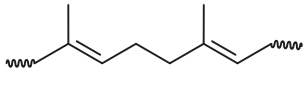
1.1. DOĞAL KAUÇUKTA NEM VE KÜL TAYİNİ

Kauçuk, endüstride ve günlük hayatta önemli kullanım alanı olan birçok malzemenin ham maddesidir. İzolasyon malzemeleri, otomotiv parçaları ile makine hortum ve contalarının yapımında; gıda, giyim ve sağlık gibi çeşitli sektörlerde kullanılır.

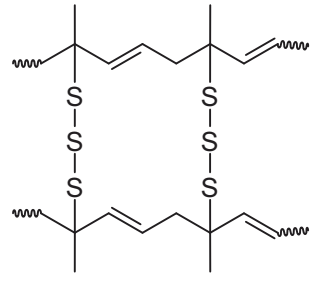
Çiçekli bitkilerin yaklaşık %10'unda bulunan, daha çok otçul böceklere karşı savunmayı sağlayan, süt görünümlü maddeye **lateks** adı verilir. Kauçuk ağacında da lateks vardır. Kauçuk ağacından elde edilen lateksin içeriğinde kauçuğun yanı sıra proteinler, nem ve inorganik maddeler bulunur. Lateks, içeriğinde bulunan kauçuğun elde edilmesi için koagülasyon (pıhtılaştırma), haddeleme, durulama, kurutma, fırında dumanlama (küf oluşumunu engellemek için), presleme gibi işlemlerden geçirilir.

Doğal kauçuk (cis-poliizopren), düz zincirli bir polimerdir (Şekil 1.1). Kuvvet etkisinde uzayabilen ve kuvvet etkisi kalkınca tekrar eski hâline dönebilme özelliği taşıyan bir malzeme olduğu için elastomer sınıfında yer alır. Elastomer sınıfında olmasından dolayı kullanıma uygun hâle gelebilmesi için öncelikle bir takım işlemlerden geçirilir.

Doğal kauçuğun kükürt ile ısıtılması sonucunda polimer zincirleri arasında çapraz bağlar oluşur. Yapılan bu işleme **vulkanizasyon**, oluşan kauçuğa ise **vulkanize kauçuk** denir (Şekil 1.2). Vulkanizasyon işlemi kauçuğun sertleşmesini sağlar.



Şekil 1.1: Doğal kauçuk



Şekil 1.2: Vulkanize kauçuk

Vulkanizasyon sonucu oluşan kauçuğun içerisinde ortalama %16-17 oranında kükürt varsa elde edilen ürüne **lastik** adı verilir. Kauçuğun içeriğindeki kükürt oranı arttırılırsa **ebonit** elde edilir.

Kauçuğun yapısında bulunan nem ve kül yüzdesinin belirlenmesi de kauçuğa, ham madde olarak kullanılmadan önce uygulanan işlemlerdendir.

1.1.1. Doğal Kauçukta Nem Tayini

Kauçuğun yapısı kısmen higroskopik (nem çekici) özelliktedir. Kauçuğun kullanım ömrüne yapısındaki nem oranının etkisi vardır. Bu nedenle üretim öncesindeki önemli bir kontrol parametresi de kauçuğun yapısında bulunan nem miktarının tayinidir. Günümüzde doğal kauçuğun yapısında bulunan nem, elektronik nem dedektörleri yardımı ile ppm seviyesinde ölçülebilmektedir.

Laboratuvar ortamında, doğal kauçukta bulunan nem miktarının tayini ve nemin uzaklaştırılması için etüvler kullanılır. Doğal kauçuk numunesinin miktarı, etüv sıcaklığı ve etüvde ısıtılma süresi önemlidir. Nem uzaklaştırma işlemi sırasında numunenin yapısının bozulmamasına dikkat edilir.

Numune, işlem görmeden önce ve nemi uzaklaştırıldıktan sonra tartılır. Aradaki kütle farkı nem miktarını verir. Numunede bulunan nem yüzdesi,

$$\text{nem yüzdesi} = \frac{\text{numunedeki nemin kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Tartım işleminde yapılabilecek ölçüm hatalarının en aza indirilmesi önemlidir. Bu nedenle numunenin son tartım işlemi, numune oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra yapılmalıdır. Soğutma işlemi, numunenin tekrar havadan nem kapmasını engellemek için desikatörlerde yapılmalıdır. Vakumlu desikatörlerin kullanılması soğutma işleminin daha hızlı yapılmasını sağlar.

Örnek

25 gramlık doğal kauçuk numunesinin kütlesi, numune uygun koşullarda etüvde yeterince bekletildiğinde 24,75 gram olarak ölçülmüştür.

Buna göre numunedeki nemin yüzdesini hesaplayınız.

Çözüm: Numunede 25 - 24,75 = 0,25 gram nem vardır.

$$\text{nem yüzdesi} = \frac{\text{numunedeki nemin kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$

$$\text{nem yüzdesi} = \frac{0{,}25}{25} \times 100$$

nem yüzdesi =1 Nem yüzdesi, %1 olarak bulunur.

1. Sıra Sizde

Bir kauçuk numunesinin nemi uzaklaştırılmak isteniyor. Uzaklaştırılan nemin kütlesi 4 gram olarak ölçülüyor. **Kauçukta %2 nem olduğu bilindiğine göre ilk kauçuk numunesinin kütlesini hesaplayınız.**

Meraklısına

LASTİĞİN TARİHÇESİ

Lastiğin tarihini anlayabilmek için tekerleğin tarihinden bahsetmek gerekir. İlk tekerlekler tarım devrimiyle birlikte günümüzden yaklaşık 5000 yıl önce ortaya çıktı.



Eski tekerlekler çoğunlukla ahşaptan yapılıyordu. Ahşap çabuk yıpranıyor, tekerin dairesel formu bozuluyor ya da kırılıyordu. Bu nedenle tekerlekler deri ile sarılmaya başlandı. Deri, tekeri koruyor ve sürüş konforunu artırıyordu ama oldukça hızlı aşınıyordu. Zaman ilerledikçe ahşap tekerlekler önceleri demir, daha sonraki dönemlerde çelik bir bant ile sarıldı.

1800'lü yılların başlarında ham kauçuktan içi dolu ilk lastikler üretilmeye başlandı. Ancak bu lastikler ağır olduğu için hızlı hareket etmeye uygun değildi. Üstelik ham kauçuğun mekanik özellikleri sıcaklıkla önemli oranda değişiyordu. 1845 yılında kauçuğun vulkanizasyonu, pnömotik lastiklerin keşfine imkân verdi. Ticari açıdan başarıya ulaşan ilk pnömatik lastik patenti 1888 yılında alındı.



Pnömatik lastikler, 1895 yılında Paris'te yapılan bir otomobil yarışında kullanılınca otomobil üreticilerinden büyük ilgi gördü ve hızla yaygınlaştı. Lastik sırtı, 1905 yılında daha kalın kauçuktan üretildi ve sırt desenleri ortaya çıkarıldı. Sentetik kauçuk, 1931 yılından itibaren endüstriyel ölçekte üretilmeye ve lastik üretiminde kullanılmaya başlandı. 1946 yılında yakıt tasarrufu sağlayan ve sürüş güvenliğini artıran radyal lastiklerin patenti alındı. 1947 yılında ise iç lastiği olmayan lastiklerin patenti alındı. 1970 ve 1980'li yıllarda artan yakıt fiyatları nedeniyle enerji tasarruflu ve daha güvenli lastiklerin üretilmesi için çalışıldı.

Günümüzde bazı lastik üreticileri, başladıkları noktaya geri döndüler ve tekrar pnömatik olmayan içi dolu ancak hafif lastikler üzerinde çalışmaya başladılar. Geleceğin lastikleri için bir diğer önemli mesele kullanılan ham maddelerin doğa dostu ve yüksek oranda geri dönüştürülebilir olmasıdır.

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DOĞAL KAUÇUKTA NEM TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Doğal kauçuk örneği içerisindeki nemin yüzdesini belirlemek.

Araç Gereç: Maket bıçağı, desikatör, etüv, hassas terazi, saat camı, maşa.

Kimyasal Maddeler: Doğal kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Saat camını sabit tartıma getirip kütlesini (g_1) not ediniz.
2. Yaklaşık 10 gram doğal kauçuk örneğini maket bıçağı ile küçük parçalara ayırınız.
3. Küçük parçalara ayırdığınız numuneyi tartarak kütlesini (g_2) not ediniz.
4. Tarttığınız numuneyi saat camına koyarak 110 °C sıcaklığa ayarlanmış etüv içerisinde iki saat kurutunuz.
5. Kuruttuğunuz numuneyi etüvden alarak desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutunuz.
6. Soğuttuğunuz numuneyi tartıp, bulduğunuz sonuçtan saat camının kütlesini (g_1) çıkararak nemi uzaklaştırılmış numunenin kütlesini (g_3) not ediniz.
7. Kauçuk numunesindeki yüzde nem oranını aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayınız.

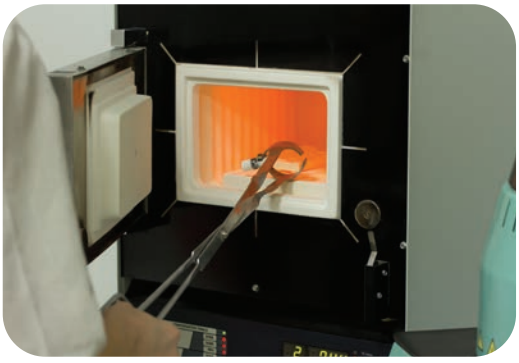
$$\%nem = \frac{g_2 - g_3}{g_2} \times 100$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kurutma işlemini yapar.	20	15	10	5
3	Kütle ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

1.1.2. Doğal Kauçukta Kül Tayini

Kauçuğun kalitesini belirlemek için yapılan bir diğer işlem de kül testidir. Kauçuğun içeriğinde bulunan organik maddeler yandıklarında kül bırakmaz. Kül miktarının tayini, doğal kauçuk içerisinde bulunan inorganik maddelerin belirlenmesini sağlar. Kauçuğun içerdiği kül miktarı; kullanım öncesi kauçuğun kalitesi, performansı ve yapısında bulunan karbon miktarı hakkında bilgi verir. İçerdiği kül miktarını belirlemek için önceden darası alınmış bir krozede kütlesi ölçülmüş kauçuk numunesi, 800 °C sıcaklığa kadar kül fırınında kızdırılır (Görsel 1.2). Kızdırılmış numune, desikatörde soğutulduktan sonra tartılır. Numunedeki kül yüzdesi,



Görsel 1.2: Kül fırını

$$\text{kül yüzdesi} = \frac{\text{numunedeki külün kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Örnek

Kütlesi 50 gram olan kauçuk numunesinin içeriğindeki kül yüzdesinin tayin edilmesi isteniyor. Kauçuk numunesi ön yakma işleminin ardından kül fırınında yeterli süre bekletildikten sonra oluşan külün kütlesi 7,5 gram olarak ölçülüyor. **Buna göre numunenin kül yüzdesini hesaplayınız.**

Çözüm

$$\text{kül yüzdesi} = \frac{\text{numunedeki külün kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$ formülü kullanılır.

$$\text{kül yüzdesi} = \frac{7,5}{50} \times 100$$

kül yüzdesi = 15 Kül yüzdesi, %15 olarak bulunur.

2. Sıra Sizde

Bir kauçuk numunesi 800 °C sıcaklığa ayarlanmış kül fırınında yeterli süre bekletiliyor. Numuneden geriye kalan kül kütlesi 10 gram olarak bulunuyor. **Kauçuk numunesinin içerisindeki kül miktarı numunenin %10'u ise numunenin kütlesini hesaplayınız.**

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DOĞAL KAUÇUKTA KÜL ANALİZİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Doğal kauçuk örneğinde kül oranını belirlemek.

Araç Gereç: Maket bıçağı, desikatör, etüv, hassas terazi, porselen kroze, kül fırını, maşa.

Kimyasal Maddeler: Doğal kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Porselen krozeyi sabit tartıma getirip kütlesini ölçerek (g_1) not ediniz.
2. Yaklaşık 2 gram doğal kauçuk örneğini maket bıçağı ile küçük parçalara ayırınız.
3. Küçük parçalara ayırdığınız numuneyi tartıp kütlesini (g_2) not ediniz.
4. Tarttığınız numuneyi kroze içine koyarak bek alevi ile dikkatli bir şekilde yakınız.
5. Ön yakma işleminden geçirdiğiniz kroze içindeki numuneyi 800 °C sıcaklığa ayarlanmış kül fırınına koyarak yaklaşık yarım saat kızdırınız.
6. Krozeyi kül fırınından alarak desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutunuz.
7. İçinde kül bulunan krozeyi tekrar tartıp kütlesini (g_3) not ediniz.
8. Kauçuk numunesindeki yüzde kül oranını aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayınız.

$$\%kül = \frac{g_3 - g_1}{g_2} \times 100$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Ölçütler	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Isıtma işlemini yapar.	20	15	10	5
3	Kütle ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



1.2. DOĞAL KAUÇUKTA YAĞ VE KİRLİLİK TESTİ

Doğal kauçuğun kimyasal kompozisyonunda yer alan maddeler kauçuğun fiziksel özelliklerini etkiler. Bu nedenle doğal kauçuk tabakaları, kullanım öncesi yağ ve kirlilik testlerinden geçirilir.

1.2.1. Yağ Testi

Kauçuğun içerisinde bulunan yağ asitlerinin kauçuğun fiziksel özelliklerine önemli oranda etkisi vardır. Bu nedenle doğal kauçuk içerisindeki yağ miktarının belirlenmesi gerekir. Yağ miktarının belirlenmesi için yağın yağ asitlerini çözen ancak kauçuğu çözmeyen uygun bir çözücü içerisinde çözdürülerek kauçuktan uzaklaştırılması gerekir. Bu işlem için çözücü olarak aseton kullanılır. Aseton ile geri soğutucu altında ekstrakte edilerek yağdan arındırılan kauçuk süzülüp kurutulduktan sonra kütlesi belirlenir. Numunenin ilk ölçülen kütlesi ile son ölçülen kütlesi arasındaki fark yağ kütlesidir. Numunedeki yağ yüzdesi,

$$\text{yağ yüzdesi} = \frac{\text{yağ kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Örnek

Kütlesi 120 gram olan doğal kauçuk numunesinin içerisindeki yağ yüzdesinin tayin edilmesi isteniyor. Kauçuk numunesi yeterli miktarda aseton ile geri soğutucu altında bir süre ekstrakte ediliyor. Süzülerek yağdan arındırılan kauçuk miktarı 114 gram olarak tartılıyor. **Buna göre numunenin yağ yüzdesini hesaplayınız.**

Çözüm: yağ kütlesi = başlangıçtaki numune kütlesi - asetonla ısıtılıp süzülen kauçuk kütlesi

yağ kütlesi = 120 - 114 Yağ kütlesi, 6 gram olarak bulunur.

$$\text{yağ yüzdesi} = \frac{\text{yağ kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$

$$\text{yağ yüzdesi} = \frac{6}{120} \times 100 \qquad \text{yağ yüzdesi} = 5$$ Numune, %5 yağ içerir.

3. Sıra Sizde

Kütlesi 400 gram olan doğal kauçuk numunesinin içerisindeki yağ yüzdesinin belirlenmesi isteniyor. Geri soğutucu altında yeterli miktarda aseton ilavesiyle bir süre ekstrakte edilen doğal kauçuk numunesinden süzülerek ayrılan yağ miktarı 80 gram olarak ölçülüyor. **Buna göre numunenin yağ yüzdesini hesaplayınız.**

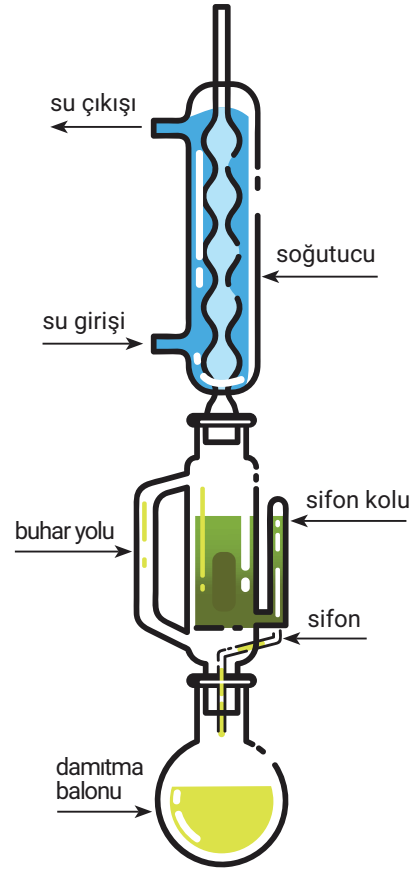
Bilgi Kutusu

SOXHLET EKSTRAKTÖRÜ

Soxhlet ekstraktörü, bir Alman tarım kimyageri olan Franz von Soxhlet (Fıranz fon Saksilit) tarafından icat edilmiş bir laboratuvar cihazıdır. Katı bir numunedeki yağı elde etmek için tasarlanmıştır.

Katı deney numunesi, filtre kâğıdından bir yüksük içinde Soxhlet ekstraktörüne konur. İşlemin gerçekleşmesi için ekstraktöre çözücü içeren kaynatma balonu ve geri soğutucu bağlanır. Kaynatma balonu ısıtıldığında çözücü buharı damıtma yolundan geçerek geri soğutucuya ulaşır. Geri soğutucuda sıvı hâle dönen çözücü numunenin üzerine dökülür. Numuneyi içeren bu hazne çözücü ile tamamen dolduğunda bypass kolunun üst seviyesine ulaşır. Haznede biriken çözücü, bu anda sifon etkisi ile sifon çıkışından kaynatma balonuna döner. Gerçekleşen bu döngü geri akım olarak adlandırılır. Geri akım ekstraksiyon işlemi boyunca sürekli tekrar eder ancak çözücü içinde çözünmüş yağ bu döngüye katılmaz.

Bir katı maddedeki yağın geri soğutucu altında kaynatma balonu içerisinde kaynatılmasıyla yapılan ekstraksiyonda, zaman geçtikçe çözücü içinde artan yağ derişimi verimi düşürür. Oysa Soxhlet ekstraktöründe ektraksiyon işlemi daima saf çözücü ile yapıldığı için verim çok daha yüksek olacaktır.



3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DOĞAL KAUÇUKTA YAĞ ANALİZİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Doğal kauçuk örneği içerisindeki yağ yüzdesini belirlemek.

Araç Gereç: Maket bıçağı, desikatör, etüv, maşa, hassas terazi, saat camı, kaynatma balonu (100 mL), geri soğutucu, mezür, süzgeç kâğıdı, huni, spor düzeneği, bağlantı parçaları ve halka.

Kimyasal Maddeler: Aseton, doğal kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Yaklaşık 10 gram doğal kauçuk örneğini maket bıçağı ile küçük parçalara ayırıp saat camına koyunuz.
2. Saat camındaki numuneyi 110 °C sıcaklığa ayarlanmış etüv içerisinde iki saat kurutunuz.
3. Kuruttuğunuz numuneyi etüvden alarak desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutunuz.
4. Soğuttuğunuz numuneyi tartıp kütlesini (g_1) not ediniz.
5. Tarttığınız numuneyi kaynatma balonuna koyarak üzerine 50 mL aseton ilave ediniz.
6. Kaynatma balonundaki karışımı geri soğutucu altında bir saat ısıtınız.
7. Kauçuğu, düzeneğin soğumasını bekledikten sonra, çözücüden süzerek ayırınız.
8. Kauçuğu, 110 °C sıcaklığa ayarlanmış etüv içerisinde bir saat kurutunuz.
9. Kauçuk numunesini desikatör içerisine alarak oda sıcaklığına kadar soğumasını bekleyiniz.
10. Kauçuk numunesini tekrar tartıp kütlesini (g_2) not ediniz.
11. Kauçuk numunesindeki yüzde yağ oranını aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayınız.

$$\%\text{yağ} = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \times 100$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Ölçütler	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kurutma işlemini yapar.	20	15	10	5
3	Kütle ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

1.2.2. Kirlilik Testi

Doğal kauçuğun kimyasal bileşiminde bulunmaması gereken ancak üretim sürecinde içerisine karışan maddeler **kir** olarak sınıflandırılır. Doğal kauçuk, içeriğindeki kirlilik miktarını belirlemek için ksenon içerisinde çözdürülür. Ksenon, doğal kauçuğu çözer ancak yabancı maddelere etki etmez. Hazırlanan çözelti süzülür. Süzgeç kâğıdında kalan madde tartılır. Tartım sonuçlarından yararlanılarak doğal kauçuğun on binde kirlilik oranı,

$$\text{on binde kirlilik} = \frac{\text{kir kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 10000$$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Örnek

Kütlesi 120 gram olan doğal kauçuk numunesinin kirlilik oranının belirlenmesi gerekmektedir. Yeterli miktarda ksenon içinde çözünen kauçuk numunesinden çözünmeden kalan kir miktarı 0,3 gramdır. **Buna göre numunenin on binde kirlilik oranını hesaplayınız.**

$$\text{on binde kirlilik} = \frac{\text{kir kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 10000$$

$$\text{on binde kirlilik} = \frac{0,3}{120} \times 10000$$

on binde kirlilik = 25 On binde kirlilik, 25 olarak bulunur.

4. Sıra Sizde

Kütlesi 250 gram olan doğal kauçuk numunesinin kirlilik oranının belirlenmesi isteniyor. Yeterli miktarda ksenon içinde çözünen kauçuk numunesinden çözünmeden kalan kir miktarı 0,4 gram olarak bulunuyor. **Buna göre numunenin on binde kirlilik oranını hesaplayınız.**

5. Sıra Sizde

Kütlesi 100 gram olan doğal kauçuk numunesine kirlilik testi yapılarak numunenin on binde kirlilik oranı 18 olarak belirlenmiştir. **Buna göre numunede kaç gram kir vardır?**

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DOĞAL KAUÇUKTA KİRLİLİK ANALİZİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Doğal kauçuk örneğinin kirlilik oranını belirlemek.

Araç Gereç: Maket bıçağı, desikatör, etüv, maşa, hassas terazi, süzgeç kâğıdı, kaynatma balonu (100 mL), geri soğutucu, mezür, huni, spor düzeneği, bağlantı parçaları ve halka.

Kimyasal Maddeler: Ksenon, doğal kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Yaklaşık 10 gram doğal kauçuk örneği alınız.
2. Aldığınız doğal kauçuk örneğini küçük parçalara bölünüz.
3. Hazırladığınız numuneyi hassas terazide tartıp tartım sonucunu (g_1) not ediniz.
4. Tarttığınız numuneyi kaynatma balonuna koyup üzerine 80 mL ksenon ilave ediniz.
5. Karışımı geri soğutucu altında kauçuğun tamamı çözününceye kadar ısıtınız.
6. Çözünme tamamlanınca ısıtıcıyı kapatıp çözeltinin soğuması için bir miktar bekleyiniz.
7. Bir süzgeç kâğıdı alıp 110 °C sıcaklığa ayarlanmış etüvde 30 dakika bekletiniz. Süzgeç kâğıdını desikatörde kuruttuktan sonra tartıp tartım sonucunu (g_2) not ediniz.
8. Kirliliğin bir kısmı kaynatma balonunda kalmış olabilir. Bu nedenle bir miktar sıcak ksenon ile cam balonu çalkalayarak elde ettiğiniz karışımı aynı süzgeç kâğıdından geçiriniz.
9. Karışımı süzdüğünüz süzgeç kâğıdını 110 °C sıcaklığa ayarlanmış etüvde bir saat kurutunuz.
10. Kuruyan süzgeç kâğıdını desikatöre koyunuz ve soğumasını bekleyiniz.
11. Soğuyan süzgeç kâğıdını tartarak kir ve süzgeç kâğıdının toplam kütlesini (g_3) belirleyiniz.
12. Aşağıdaki eşitliği kullanarak doğal kauçuğun on binde kirlilik oranını hesaplayınız.

$$\text{on binde kirlilik} = \frac{g_3 - g_2}{g_1} \times 10000$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

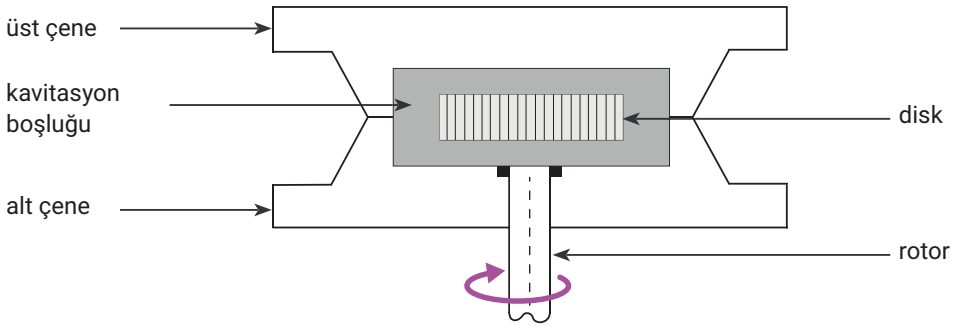
	Ölçütler	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Numuneyi çözerek oluşan karışımı süzer.	20	15	10	5
3	Kütle ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



1.3. DOĞAL KAUÇUKTA VİSKOZİTE MOONEY TESTİ

Akışkanların akmaya karşı gösterdiği dirence **viskozite** denir. Sıvı ve gaz hâldeki maddeler akışkan olarak tanımlanır. Dolayısıyla viskozite, sıvı ve gaz hâlindeki maddeler için tanımlanan bir özelliktir. Amorf katıların da bazı özellikleri sıvılara benzer. Bu nedenle amorf yapılı bir katı olan doğal kauçuğun viskozitesi ölçülebilir. Viskozite, doğal kauçuğun mekanik özellikleri açısından önemli bir parametredir.

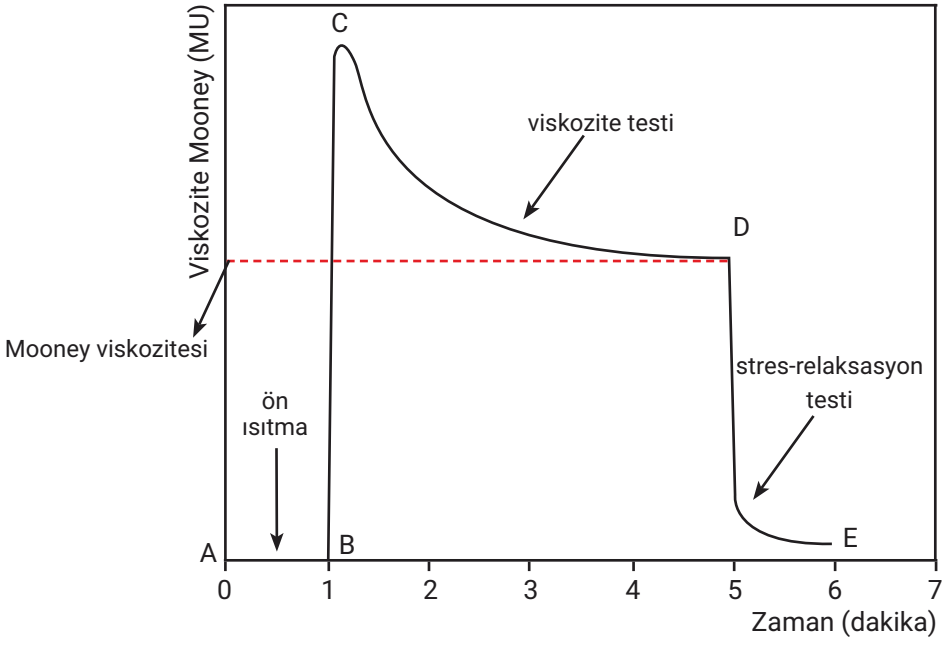
Viskozite ölçümü için pek çok yöntem ve araç geliştirilmiştir. Melvin Mooney (Melvin Müniy) tarafından keşfedilen **Mooney viskozimetresi,** kauçukların viskozitelerini ölçmek için kullanılan bir cihazdır. Cihaz dönen bir mil (rotor) ve ısıtılabilen kalıplar (çeneler) içerir. Kalıp içerisinde mile bağlı bir disk bulunur. Viskozitesi ölçülecek kauçuk, diskin arasında kalacak şekilde kalıbın içindeki kavitasyon boşluğuna yerleştirilir (Şekil 1.3). Kauçuğun viskozitesi düşük ise mil kolayca döner. Viskozite arttıkça mil zorlanmaya başlar. Belli bir sıcaklıkta mil döndürülür ve torku ölçülür. Ölçülen tork değerleri viskozite birimine dönüştürülür. Keyfi olarak belirlenmiş olan bu viskozite birimine **Mooney viskozitesi** denir.



Şekil 1.3: Mooney viskozimetresinin çalışma prensibi

Mooney viskozimetresi, numunenin kalıba yerleştirilmesinin ardından kullanıcı tarafından belirlenen sıcaklık değerine kadar bir ön ısıtma işleminden sonra belli bir süre boyunca mili döndürerek çalışır. Mooney viskozimetre testleri, genellikle 100 °C sıcaklıkta mil dakikada 2 devir yapacak hızla dört dakika döndürülerek yapılır. Cihaz, test sonucunu grafik hâlinde kullanıcıya verir. Grafikte dikey eksen Mooney viskozitesini (MU), yatay eksen zamanı (dakika) gösterir.

Doğal kauçuğun Mooney viskozitesi ölçümünün tipik bir sonucu Grafik 1.1'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde ilk dakikada (A-B aralığında) milin dönmediği görülür. Bu süre boyunca cihaz, kalıp içindeki kauçuğu istenilen sıcaklığa kadar ısıtır. C-D aralığı viskozite testinin yapıldığı zaman aralığıdır. Mil dönmeye başlar ve dört dakika boyunca sabit hızla döner. Viskozitenin mil dönmeye başladığında çok yüksek olduğu, zaman içinde azaldığı görülür. Kauçuğun viskozitesi, ortalama molekül kütlesi ile orantılıdır. Mil, dönerken kauçuğu ezer ve parçalar. Bu sırada kauçuğu oluşturan polimer zincirleri kırılır, ortalama molekül kütlesi düşer. Bu nedenle mil döndükçe viskozite de düşer. D noktasına yaklaşıldığında viskozitenin hemen hemen sabitlendiği görülür. D noktasına karşılık gelen viskozite değeri kauçuk örneğinin Mooney viskozitesini verir. D-E zaman aralığında mil dönmeyi durdurmuştur. Ancak cihaz ölçüm yapmaya devam eder. Bu bölge **stres-relaksasyon testi** olarak adlandırılır. Buradaki eğrinin eğimi kauçuğun elastikiyeti ve işlenebilirliği hakkında bilgi verir.



Grafik 1.1: Tipik bir Mooney viskozimetre testi sonucu

Doğal kauçuk, oldukça yüksek molekül ağırlıklı bir polimerdir. Yüksek molekül ağırlığı nedeniyle ham doğal kauçuğun viskozitesi oldukça yüksektir. Doğal kauçuk ham hâliyle kullanılmaz. Lastik üretiminde kullanılabilmesi için içerisine bazı ham maddelerin eklenmesi gerekir. Ancak katı hâldeki ham maddelerin yüksek viskoziteye sahip doğal kauçuğun içerisinde karışmasını sağlamak zordur yani ham kauçuk zor işlenir. Doğal kauçuğun viskozitesini yani ortalama molekül ağırlığını düşürmek, işlenebilirliğini kolaylaştırmak için yapılan işleme **mastikasyon** denir. Mastikasyon işlemi, doğal kauçuğun merdaneler arasından geçirilmesi ya da özel karıştırıcılarda karıştırılması ile yapılır. Çoğu durumda polimer zincirlerinin daha kolay kopması için yardımcı kimyasal maddeler de kullanılır.

Ham kauçuğun işlenmesinde bir ön aşama olan mastikasyon, doğal kauçuğun moleküler zincirlerini kısaltarak ortalama molekül ağırlığını azaltır. Bu işlem sonunda viskozite düşer. Bu durum doğal kauçuğa eklenen bileşenlerin homojen bir şekilde dağılmasını sağlar. Mastikasyon işleminden geçirilmiş kauçuk, ham hâlinden daha yumuşaktır ve daha kolay akar.

Doğal kauçuğun viskozitesini belirlemek için yapılan Mooney testi, ham kauçuğa uygulanabileceği gibi genellikle mastikasyon işleminden geçmiş kauçuk örnekleri üzerinde uygulanır.

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DOĞAL KAUÇUĞUN VİSKOZİTESİNİN BELİRLENMESİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Mooney viskozimetresi ile doğal kauçuk örneğinin viskozitesini belirlemek.

Araç Gereç: Mooney viskozimetresi, makas ya da maket bıçağı, polyester filmler.

Kimyasal Maddeler: Doğal kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Kullanacağınız Mooney viskozimetresinin rotor boyutlarına uygun olarak iki adet doğal kauçuk örneği kesiniz.
2. Örneklerden birinin tam ortasına bir delik açınız. Açtığınız delikten mili geçirerek kauçuğun rotora tam temas etmesini sağlayınız. Ortasında delik bulunan polyester filmini kauçuk örneğinin alt kısmına yerleştiriniz.
3. Diğer kauçuk örneğini rotorun üzerine dengeli bir biçimde yerleştiriniz. Örneğin üzerine polyester filmi koyunuz.
4. Rotor milini cihazın şaft deliğine yerleştiriniz.
5. Cihazın basıncını ve ayarlarını kontrol ediniz.
6. Test sıcaklığını 100 °C, test süresini 4 dakikaya ayarlayınız. Cihazınızın modeline göre gerekli diğer parametreleri de ayarlayarak testi başlatınız.
7. Cihaz çalışırken süre, sıcaklık, viskozite gibi ekranda görünen parametreleri gözlemleyiniz.
8. Test sona erdiğinde viskozite grafiğini inceleyerek kauçuk örneğinin Mooney viskozitesini belirleyiniz.
9. Bulduğunuz viskozite değerini cihazın gösterdiği değerle kıyaslayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kauçuk örneğini ölçüme hazırlar.	20	15	10	5
3	Cihazın ayarlarını yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki ifadeler doğru ise önündeki kutucuğa (√), yanlış ise (X) işaretini koyunuz. Yanlış ifadelerin doğrusunu altındaki boşluğa yazınız.

1. ☐ Doğal kauçuk, bazı bitkilerde bulunan lateks denen beyaz süspansiyondan elde edilir.

   .....

2. ☐ Doğal kauçuk, dallanmış zincirli polipropilen polimerlerinden oluşur.

   .....

3. ☐ Doğal kauçuğun karbon ile ısıtılması işlemine vulkanizasyon denir.

   .....

4. ☐ Doğal kauçuğun yapısında, polimer zincirleri dışında proteinler, yağ asitleri, reçineler gibi maddeler de bulunur.

   .....

5. ☐ Doğal kauçukta nem tayini, etüvde nemin uzaklaştırılması ve kütle değişiminin ölçülmesi ile yapılır.

   .....

6. ☐ Doğal kauçukta yağ tayini yapılırken çözücü olarak su kullanılır.

   .....

7. ☐ Doğal kauçuğun yakılması sonucunda geriye kalan inorganik maddelerin kütlesi ölçülerek kül tayini yapılır.

   .....

8. ☐ Akışkanlık arttıkça viskozite artar.

   .....

9. ☐ Doğal kauçuğun viskozitesi nem ölçebilen elektronik cihazlarla belirlenir.

   .....

10. ☐ Lastik üretiminde kauçuk, karbon karası, çelik ve tekstil ürünleri ham madde olarak kullanılır.

    .....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. **Doğal kauçuğun yapısında çapraz bağların meydana gelmesini ve bu sayede sertleşmesini sağlayan işleme verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?**

   A) Külleme B) Mastikasyon C) Polimerleşme

   D) Stres-relaksasyon E) Vulkanizasyon

2. **Doğal kauçukla ilgili aşağıda verilen özelliklerden hangisi doğrudur?**

   A) Küçük moleküllü bir polimerdir.

   B) Lastik üretiminde sadece ham hâli kullanılır.

   C) Mastikasyon işlemiyle molekül ağırlığı küçülür.

   D) Mooney viskozimetresi ile içindeki yağ miktarı belirlenir.

   E) İçeriğinde bulunan organik maddeler yanınca kül oluşur.

3. Kütlesi 80 gram olan kauçuk numunesinin içeriğindeki kül yüzdesinin tayin edilmesi istenmektedir. Kauçuk numunesi ön yakma işleminin ardından kül fırınında yeterli süre bekletildikten sonra ölçülen kül kütlesi 4 gramdır. **Buna göre numunenin kül yüzdesi kaçtır?**

A) 5 B) 10 C) 20 D) 35 E) 50

4. Kauçuğun akışkanlığa karşı gösterdiği direncin ölçülmesi için kullanılan test türü aşağıdakilerden hangisidir?

A) Kül B) Mastikasyon C) Mooney

D) Stres-relaksasyon E) Vulkanizasyon

5. 50 gramlık doğal kauçuk numunesinin kütlesi, numune uygun koşullarda etüvde yeterince bekletildiğinde 47,5 gram olarak ölçülüyor. **Buna göre numunedeki nem yüzdesi kaçtır?**

A) 95 B) 80 C) 50 D) 15 E) 5

6. Kauçukta kül miktarı tayini ne amaçla yapılır?

A) Molekül ağırlığının büyüklüğünü belirlemek

B) İçeriğindeki organik maddelerin yanıcılığını test etmek

C) İçerisindeki inorganik maddeleri belirlemek

D) İçerisinde bulunan yağ oranını tayin etmek

E) Yüksek ısıya karşı dayanımını test etmek

7. Yapılan kirlilik testi sonucunda 0,5 gram kir içerdiği ve on binde kirlilik oranının 20 olduğu bulunan doğal kauçuk numunesinin kütlesi kaç gramdır?

A) 25 B) 50 C) 100 D) 250 E) 500

8. İçeriğinde %4 yağ bulunan bir doğal kauçuk numunesi yeterli miktarda aseton ile geri soğutucu altında bir süre kaynatılıp süzülüyor. Süzülüp yağından arındırıldıktan sonra tartıldığında kütlesi 192 gram olarak bulunuyor. **Buna göre numunenin ilk kütlesi kaçtır?**

A) 500 B) 400 C) 250 D) 220 E) 200

9. Kauçuğu oluşturan polimer zincirlerini kırarak kauçuğun viskozitesini düşürmek, daha kolay işlenmesini sağlamak için yapılan işlem aşağıdakilerden hangisidir?

A) Ekstrüzyon B) Kürleme C) Mastikasyon

D) Mooney testi E) Vulkanizasyon

10. Bazı çiçekli bitkilerde bulunan ve bitkinin savunma mekanizmalarından biri olan süt görünümlü maddeye verilen ad aşağıdakilerden hangisidir?

A) Ebonit B) Kloroplast C) Lateks

D) Plastik E) Yağ



2. ÖĞRENME BİRİMİ

SENTETİK KAUÇUKLARIN ÖZELLİKLERİ VE TESTLERİ

KONULAR

2.1. SENTETİK KAUÇUKLARDA NEM VE KÜL TAYİNİ

2.2. ETA EKSTRAKSİYONU

2.3. SENTETİK KAUÇUKLARDA VİSKOZİTE MOONEY TESTİ

2.4. REOLOJİK KONTROL

Bu öğrenme biriminde, sentetik kauçuktan elde edilerek ham madde olarak kullanılan numunelerin nem, kül, yağ, viskozite Mooney testlerinin ve reolojik kontrollerinin nasıl yapıldığını öğreneceksiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMASI



Günlük hayatta kullanılan, sentetik maddelerden üretilmiş malzemelere örnek veriniz.

SENTETİK KAUÇUK NEDİR?

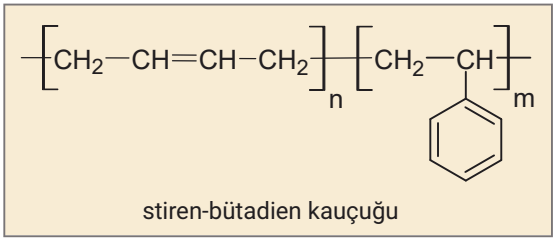
Sentetik elastomerlerle ilgili ilk çalışmalar, 19. yüzyılın sonlarına doğru başlar; doğal kauçuğun yapısının anlaşılması ve sentetik olarak üretilmesi üzerinde yoğunlaşılır. Bu çalışmalar neticesinde 1909 yılında Alman kimyager Fritz Hofmann (Firitz Hofman) izoprenden ilk sentetik kauçuğu elde etmeyi başarır. Kimyacılar, sonraki yıllarda ihtiyaca yönelik, istenen özelliklere sahip, yeni sentetik kauçuklar elde eder.

Yıllar içinde otomotiv sektörünün hızla büyümesi, askerî alandaki ihtiyaçlar ve endüstriyel toplumların değişen yaşam biçimleri, kauçuğa olan talebin büyük oranda artmasına neden olur. Kauçuk fiyatları önemli oranda artar. Bu nedenle sanayileşmiş ülkeler kendi kauçuk üretim programlarını geliştirir. Kauçuklar, zamanla hayatın her alanında kullanılan ve yaşam konforunu artıran vazgeçilmez ürünler hâline gelir.

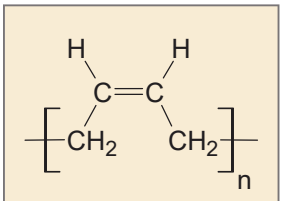
Sentetik kauçuklar, petrolden elde edilen ham maddelerden sentezlenen, elastomer olarak sınıflandırılan yapay polimerlerdir ve doğal kauçuğun kullanıldığı hemen hemen her alanda kullanılabilir. Dünya çapında, sentetik kauçuk üretimi doğal kauçuk üretiminden çok daha fazladır. Sentetik kauçukların doğal kauçuğa göre iki temel üstünlüğü vardır: Termal kararlılık ile yağ ve organik çözücülere karşı direnç. Sentetik kauçuklar ayrıca ozon gibi ürünün kullanım ömrünü kısaltan oksitleyicilere karşı daha dayanıklıdır.

Sentetik kauçukların pek çok türü bulunsa da lastik üretiminde en yaygın kullanılan türleri; stiren-bütadien kauçuğu (SBR), bütadien kauçuğu (BR), bütil kauçuk (IIR) ve kloropren (CIIR) kauçuğudur.

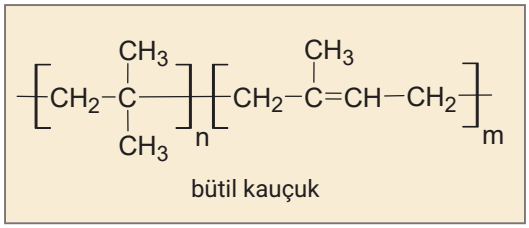
Stiren-Bütadien Kauçuk (SBR): Lastik üretiminde en yaygın kullanılan sentetik kauçuktur. Lastiğin zemine tutunma becerisini, aşınma direncini ve dayanıklılığını artıran çok yönlü bir malzemedir. Stiren ve bütadienin (1,3-bütadien) monomerlerinden elde edilen bir kopolimerdir.

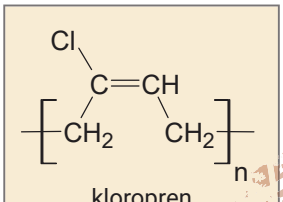

stiren-bütadien kauçuğu

Bütadien Kauçuk (BR): Lastiğin yol tutuşunu iyileştirmek için genellikle SBR ile karıştırılan, elastik özelliği yüksek olan sentetik kauçuktur. Ayrıca aşınma ve yıpranmaya karşı iyi bir direnç sağlar.


bütadien kauçuğu

Bütil Kauçuk (IIR): Mükemmel hava tutma özelliğine sahip sentetik kauçuktur. Genellikle iç lastik üretiminde ve iç lastiksiz lastikler için astar olarak kullanılır. İzobütilen (2-metilpropen) ve izoprenden elde edilen bir kopolimerdir. Bütil kauçuğun yaklaşık %98'i izobütilen, %2'si izoprendir.


bütil kauçuk


kloropren



2.1. SENTETİK KAUÇUKLARDA NEM VE KÜL TAYİNİ

Doğal yollardan elde edilmeyen, sentetik olarak üretilen kauçukların sanayide kullanılmadan önce yapılarında bulunan nem ve yabancı maddelerden arındırılması gerekir. Doğal kauçuklarda yapılan nem ve kül tayini işlemleri sentetik kauçuklar için de uygulanır.

2.1.1. Sentetik Kauçuklarda Nem Tayini

Sentetik kauçukta bulunan nemin uzaklaştırılması işlemi sırasında uygun koşullar sağlanarak numunenin yapısının bozulmamasına dikkat edilir. Numunenin son tartım işlemi, havadan tekrar nem kapmaması için desikatörde soğutulduktan sonra yapılır. Numunenin işlem görmeden önceki ve nemi uzaklaştırıldıktan sonraki kütleleri ölçülür. Aradaki kütle farkı kauçukta bulunan nem miktarını verir.

Numunede bulunan nem yüzdesi,

$$\text{nem yüzdesi} = \frac{\text{numunedeki nemin kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Örnek

50 gramlık sentetik kauçuk numunesinin kütlesi; etüvde, uygun koşullarda yeterince bekletildikten sonra 49 gram olarak ölçülmüştür.

Buna göre numunedeki nemin yüzdesini hesaplayınız.

Çözüm: Numunede 50 - 49 = 1 gram nem vardır.

$$\text{nem yüzdesi} = \frac{\text{numunedeki nemin kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100 \qquad \text{nem yüzdesi} = \frac{1}{50} \times 100$$

nem yüzdesi = 2 Nem yüzdesi, %2 olarak bulunur.

1. Sıra Sizde

Yapısında %4 nem bulunan bir sentetik kauçuk numunesinin kütlesi, nemi uzaklaştırıldıktan sonra 8 gram olarak ölçülüyor. **Buna göre kauçuk numunesinin ilk kütlesini hesaplayınız.**

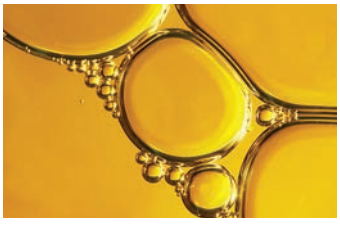
Meraklısına

Petrol Ürünleri ve Yağlarda Nem Tayin Yöntemleri

Petrol ürünleri ve yağlar için en tehlikeli kirleticilerden biri sudur. Nem; petrol ürünleri ve yağlar içerisinde çözünmüş ya da serbest hâlde bulunur. Suyun petrol ürünleri ve yağlardaki çözünürlüğü sıcaklığa bağlıdır ve genellikle oldukça düşüktür. Sıcaklık arttıkça suyun yağ ve petrol ürünlerindeki çözünürlüğü artar. Bu tür ürünlerin içerisinde bulunan safsızlıklar ve eklenen bazı katkı maddeleri de suyun çözünürlüğünün artmasına neden olabilir. Çözünmüş su; serbest ve emülsifiye suya göre daha zararsızdır ancak uzaklaştırılması ve belirlenmesi daha zordur. Kimya sektöründe kullanılan yağlar ve petrol ürünleri içerisinde yer alan nem ekipmana zarar verir, verimi ve ürün kalitesini düşürür. Bu nedenle yağlar ve petrol ürünlerinde nem bulunup bulunmadığının, varsa miktarının belirlenmesi gerekir.

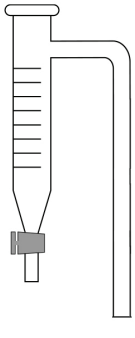
Nem tayini için farklı yöntemler vardır. Her yöntemin kendine özgü hassasiyeti, avantajı ve dezavantajı vardır. Bu yöntemlerden bazıları şunlardır:

Görsel Çatlak Testi: 500 ppm civarında serbest ve emülsifiye suyu belirlemek için kullanılabilecek ucuz ve pratik bir yöntemdir. Bu yöntemde, düzgün ve temiz bir yüzeye iki damla yağ/petrol ürünü damlatılır. Ürün içerisinde görsel olarak çatlaklar (su ve yağ arasındaki faz ayrımı) aranır. Testin kantitatif ve subjektif olması önemli bir dezavantajıdır.



Su-yağ karışımı

Dean-Stark (Diin Şıtark) Yöntemi: Sektörde standartlaşmış klasik nem belirleme yöntemidir. Bu yöntemde, numune cam bir balon içerisinde ısıtılarak suyun buharlaşması sağlanır. Özel bir aparat sayesinde, buharlaşan su geri soğutucuda soğutularak sıvı hâle geçer. Sıvı hâle geçen su bir tuzak yardımıyla özel bir toplama tüpünde toplanarak miktarı belirlenir (Şekil 1). Diğer yöntemlere göre en önemli dezavantajı büyük miktarda numune gerektirmesi ve külfetli olmasıdır.



Dean-Stark aparatı

Kalsiyum Hidrür Test Kitleri: Sahada bile uygulanabilen basit bir yöntemdir. Bu yöntemde, kapalı ve üzerinde manometre bulunan bir kap içerisine numune konur ve üzerine bir miktar kalsiyum hidrür (CaH_2) eklenir. Kalsiyum hidrür, numunedeki su ile tepkimeye girerek H_2 gazı oluşturur. Kapalı kapta biriken H_2 gazının basıncı ölçülerek miktarı belirlenir. Basit bir yöntem olmasına rağmen özenli çalışıldığında çok düşük miktardaki serbest ve emülsifiye suyun belirlenebilmesini sağlar.

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SENTETİK KAUÇUKTA NEM TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Sentetik kauçuk örneği içerisindeki nemin yüzdesini belirlemek.

Araç Gereç: Maket bıçağı, desikatör, etüv, hassas terazi, saat camı, maşa.

Kimyasal Maddeler: Sentetik kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Saat camını sabit tartıma getirip kütlesini (g_1) not ediniz.
2. Yaklaşık 10 gram sentetik kauçuk örneğini maket bıçağı ile küçük parçalara ayırınız.
3. Küçük parçalara ayırdığınız numuneyi tartarak kütlesini (g_2) not ediniz.
4. Numuneyi saat camına koyarak 180 ^{o}C sıcaklığa ayarlanmış etüv içerisinde iki saat kurutunuz.
5. Kuruttuğunuz numuneyi etüvden alarak desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutunuz.
6. Soğuttuğunuz numuneyi tartıp bulduğunuz sonuçtan saat camının kütlesini (g_1) çıkararak nemi uzaklaştırılmış numunenin kütlesini (g_3) not ediniz.
7. Kauçuk numunesindeki yüzde nem oranını aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayınız.

$$\%nem = \frac{g_2 - g_3}{g_2} \times 100$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kurutma işlemini yapar.	20	15	10	5
3	Kütle ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

2.1.2. Sentetik Kauçuklarda Kül Tayini

Sentetik kauçukların içeriğinde bulunan yabancı maddeleri tespit etmek için kül testi yapılır. Önceden sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış bir krozede kütlesi ölçülmüş olan numune; kül fırınında, en az 900 ^{O}C sıcaklıkta kızdırılır. Kızdırılmış numune desikatörde soğutulduktan sonra tartılır. Numunedeki kül yüzdesini belirlemek için

$$\text{kül yüzdesi} = \frac{\text{numunedeki külün kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100 \text{ formülü kullanılır.}$$

Örnek

Ham madde olarak kullanılmadan önce kütlesi 80 gram olan sentetik kauçuk numunesinin içeriğindeki kül yüzdesinin tayin edilmesi isteniyor. Kauçuk numunesi kül fırınında ısıtılıyor. Fırında kalan kül tartıldığında 16 gram geliyor. **Buna göre numunenin kül yüzdesini hesaplayınız.**

Çözüm: $\text{kül yüzdesi} = \frac{\text{numunedeki külün kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$ formülü kullanılır.

$\text{kül yüzdesi} = \frac{16}{80} \times 100$ kül yüzdesi = 20 Kül yüzdesi, %20 olarak bulunur.

2. Sıra Sizde

Bir lastik üreticisinin düzenlediği ihale şartnamesinde satın alınacak sentetik kauçukta kül oranının %16'yı aşmaması istenmektedir. İhaleye üç firma katılmış, her üç firma da fiyat teklifiyle birlikte bir miktar kauçuk numunesi getirmiştir. Kauçuk numuneleri üzerinde yapılan kül testlerinde kullanılan kauçuk kütleleri ve test sonucunda oluşan kül kütleleri aşağıdaki gibidir.

	1. Firma	2. Firma	3. Firma
Kauçuğun kütlesi (g)	120,0	108,0	90
Kül kütlesi (g)	24,0	15,6	10,8

Her bir firma için gerekli hesaplamaları yaparak kül yüzdesini bulunuz. Bulduğunuz sonuçlara göre hangi firmanın/firmaların ürününün ihale şartnamesine uygun olduğunu yazınız.

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SENTETİK KAUÇUKTA KÜL ANALİZİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Sentetik kauçuk örneğindeki kül oranını belirlemek.

Araç Gereç: Maket bıçağı, desikatör, etüv, hassas terazi, porselen kroze, kül fırını, maşa.

Kimyasal Maddeler: Sentetik kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Porselen krozeyi sabit tartıma getirip kütlesini ölçerek (g_1) not ediniz.
2. Yaklaşık 2 gram sentetik kauçuk örneğini maket bıçağı ile küçük parçalara ayırınız.
3. Küçük parçalara ayırdığınız numuneyi tartıp kütlesini (g_2) not ediniz.
4. Numuneyi kroze içine koyarak bek alevi ile dikkatli bir şekilde yakınız.
5. Ön yakma işleminden geçirdiğiniz kroze içindeki numuneyi 900 ^{o}C sıcaklığa ayarlanmış kül fırınına koyarak yaklaşık yarım saat kızdırınız.
6. Krozeyi kül fırınından alarak desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutunuz.
7. İçinde kül bulunan krozeyi tekrar tartıp kütlesini (g_3) not ediniz.
8. Kauçuk numunesindeki yüzde kül oranını aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayınız.

$$\%\text{kül} = \frac{g_3 - g_1}{g_2} \times 100$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Isıtma işlemini yapar.	20	15	10	5
3	Kütle ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



2.2. ETA EKSTRAKSİYONU

Hacimce %70 mutlak etanol ile %30 toluen içeren karışım, azeotropik bir karışımdır ve ETA olarak adlandırılır. ETA hazırlamak için ticari etanol kullanılacaksa 7 hacim etanol ile 3 hacim toluen karıştırılır. Karışım, susuz kalsiyum oksit ile geri soğutucu altında 4 saat kaynatılır. Oda sıcaklığına soğutulan karışım mavi bant (42 numara) filtre kâğıdı ile süzülür.

Kütlesi bilinen sentetik kauçuk örneği ETA ile geri soğutucu altında ekstrakte edildiğinde kauçuğun yapısında bulunan yağ ETA içerisinde çözünür. Kauçuk örneğinin kütlesindeki kayıp belirlenerek yağ yüzdesi,

$$\text{yağ yüzdesi} = \frac{\text{yağ kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Bilgi Kutusu

Azeotropik Karışımlar

Damıtılarak ayrıştırılamayan sıvı karışımlara **azeotrop** ya da **sabit kaynama noktalı karışımlar** denir. Azeotropik karışımlar kaynatıldığında elde edilen buhar içerisindeki moleküllerin oranı, kaynatılan sıvı ile aynıdır. Raoult yasasının bir sonucu olarak sıvı karışımların kaynama noktaları, bileşenlerin kaynama noktaları arasında bir değere sahiptir. Azeotroplar, Raoult yasasından sapmalar neticesinde ortaya çıkar. Azeotropik karışımların pozitif ve negatif azeotrop olmak üzere iki türü vardır.

Kütlece %95,63 etanol içeren etanol-su karışımı, pozitif azeotropinin iyi bilinen örneğidir. Bu karışımın buhar basıncı, aynı koşullardaki saf suyun ve saf etanolün buhar basıncından daha yüksektir. Bu nedenle azeotropik karışımın kaynama noktası (78,2 ^{o}C), saf suyun (100 ^{o}C) ve saf etanolün (78,4 ^{o}C) kaynama noktasından daha düşüktür.

Kütlece %68 nitrik asit içeren nitrik asit-su karışımı negatif azeotropinin iyi bilinen bir örneğidir. Karışımın buhar basıncı, aynı koşullardaki saf suyun ve nitrik asidin buhar basıncından daha düşüktür. Bu nedenle azeotropik karışımın kaynama noktası (102,4 ^{o}C), saf suyun (100 ^{o}C) ve saf nitrik asidin (83 ^{o}C) kaynama noktasından daha yüksektir.

Örnek

200 gram sentetik kauçuk, yeterli miktarda ETA ile geri soğutucu altında ekstrakte edilip, karışım süzülerek ayrıldığında 180 gram olarak tartılıyor. **Buna göre numunenin yağ yüzdesini hesaplayınız.**

Çözüm: yağ kütlesi = numunenin kütlesi - işlem sonrası numunenin kütlesi

yağ kütlesi = 200 - 180 = 20 gram

$$\text{yağ yüzdesi} = \frac{\text{yağ kütlesi}}{\text{ilk numunenin kütlesi}} \times 100$$

$$\text{yağ yüzdesi} = \frac{20}{200} \times 100 \qquad \text{yağ yüzdesi} = 10$$

Yağ yüzdesi, %10 olarak bulunur.

3. Sıra Sizde

Sentetik kauçuk içerisinde yer alan yağlar ürünün viskozitesini düşürür ve daha kolay işlenmesini sağlar ancak sentetik kauçuk içerisindeki yağ asitlerinin oranı arttıkça vulkanizasyon yavaşlar, kürleme süresi uzar.

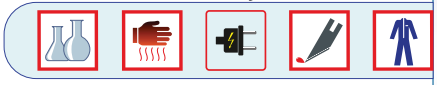
Bir lastik üreticisi, %4 ila %8 arasında yağ içeren SBR kullanarak motosiklet lastiği üretmek istemektedir. Bu amaçla üç farklı SBR örneği, yeterli ETA içerisinde geri soğutucu altında ekstrakte edilmiştir. Süzülerek ayrılan ETA, standart baz çözeltisi ile geri titre edilerek yağ asidinin (stearik asit) kütlesi belirlenmiştir. Her bir örnek için test edilen SBR kütleleri ve test sonunda elde edilen yağ asitlerinin kütleleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
SBR kütlesi (g)	80,0	100,0	110,0
Yağ kütlesi (g)	4,0	3,0	11,0

Her bir örnek için gerekli hesaplamaları yaparak yağ yüzdelerini bulunuz. Bulduğunuz sonuçlara göre hangi örnek/örnekler motosiklet lastiği için uygundur? Yazınız.

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SENTETİK KAUÇUKTA YAĞ ANALİZİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Sentetik kauçuk örneği içerisindeki yağ yüzdesini belirlemek.

Araç Gereç: Maket bıçağı, desikatör, etüv, maşa, hassas terazi, saat camı, kaynatma balonu (100 mL), geri soğutucu, mezür, süzgeç kâğıdı, huni, spor düzeneği, bağlantı parçaları ve halka.

Kimyasal Maddeler: ETA, sentetik kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Yaklaşık 10 gram sentetik kauçuk örneğini maket bıçağı ile küçük parçalara ayırıp saat camına koyunuz.
2. Saat camındaki numuneyi 100 ^{o}C sıcaklığa ayarlanmış etüv içerisinde iki saat kurutunuz.
3. Kuruttuğunuz numuneyi etüvden alarak desikatör içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutunuz.
4. Soğuttuğunuz numuneyi tartıp kütlesini (g_1) not ediniz.
5. Numuneyi kaynatma balonuna koyarak üzerine 50 mL ETA ilave ediniz.
6. Geri soğutucu altında bir saat ısıtınız.
7. Numuneyi, düzeneğin soğumasını bekledikten sonra, çözücüden süzerek ayırınız.
8. Süzerek ayırdığınız numuneyi, 110 ^{o}C sıcaklığa ayarlanmış etüv içerisinde bir saat kurutunuz.
9. Kuruttuğunuz numuneyi desikatör içerisine alarak oda sıcaklığına kadar soğumasını bekleyiniz.
10. Soğuttuğunuz numuneyi tekrar tartıp kütlesini (g_2) not ediniz.
11. Numunedeki yüzde yağ oranını aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayınız.

$$\%\text{yağ} = \frac{g_1 - g_2}{g_1} \times 100$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kurutma işlemini yapar.	20	15	10	5
3	Kütle ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



2.3. SENTETİK KAUÇUKLARDA VİSKOZİTE MOONEY TESTİ

Viskozite, doğal kauçukta olduğu gibi sentetik kauçuklarda da kauçuğun işlenebilirliği ve bazı mekanik özellikleri hakkında önemli bilgiler verir. Bu nedenle üretimde kullanılmadan önce sentetik kauçukların viskozitelerinin belirlenmesi çok önemlidir. Sentetik kauçuğun uygun viskoziteye sahip olması, üretim sırasında karıştırma işleminin kolayca yapılmasını sağlar ve ürün kalitesini artırır.

Genel olarak kauçuğun viskozitesi aşağıdaki özelliklere bağlıdır:

- Molekül üzerindeki fonksiyonel gruplar
- Ortalama molekül kütlesi
- Molekül kütlesi dağılımı
- Molekülün yapısı ve dallanma
- Geometrik izomerleri
- Çapraz bağlar
- Katkı maddeleri
- Safsızlıklar

Sentetik kauçuğun viskozitesi de doğal kauçuğun viskozitesinin belirlendiği Mooney viskozimetre cihazları ile belirlenir. Sentetik kauçuklara uygulanan viskozite testinde sıcaklık ve süre ayarı sentetik kauçuğa uygun şekilde yapılır. Genellikle, EPDM (etilen, propilen, dien, monomer kauçuk) için uygun test sıcaklığı 125 ^{o}C, diğer sentetik kauçuklar için ise 100 ^{o}C'tur.

Sonuçlar rapor edilirken rotor dönmeyi bıraktığı andaki tork değeri Mooney viskozitesidir. Bu değer en yakın tam sayıya yuvarlanarak raporlanır. Ayrıca test edilen kauçuk örneğinin mastikasyon işlemine tabi tutulup tutulmadığı, kullanılan rotor türü, sıcaklık, test süresi, cihazın markası ve modeli mutlaka belirtilir.

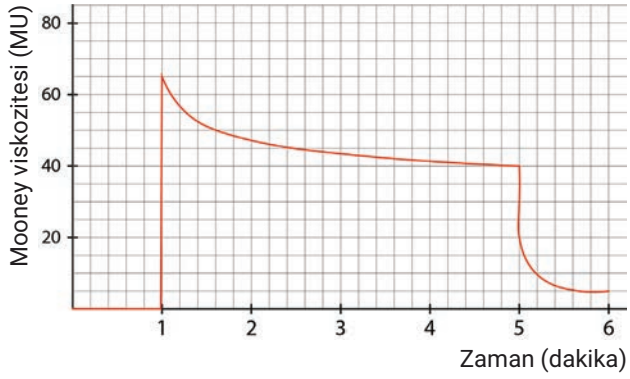
Mastikasyon metodunda M, mastikasyona tabi tutulmuş; U, mastikasyona tabi tutulmamış; C, birleştirilmiş anlamına gelir.

Rotor türünde L, büyük rotor; S, küçük rotor anlamına gelir.

Örneğin **90 UML 1+4 (100 ^{o}C) AAA BBB** şeklinde raporlanmış bir sonuçta her bir rakam ve harfin anlamı vardır. 90, Mooney viskozitesini; U, mastikasyon işlemine tabi tutulmamış numuneyi; M, viskozite birimini (Mooney); L, büyük rotoru; 1+4, cihazın çalışma süresini (1 dakika ön ısıtma, 4 dakika çalışma); 100 ^{o}C, test sıcaklığını; AAA, cihazın markasını ve BBB, cihazın modelini gösterir.

Örnek

Bir sentetik kauçuk örneği üzerinde uygulanan Mooney viskozite testi sonucunda elde edilen ölçekli çizilmiş grafik yanda verilmiştir. **Grafiği inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.**



a) Test kaç dakika sürmüştür?
b) Rotor kaçıncı dakikada dönmeye başlamıştır?
c) Rotorun dönmesi kaçıncı dakikada durmuştur?
ç) Bu kauçuk örneğinin en büyük ve en küçük viskozite değeri kaçtır?

Çözüm

Grafik incelendiğinde test cihazının 1+4 dakikaya ayarlandığı görülür. Cihaz, ilk dakikada test edilen kauçuk örneğini belirlenen sıcaklığa ısıtmıştır.

a) Grafikteki yatay eksen dakika cinsinden geçen zamanı göstermektedir. Grafik incelendiğinde testin 6 dakika sürdüğü görülür.
b) Rotor 1. dakikada dönmeye başlamıştır.
c) Rotorun dönmesi 5. dakikada durmuştur.
ç) Viskozite değerleri 1-5. dakikalar arasında elde edilir. En büyük viskozite (tork) 65, en küçük viskozite (tork) ise 40 Mooney'dir.

4. Sıra Sizde

Bir sentetik kauçuk örneği üzerinde uygulanan Mooney viskozite testi sonucunda elde edilen ölçekli çizilmiş grafik yanda verilmiştir. **Grafiği inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.**



a) Test kaç dakika sürmüştür?
b) Rotor kaçıncı dakikada dönmeye başlamıştır?
c) Rotorun dönmesi kaçıncı dakikada durmuştur?
ç) Bu kauçuk örneğinin en büyük ve en küçük viskozite değeri kaçtır?

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SENTETİK KAUÇUĞUN VİSKOZİTE DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Mooney viskozimetresi ile sentetik kauçuk örneğinin viskozite değerini belirlemek.

Araç Gereç: Mooney viskozimetresi, makas ya da maket bıçağı, polyester filmler.

Kimyasal Maddeler: Sentetik kauçuk.

Uygulamanın yapılışı

1. Kullanacağınız Mooney viskozimetresinin rotor boyutlarına uygun olarak iki adet sentetik kauçuk örneği kesiniz.
2. Örneklerden birinin tam ortasına bir delik açınız. Açtığınız delikten mili geçirerek kauçuğun rotora tam temas etmesini sağlayınız. Ortasında delik bulunan polyester filmini kauçuk örneğinin alt kısmına yerleştiriniz.
3. Diğer kauçuk örneğini rotorun üzerine dengeli bir biçimde yerleştiriniz ve örneğin üzerine polyester filmi koyunuz.
4. Rotor milini cihazın şaft deliğine yerleştiriniz.
5. Mooney viskozimetre cihazınızın basıncını ve ayarlarını kontrol ediniz.
6. Test sıcaklığını 125 ^{0}C, test süresini 4 dakikaya ayarlayınız. Cihazınızın modeline göre gerekli diğer parametreleri de ayarlayarak testi başlatınız.
7. Cihaz çalışırken süre, sıcaklık, viskozite gibi ekranda görünen parametreleri gözlemleyiniz.
8. Test sona erdiğinde viskozite grafiğini inceleyerek kauçuk örneğinin Mooney viskozite değerini belirleyiniz.
9. Bulduğunuz viskozite değerini cihazın gösterdiği değerle kıyaslayınız.

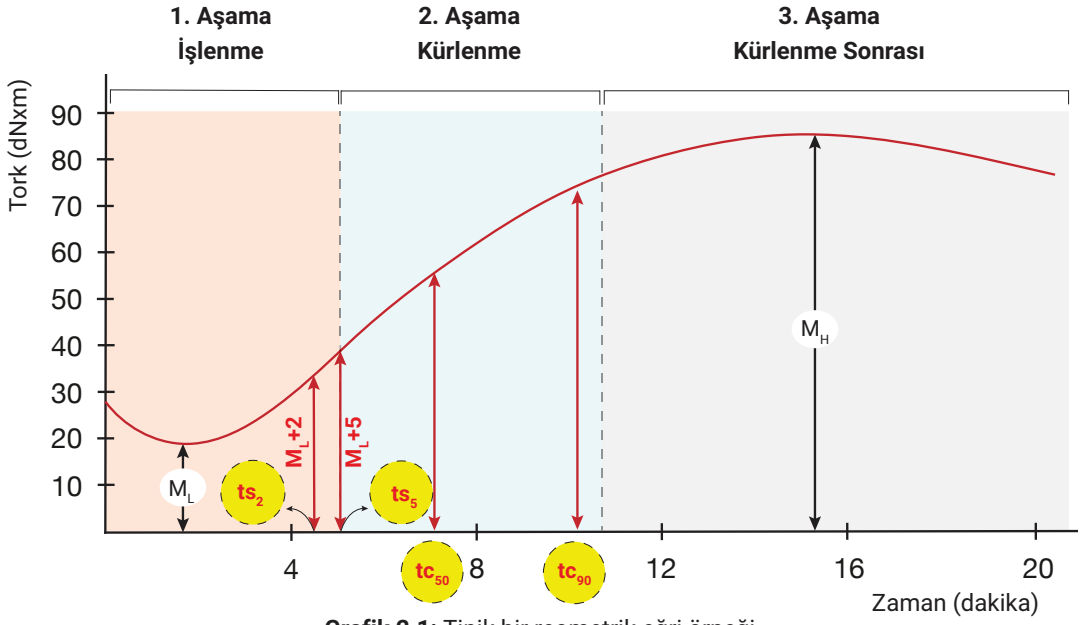
Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kauçuk örneğini ölçüme hazırlar.	20	15	10	5
3	Cihazın ayarlarını yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



2.4. REOLOJİK KONTROL

Maddenin şekil değişikliği ve akış özelliklerini inceleyen bilim dalına **reoloji** denir. Kauçuğun ön vulkanizasyon özellikleri **reometre** denilen cihazlarla ölçülür. Mooney viskozitesini belirlemek için kullanılan cihazlar reometrik ölçümler için de kullanılabilir.Vulkanize edilmemiş ham kauçuk, viskozite ölçümünde yapıldığı gibi reometrenin boşluğuna yerleştirilir ve reometre kapatılır (Reometre cihazı, kauçuğun içinde dönen ya da salınan bir rotora sahiptir.). Reometre içindeki kauçuk örneği belli bir sıcaklık ve basınca maruz bırakılır ve zamanla kauçukta çapraz bağlar (vulkanizasyon) oluşmaya başlar. Vulkanizasyon derecesine bağlı olarak kauçuğun sertliği artar. Bu durum kauçuğun rotora uyguladığı direncin ve rotorun torkunun artmasına neden olur. Torkta meydana gelen değişim bir sensör tarafından kaydedilir. Böylece reometre, zamana bağlı olarak torkta meydana gelen değişimin grafiğini verir. Bu grafik **reometrik eğri** olarak adlandırılır (Grafik 2.1). Grafikte düşey eksen torku (Mooney viskozitesi), yatay eksen ise dakika cinsinden zamanı gösterir. Reometrik eğri, analizi yapılan kauçuğun işlenebilirlik özellikleri hakkında bilgi verir.



Grafik 2.1: Tipik bir reometrik eğri örneği

Bir reometrik eğri üç aşamaya ayrılır: 1. aşama, ham kauçuğun işlenme aşamasıdır. Kauçuk ısındıkça ve rotor hareket ettikçe kauçuğun viskozitesi düşer. 2. aşama, kürlenme (pişme) aşamasıdır. Kauçukta oluşan çapraz bağlar kauçuğun viskozitesinin artmasına neden olur. 3. aşama ise kürlenme sonrasına aittir. Vulkanize edilmiş kauçuğun fiziksel özellikleri hakında bilgi verir.

Reometrik eğride, önemli tork ve zaman değerleri şunlardır:

M_L (Moment Lowest), en düşük tork değerini gösterir.

M_H (Moment Highest), en yüksek tork değerini gösterir.

ts_2, minimum tork değerinin 2 birim üstüne gelen tork değerinin eğriyi kestiği noktaya karşılık gelen süreyi gösterir. Vulkanizasyonun (çapraz bağ oluşumunun) başladığı andır.

ts_5, minimum tork değerinin 5 birim üstüne gelen tork değerinin eğriyi kestiği noktaya karşılık gelen süreyi gösterir. Bu süreye **scorch** (sıkorç) **süresi** veya **kavrulma süresi** de denir. ts_5 süresi kauçuğun işlenmesinde önemli bir parametredir. Bu süre, kauçuğun ön vulkanizasyon eğiliminin göstergesidir. Düşük ts_5 süresi kauçuğun çok hızlı vulkanize olacağını gösterir. Kauçuk sektöründe istenmeyen bir durumdur.

tc_{50}, kauçuğun kürlenmesinin %50'sinin tamamlanması için geçen süreyi gösterir.

tc_{90}, kauçuğun kürlenmesinin %90'ının tamamlanması için geçen süreyi gösterir.

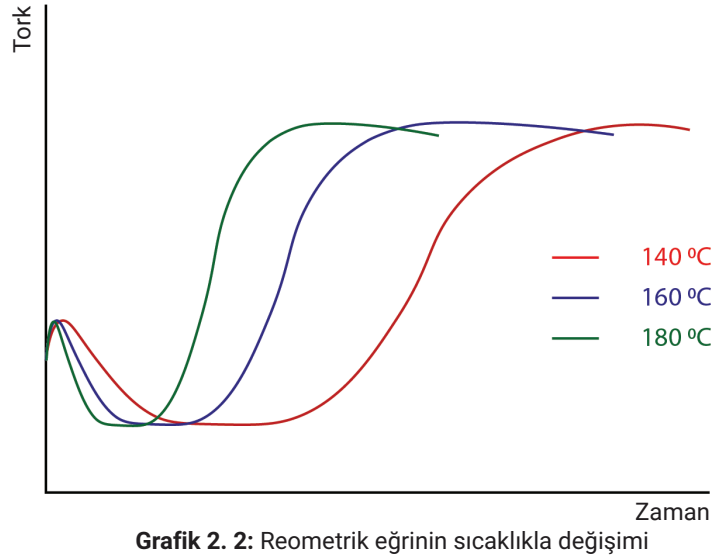
Kauçuğun kürlenmesinin herhangi bir yüzdesinin tamamlanması için geçen süre (tc_x) hesaplanmak istenirse önce aşağıdaki eşitlikten bu kürlenme derecesine karşılık gelen tork değeri (Mc_x) hesaplanır.

$$M_{C_x} = \left[(M_H - M_L) \times \frac{X}{100}\right] + M_L$$

Örneğin kürlenmenin %10'unun tamamlanması için geçen süre hesaplanmak istendiğinde eşitlikte X yerine 10 yazılır.

Hesaplanan tork değerinin eğriyi kestiği noktaya karşılık gelen süre reometrik eğriden bulunur.

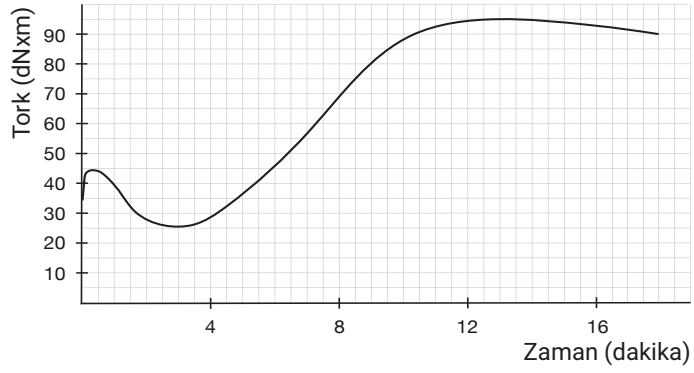
Reometrik eğrideki zaman değerleri testin yapıldığı sıcaklıklığa bağlıdır. Sıcaklık arttıkça bu değerler kısalır (Grafik 2.2).



Grafik 2. 2: Reometrik eğrinin sıcaklıkla değişimi

Örnek

Bir sentetik kauçuk örneğine ait reometrik eğri, yandaki ölçekli çizilmiş grafikte verilmiştir. **Grafikten yararlanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.**



a) M_L ve M_H değerlerini bulunuz. Bulduğunuz değerleri grafik üzerinde gösteriniz.

b) ts_2 ve ts_5in yaklaşık değerlerini bulunuz. Bulduğunuz değerleri grafik üzerinde gösteriniz.

c) tc_{10} ve tc_{90}ın yaklaşık değerlerini bulunuz. Bulduğunuz değerleri grafik üzerinde gösteriniz.

Çözüm

a) M_L reometrik eğrideki en düşük tork, M_H ise en yüksek tork değeridir. Grafikten yararlanarak M_L 25, M_H ise 95 olarak bulunur.

b) ts_2 değerini bulmak için minimum tork olan 25'in üzerine 2 eklenerek tork değeri 27 olarak bulunur. Bu tork değerinin reometrik eğriyi kestiği noktaya karşılık gelen zaman yaklaşık olarak 3,5 dakika olarak belirlenir. ts_5 değeri de benzer şekilde minimum tork değerine 5 eklenerek 4 dakika olarak bulunur.

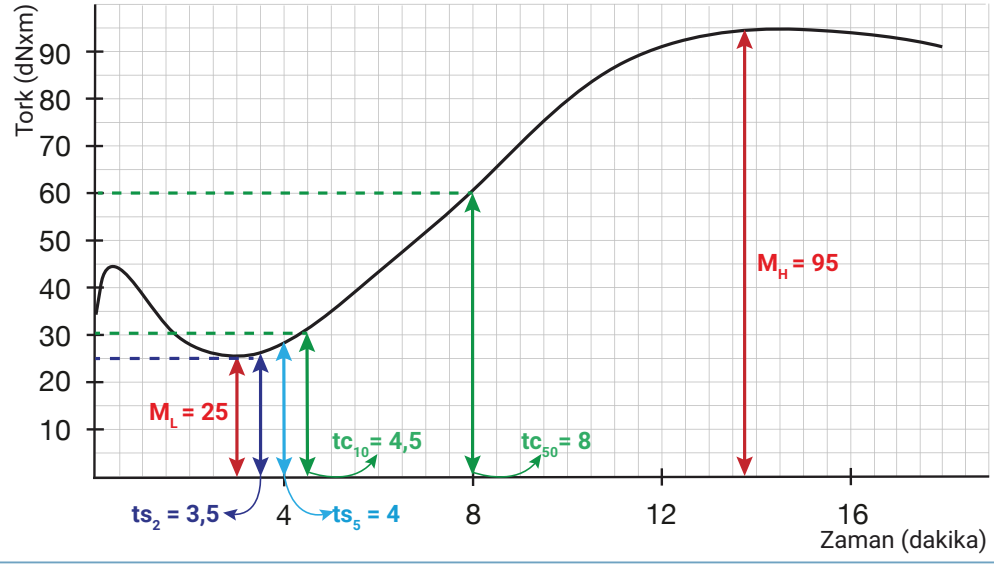
c) tc_{10} ve tc_{50} değerlerini hesaplamak için ilk önce Mc_{10} ve Mc_{50} değerleri aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$M_{C_{10}} = \left[(95 - 25) \times \frac{10}{100}\right] + 25 \qquad M_{C_{50}} = \left[(95 - 25) \times \frac{50}{100}\right] + 25$$

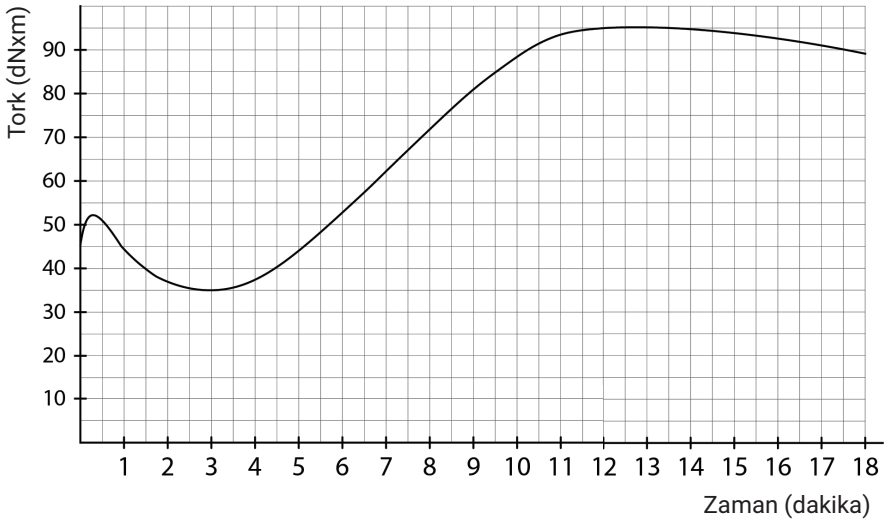
$$M_{C_{10}} = 32 \qquad M_{C_{50}} = 60$$

Hesaplanan Mc_{10} ve Mc_{50} tork değerlerinin eğriyi kestiği noktalara karşılık gelen zaman değerleri olan tc_{10} değeri 4,5 dakika ve tc_{50} değeri ise yaklaşık 8 dakika olarak bulunur.

Bulunan değerler aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



5. Sıra Sizde



Bir sentetik kauçuk örneğine ait reometrik eğri, yukarıdaki ölçekli çizilmiş grafikte verilmiştir. **Grafikten yararlanarak aşağıdaki soruları cevaplayınız.**

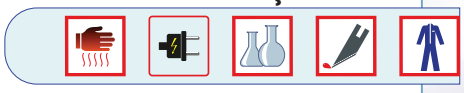
a) M_L ve M_H değerlerini bulunuz. Bulduğunuz değerleri grafik üzerinde gösteriniz.
b) ts_2 ve ts_5in yaklaşık değerlerini bulunuz. Bulduğunuz değerleri grafik üzerinde gösteriniz.
c) tc_{50} ve tc_{90}ın yaklaşık değerlerini bulunuz. Bulduğunuz değerleri grafik üzerinde gösteriniz.

6. Sıra Sizde

Bir sentetik kauçuk örneği üzerinde uygulanan reolojik test sonucunda elde edilen M_L ve M_H değeri sırasıyla 30 ve 80 olarak belirlendiğine göre Mc_{90} değerini hesaplayınız.

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SENTETİK KAUÇUKTA REOLOJİK KONTROLLER

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Reometre ile sentetik kauçuk örneğinin reolojik özelliklerini belirlemek.

Araç Gereç: Reometre, makas ya da maket bıçağı, polyester filmler.

Kimyasal Maddeler: Sentetik kauçuk.

Uygulamanın Yapılışı

1. Kullanacağınız reometrenin rotor boyutuna uygun olarak iki adet kauçuk karışımı örneği hazırlayınız.
2. Örnekleri reometrenin boşluğuna uygun şekilde yerleştirip cihazın kapağını kapatınız.
3. Cihazın sıcaklığını 150 ^{o}C, süreyi 20 dakikaya ayarlarlayıp cihazı çalıştırınız.
4. Test süresi boyunca monitördeki değişimleri gözlemleyiniz.
5. Test sonucunda elde ettiğiniz reometrik eğrinin çıktısını alınız.
6. Reometrik eğriden faydalanarak M_L, M_H, ts_5, tc_{10}, tc_{50}, tc_{90} değerlerini belirleyerek raporunuza yazınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kauçuk karışımını rotor boyutuna uygun olarak hazırlar.	20	15	10	5
3	Cihazın ayarlarını yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki ifadeler doğru ise önündeki kutucuğa (√), yanlış ise (X) işaretini koyunuz. Yanlış ifadelerin doğrusunu altındaki boşluğa yazınız.

1. ☐ Sentetik kauçuk, elastomer sınıfına giren polimer türüdür.

.....

2. ☐ Doğal kauçukların yağ ve organik çözücülere karşı direnci, sentetik kauçuklara göre daha yüksektir.

.....

3. ☐ Kauçuğun hızlı vulkanize olması, endüstride istenmeyen bir durumdur.

.....

4. ☐ Sentetik kauçukta nem tayini yapılırken kauçuğun havadan tekrar nem kapmaması için desikatör kullanılır.

.....

5. ☐ Sentetik kauçukların akışkanlığını ölçmek için kül testi yapılır.

.....

6. ☐ Azeotrop türü karışımlar damıtılarak ayrıştırılabilir.

.....

7. ☐ Sentetik kauçukta yağ yüzdesi tayini, sentetik kauçuk örneğinin ETA ile geri soğutucu altında ekstrakte edilmesi ile yapılır.

.....

8. ☐ Üretim aşamasında sentetik kauçuğun karıştırılma işleminin kolayca yapılması için üretim öncesinde kauçuğun viskozitesi belirlenmelidir.

.....

9. ☐ Maddenin şekil değişikliği ve akış özelliklerini inceleyen bilim dalına sismoloji denir.

.....

10. ☐ Doğal kauçuk üretimi sentetik kauçuğa oranla daha fazladır.

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. 300 gram sentetik kauçuk numunesinin kütlesi, numune uygun koşullarda etüvde bekletildiğinde 294 gram olarak ölçülür. **Buna göre numunedeki nem yüzdesi kaçtır?**

A) 18 B) 8 C) 6 D) 4 E) 2

2. Lastikte meydana gelebilecek hava kaçaklarını önlemek için kullanılan, neopren ticari adı ile bilinen kauçuk türü aşağıdakilerden hangisidir?

A) Bütil kauçuk

B) Kloropren

C) Polibütadien

D) Poliizopren

E) Stiren-bütadien

3. 300 gram sentetik kauçuk yeterli miktarda ETA ile geri soğutucu altında ekstrakte ediliyor. Karışım süzülerek ayrıldığında 288 gram olarak tartılıyor. **Buna göre numunedeki yağ yüzdesi kaçtır?**

A) 20 B) 12 C) 8 D) 6 E) 4

4. Kütlesi 400 gram olan sentetik kauçuk numunesi kül fırınında ısıtılıyor. **Kauçuk numunesinde %15 kül bulunduğuna göre ısıtma işleminden sonra fırında kalan kül miktarı kaç gramdır?**

A) 80 B) 60 C) 40 D) 20 E) 15

5. Bir sentetik kauçuk örneği üzerinde uygulanan Mooney viskozite testi sonucunda elde edilen ölçekli çizilmiş grafik yan tarafta verilmiştir. **Grafiğe göre kauçuk örneğinin en büyük ve en küçük viskozitesi sırasıyla hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?**



A) 1 ve 6 B) 1 ve 5 C) 55 ve 30 D) 55 ve 5 E) 30 ve 5

6. **Sıvı hâli ile buhar hâlinin aynı oranlarda bileşenlere sahip olduğu, sabit kaynama noktasına sahip ve damıtılarak ayrıştırılamayan karışımlara verilen isim aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Aerosol
B) Allotrop
C) Azeotrop
D) İzotop
E) Süspansiyon

7. **Sentetik kauçukların işlenebilirliği ve bazı mekanik özellikleri hakkında önemli bilgiler veren, üretim sırasında karıştırma işleminin kolayca yapılmasını sağlayan, ürün kalitesini artıran ve Mooney testi ile belirlenen özellik aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Derişim
B) İletkenlik
C) Kütle
D) Viskozite
E) Yoğunluk

8. **Maddenin ön vulkanizasyon özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılan cihaz aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Ampermetre
B) Gravimetre
C) Higrometre
D) Reometre
E) Termometre



3. ÖĞRENME BİRİMİ

KARBON KARASI TESTLERİ

KONULAR

3.1. KARBON KARASINDA ELEK ARTIĞI ANALİZİ

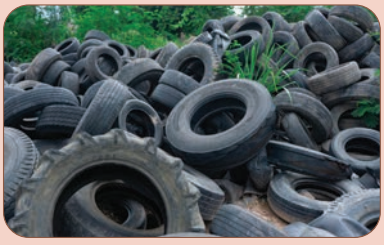
3.2. KARBON KARASI DAĞILIMININ MİKROSKOPLA TAYİNİ

3.3. DİBÜTİLFTALAT (DBP) ABSORBSİYONU

3.4. KARBON KARASINDA İYOT ADSORPSİYONU

Bu öğrenme biriminde, karbon karasını tanıyacak; karbon karasına uygulanan testlerden elek analizi, mikroskopla tanecik boyutu dağılımının analizi, DBP absorpsiyon ve iyot adsorbsiyon testlerinin nasıl yapıldığını öğreneceksiniz.

HAZIRLIK SORUSU



Nano boyutta kirlenmelere sebep olan atık lastiklerin insan sağlığına ve çevreye zararının önlenmesi için neler yapılabilir? Araştırınız. Elde ettiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

KARBON KARASI NEDİR?

Karbon karası çoğu zaman is karası olarak bilinse de is karası ile karbon karası arasında yapısal farklılıklar vardır. Karbon karasının yapısı is karasına göre daha sert ve parlak olup yapısına katıldığı maddeyi boyama özelliği de fazladır. Karbon karası, neredeyse tümüyle saf karbondan oluşan ve çok küçük tanecik boyutuna sahip önemli bir ham maddedir.

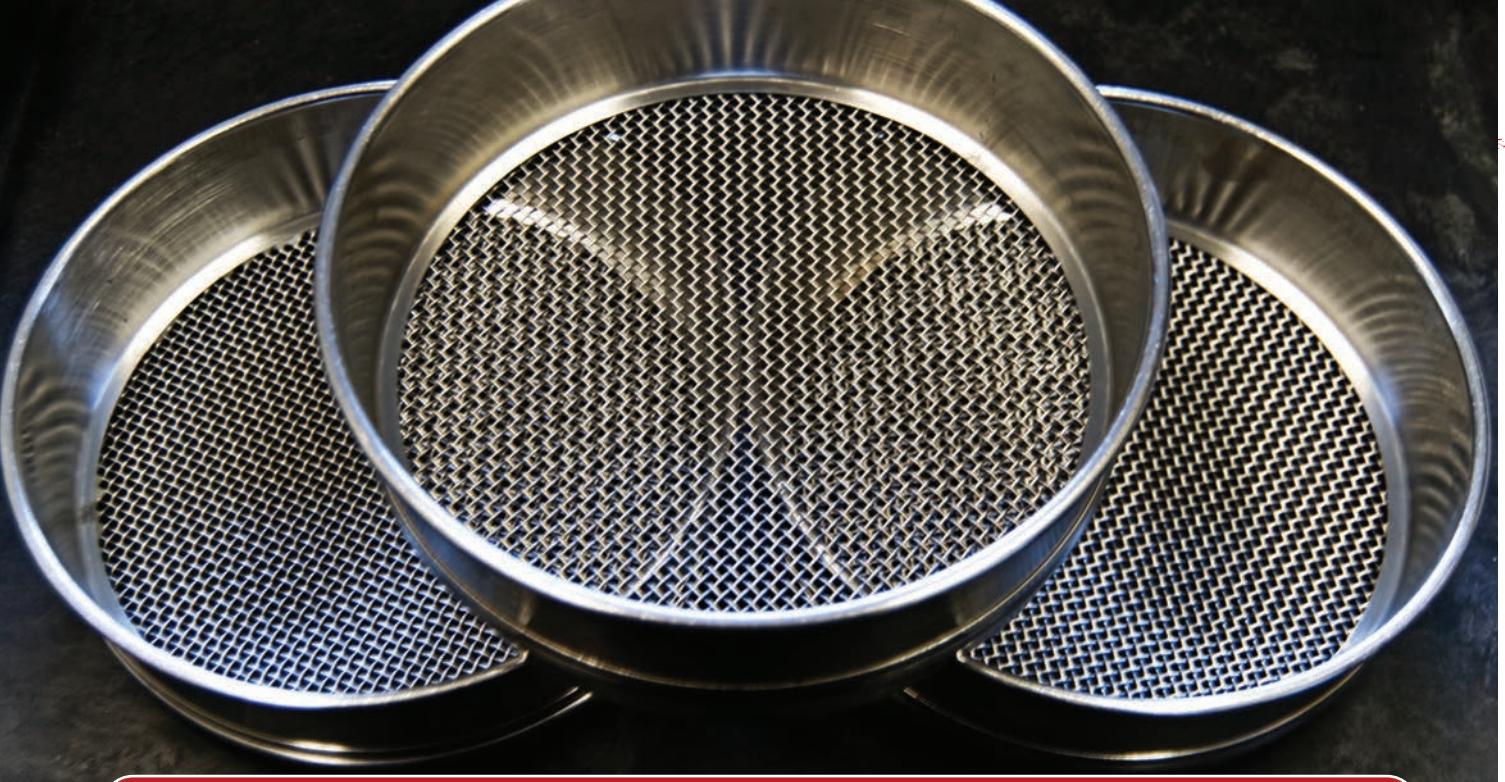
Karbon karası oldukça koyu siyah bir renge sahip olduğu için Antik Dönemlerden beri pigment olarak kullanılır. Çeşitli endüstriyel süreçlerle kömür katranı ve ağırlıklı olarak petrol ürünlerinin düşük oksijenli ortamda yakılmasıyla her yıl milyonlarca ton üretilir. Endüstri öncesi toplumlar karbon karasını genellikle yağ kandillerinden çıkan isten elde ediyorlardı. Mimar Sinan tarafından 1557 yılında yapımı tamamlanan Süleymaniye Camii'nde yüzlerce kandilden çıkan is, özel bir havalandırma sistemi sayesinde is odasında toplanıyordu. Bu sayede hem caminin kirlenmesi engelleniyor hem de önemli bir ham madde olan karbon karası elde ediliyordu. Geleneksel mürekkeplere siyah rengini veren madde de karbon karasıdır.

Sanayi Devrimi sonrasında karbon karasının siyah renk vermesinin yanında iyi bir elektrik iletkeni olduğu, sürtünme azaltıcı ve yalıtım malzemesi olarak da kullanılabileceği fark edildi. Fotokopi makineleri ve yazıcıların yaygınlaşmasından önce belgeleri kopyalayıp çoğaltmak oldukça zahmetli bir işti. Bir belgenin, çoğaltılması için daktilo ya da elle yeniden yazılması gerekmekteydi. Bu durumu ve zaman kaybını engellemek için bu dönemde, belgeler yazılırken birden çok kopya hazırlanmasına imkân veren karbon kopya kâğıtları yaygın olarak kullanıldı (Görsel 3.1). Karbon kopya metodu, iş hayatında o kadar kuvvetli bir yer edindi ki elektronik postalara bile CC [carbon copy (karbon kopya)] özelliği eklendi.



Görsel 3.1: Kullanılmış karbon kopya kâğıdı

Karbon karası günümüzde mürekkep, boya, kâğıt, elyaf gibi maddelerin üretiminde; dökümhanelerde ve enerji sektöründe belli amaçlarla kullanılsa da karbon karasına en büyük talep lastik sektöründen gelmektedir. Kauçuğun içerisine karıştırılan, doğru özelliklere sahip karbon karası, üretim maliyetini düşürürken ürünün mukavemetini önemli oranda artırır. Lastiklerde ısınma sonucunda meydana gelebilecek termal bozunmaları engeller. Lastiklerin tiplerine ve performans gereksinimlerine göre kullanım miktarı ve türü değişir. Araç lastiklerinin tamamının siyah olmasının nedeni karbon karasıdır.



3.1. KARBON KARASINDA ELEK ARTIĞI ANALİZİ

Karbon karasını oluşturan tanecik boyutu ve taneciklerin boyut dağılımları, karbon karasının karakteristik özellikleri üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Bir karbon karası numunesinin ortalama tanecik boyutu ve boyut dağılımı ise üretim yöntemine bağlıdır.

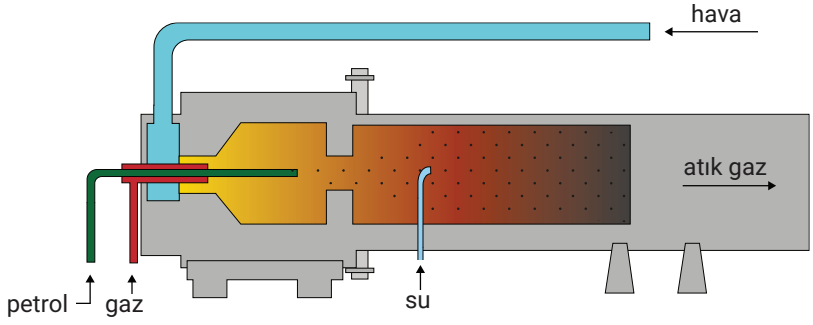
3.1.1. Karbon Karası Üretim Yöntemleri

Karbon karası üretimi için pek çok yöntem kullanılsa da tüm yöntemler, hidrokarbonların yüksek sıcaklıkta ve düşük oksijenle yakılması temeline dayanır. Karbon karası üretimi için kullanılan temel prosesler; fırın, termal, kanal, lamba ve asetilen siyahı üretim prosesidir.

Fırın Siyahı Üretim Prosesi

Bu süreç, elde edilen ürünün parçacık boyutu, gözenekliliği, yüzey kimyası gibi özelliklerinin istenen biçimde tasarlanmasına izin verdiği için günümüzde en yaygın kullanılan karbon karası üretim yöntemidir. Üretilen tüm karbon karasının %98'inden fazlası bu yöntemle elde edilir.

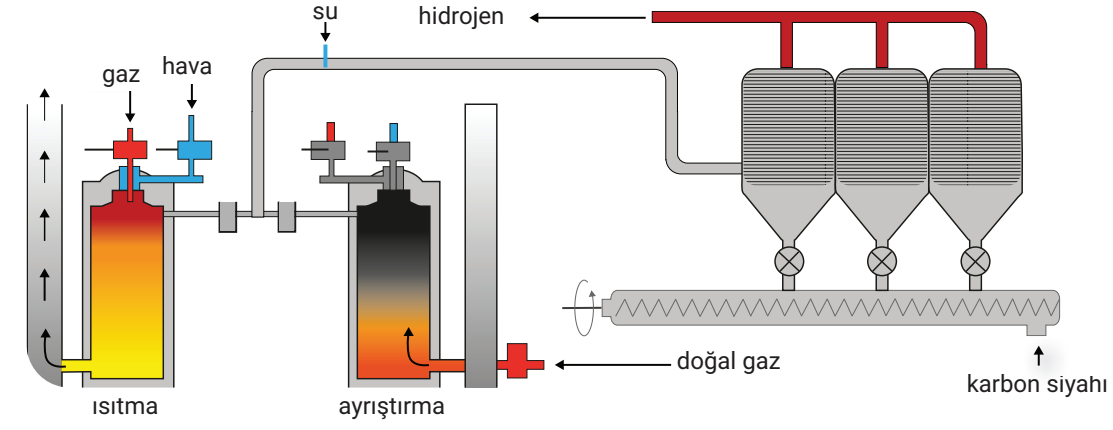
Bu üretim sürecinde ağır aromatik hidrokarbonlar, sürükleyici bir gaz ve ısıtılmış hava ile birlikte yanma odasına küçük damlacıklar hâlinde püskürtülür. Yanma olayı sırasında meydana gelen yüksek ısı, hidrokarbonların bir kısmının parçalanmasını (piroliz) sağlar ve bu sırada mikroskobik karbon parçacıkları oluşur. Fırın içerisindeki reaksiyon hızı, su buharı veya su spreyi ile kontrol edilir. Elde edilen karbon siyahı, reaktör içerisinde taşınır; soğutulur ve torba filtrelerle toplanarak paketlenir. Fırın siyahı üretim prosesinin basitleştirilmiş şeması Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Fırın siyahı üretim prosesinin basitleştirilmiş şeması

Termal Siyahı Üretim Prosesi

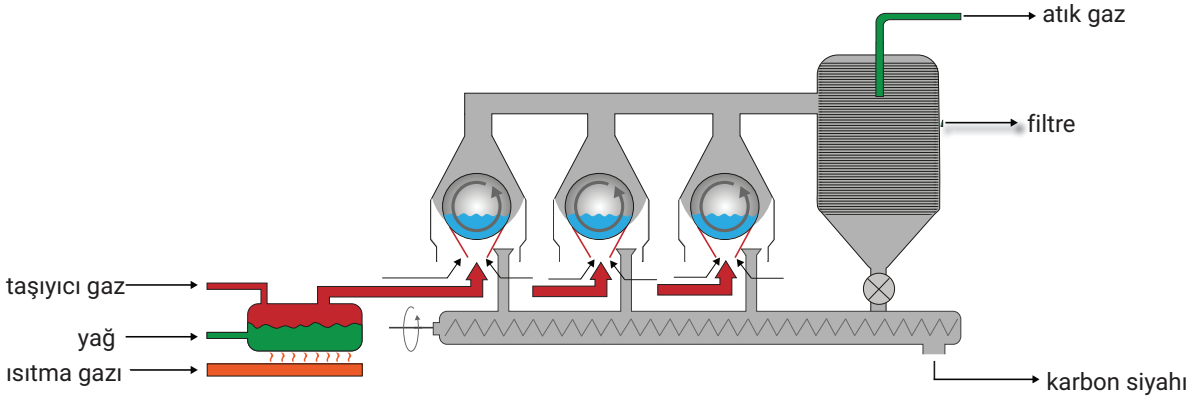
Bu üretim sürecinde karbon kaynağı olarak genellikle doğal gaz kullanılır. Doğal gaz, içerisinde inert gaz bulunduran yüksek sıcaklıktaki fırına enjekte edilir. Yüksek sıcaklıktaki fırına enjekte edilen doğal gaz, yüksek sıcaklık etkisiyle pirolize uğrayarak karbon ve hidrojene ayrışır. Bu yöntemle elde edilen karbon karasının saflığı çok yüksektir ancak yüzey aktifliği düşüktür. Düşük yüzey aktifliği, lastik üretimi için istenmeyen bir durumdur. Termal siyahı üretim prosesi, eskiden yaygın olarak kullanılsa da son elli yılda doğal gaz fiyatlarında yaşanan büyük artışlar nedeniyle günümüzde kullanımı oldukça azalmıştır. Termal siyahı üretimine ait basitleştirilmiş şema Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2: Termal siyahı üretim prosesinin basitleştirilmiş şeması

Kanal Siyahı Üretim Prosesi

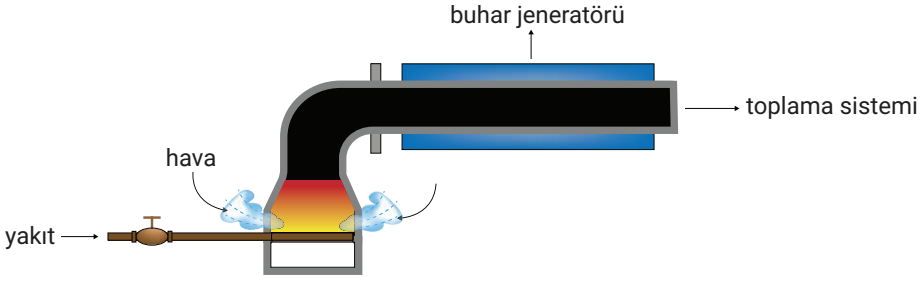
Bu yöntemde karbon kaynağı olarak genellikle ham petrol kullanılır. Sıcak hava ile buharlaştırılan ham petrol brülörlere gönderilir. Sınırlı hava ile gerçekleşen reaksiyon ve yüksek ısı sayesinde, brülörleri birbirine ve filtreye bağlayan kanal içerisinde mikroskobik karbon parçacıkları oluşur. Bu yöntemle elde edilen karbon karası çok küçük taneciklidir ve yüzey üzerindeki oksijen içeren merkezler nedeniyle kimyasal açıdan aktif yüzeye sahiptir. Kanal siyahı üretimine ait basitleştirilmiş şema Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3: Kanal siyahı üretim prosesinin basitleştirilmiş şeması

Lamba Siyahı Üretim Prosesi

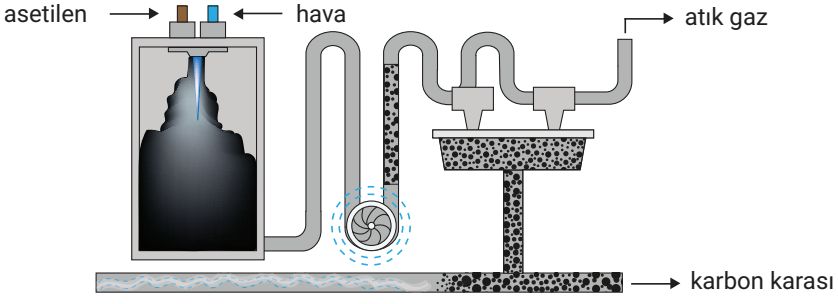
Bu süreç, karbon karası elde etmede kullanılan en eski ve yağın kandillerde (lambalarda) yakılması esasına dayanan yöntemin endüstriyel ölçekli taklididir. Hidrokarbon içeren yakıt, dökme demir bir tava üzerinde ısıtılır. Tava üzerinde yer alan davlumbazdan gelen ısı, buharlaşmaya yardımcı olur ve kısmi yanmanın gerçekleşmesini sağlar. Bu sırada karbon parçacıkları elde edilir. Lamba siyahı üretimine ait basitleştirilmiş şema Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4: Lamba siyahı üretim prosesinin basitleştirilmiş şeması

Asetilen Siyahı Üretim Prosesi

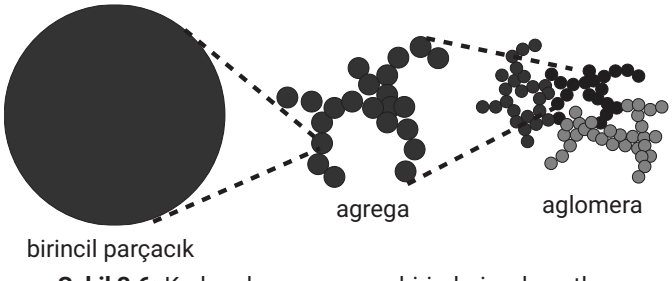
Adından da anlaşılacağı gibi bu yöntemde karbon kaynağı olarak asetilen kullanılır. Asetilenin yüksek sıcaklıkta ayrışması sonucunda yüksek saflıkta ve çok ince yapılı karbon karası elde edilir. Elde edilen karbon karası, çok yüksek elektriksel iletkenliğe sahip olduğu için pil, antistatik kauçuk ve plastik üretiminde kullanılır. Asetilen siyahı üretimine ait basitleştirilmiş şema Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5: Asetilen siyahı üretim prosesinin basitleştirilmiş şeması

3.1.2. Karbon Karasının Yapısı ve Yapının Özellikleri Üzerine Etkisi

Elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde karbon karasının **birincil parçacık** denilen temel yapı biriminin, küre şeklinde ve 15-300 nm arasında boyuta sahip olduğu belirlenmiştir. Birincil parçacıklar, birbirine bağlanarak üzüm salkımı benzeri 85 ila 500 nm boyutlu yapılar oluşturur. Bu yapılara **agrega** denir. Agregaların birbirine bağlanmasıyla oluşan 1 ila 100 mikrometre boyutlu parçacıklara ise **aglomera** denir. Karbon karasının yapı birimleri ve boyutları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Karbon karasının yapı birimleri ve boyutları

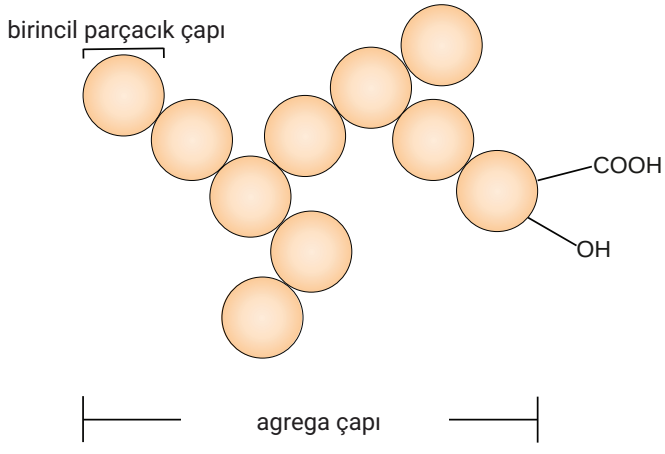
Bir karbon karasının renginin koyuluğu, boyama gücü, ultraviyole dayanımı, dağılma (dispersiyon) kabiliyeti gibi özellikleri; birincil parçacık, agrega ve aglomera boyutlarına bağlıdır.

Karbon karasının birincil parçacık boyutu küçüldükçe gösterdiği özellikleri şunlardır:

- Toplam yüzey alanı artar.
- Daha koyu görünür.
- Elektrik iletkenliği artar.
- Ultraviyole emilimi ve koruması artar.
- Kauçuk hamuru içerisinde dağılması zorlaşır.
- Kauçuk ile karıştırıldığında mukavemeti daha çok artırır.

Ayrıca agrega ve aglomera boyutu arttıkça yapı giderek karmaşık ve gözenekli hâle gelir. Bu durum yağ (DBP/dibütil ftalat) emilimini artırır.

Karbon karasının özelliklerini etkileyen bir diğer önemli parametre ise yüzey özellikleridir. Yüzeyde yer alan ve özellikle oksijen içeren fonksiyonel grupların sayısı arttıkça karbon karasının yüzey aktifliği ve lastik hamuru ile etkileşim gücü artar (Şekil 3.7). Fırın siyahının yüzey aktifliği fazla, termal siyahın yüzey aktifliği ise oldukça düşüktür. Fırın siyahı, eşit kütleli termal siyahına göre lastiğe daha fazla mukavemet kazandırır.



Şekil 3.7: Karbon karası yapı birimlerinin yüzey özellikleri

3.1.3. Karbon Karasının Sınıflandırılması

Karbon karasının tipi, üretildiği ve sahip olduğu sisteme göre belirlenir: süper aşınma fırın siyahı (Super Abrasion Furnace Black/SAF), yüksek aşınma fırın siyahı (High-Abrasion Furnace Black/HAF)... Daha sonraları ASTM (American Society for Testing and Materials/Amerikan Test ve Malzeme Kurumu) tarafından karbon karası hakkında daha ayrıntılı bilgi verecek şekilde kodlar üretilmiştir. Bu kodlardaki ilk harf N (normal kür) ya da S (yavaş kür) olabilir. Harfin sonrasında gelen üç rakam ise tane boyutu hakkında bilgi verir. Rakam arttıkça ortalama tane boyutu artar, toplam yüzey alanı küçülür.

Lastik üretiminde kullanılan karbon karaları ile ilgili örnek bir sınıflandırma Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Lastik Üretiminde Kullanılan Bazı Karbon Karalarının Sınıflandırılması, Özellikleri ve Kullanım Alanları

Tip	Ortalama Tanecik Boyutu (nm)	ASTM Kodu	Üretim Süreci	Özelliği	Kullanım Yeri
süper aşınma fırın siyahı (SAF)	15 - 25	N110	fırın siyahı	yüksek, takviye, aşınma direnci ve çekme mukavemeti	lastik sırtı
		N115		yüksek, takviye, aşınma direnci	lastik sırtı
		N121		yüksek takviye, kolay sırt aşınması ve kolay dağılım	lastik sırtı
orta seviye süper aşınma fırın siyahı (ISAF)	24-33	N220	fırın siyahı	yüksek, takviye, aşınma direnci ve kolay işleme	arazi lastikleri ve mekanik ürünler
		N234		daha yüksek takviye	arazi lastikleri ve mekanik ürünler
yüksek aşınma fırın siyahı (HAF)	28-36	N330	fırın siyahı	orta-yüksek takviye, iyi aşınma, kolay işleme	lastik sırtı, konveyör bandı, mekanik ürünler ve pigment
		N347		orta-yüksek takviye, iyi ekstrüzyon özellikleri	lastik sırtı ve mekanik ürünler
		N375		orta-yüksek takviye, yüksek çekme dayanımı	lastik sırtı, konveyör bandı ve mekanik ürünler
genel amaçlı fırın siyahı (GPF)	50-70	N650	fırın siyahı	orta takviye, pürüzsüz yapı ve kolay işleme	lastik karkası ve hortumlarda

3.1.4. Karbon Karası Elek Analizi Uygulaması

Karbon karası, piyasaya toz veya pelet formda sunulmaktadır. Toz formdaki karbon karası doğrudan kullanılabilir ve lastik hamuru içerisinde kolay dağılır. Ancak çok küçük tanecikli olduğu için taşınması ve kullanılması sırasında etrafı kirletir. Pelet formdaki karbon karası ise taşınması kolay olduğu ve etrafı kirletmediği için tercih edilir.

Karbon karasına yapılan elek analizi, pelet boyutunun dağılımının belirlenmesini sağlar. Elek analizi için 2000, 1000, 500, 250 ve 125 µm açıklığa sahip; sırasıyla 10, 18, 35, 60 ve 120 numara analitik elekler kullanılır. Elekler birbirine geçecek biçimde tasarlanmıştır. En küçük gözenek açıklığına sahip 120 numaralı elek en altta kalacak biçimde 60, 35, 18 ve 10 numaralı elekler alttan üste doğru sırası ile birbirine eklenerek birleştirilir. En alta elek altı tavası eklenir. Yaklaşık 100 gram numune en az 0,1 gram hassasiyete sahip teraziyle tartılıp en üstteki eleğe dökülür. Üst eleğin kapağı kapatıldıktan sonra eleme işlemine geçilir.

Eleme işlemi, genellikle mekanik çalkalayıcılarda 1 dakika çekiç modu, 3 dakika ise 0,5 mm genlikle titreştirilerek gerçekleştirilir. Eleme işlemi bittiğinde her bir elekte ve tavada biriken karbon karaları, en az 0,1 gram hassasiyete sahip terazide tartılarak kütleleri belirlenir ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak kütlece yüzdeleri hesaplanır:

$$\text{kütlece yüzde} = \frac{\text{elekte kalan kütle}}{\text{toplam kütle}} \times 100$$

Ölçümler ve hesaplamalar deneyde kullanılan araç gerecin özellikleri ile birlikte raporlanır.

Örnek

102,4 gram karbon karası üzerinde elek analizi uygulanıyor. Analiz sonunda 10 numaralı elekte 9,7 gram, 18 numaralı elekte 18,8 gram, 35 numaralı elekte 25,8 gram, 60 numaralı elekte 23,70 gram, 120 numaralı elekte 15,8 gram ve tavada 8,6 gram karbon karası toplandığı belirleniyor. **Buna göre her bir elekte ve tavada biriken karbon karasının kütlece yüzdesini hesaplayınız.**

Çözüm

10 numaralı elekte 9,7 gram karbon karası olduğundan

$$\text{kütlece yüzde} = \frac{\text{elekte kalan kütle}}{\text{toplam kütle}} \times 100 \qquad \text{kütlece yüzde} = \frac{9,7}{102,4} \times 100$$

Kütlece yüzdesi = 9,5'tur.

18 numaralı elekte 18,8 gram karbon karası olduğundan

$$\text{kütlece yüzde} = \frac{\text{elekte kalan kütle}}{\text{toplam kütle}} \times 100 \qquad \text{kütlece yüzde} = \frac{18,8}{102,4} \times 100$$

Kütlece yüzdesi = 18,4'tür.

35 numaralı elekte 25,8 gram karbon karası olduğundan

$$\text{kütlece yüzde} = \frac{\text{elekte kalan kütle}}{\text{toplam kütle}} \times 100 \qquad \text{kütlece yüzde} = \frac{25,8}{102,4} \times 100$$

Kütlece yüzdesi = 25,2'dir.

60 numaralı elekte 23,7 gram karbon karası olduğundan

$$\text{kütlece yüzde} = \frac{\text{elekte kalan kütle}}{\text{toplam kütle}} \times 100 \qquad \text{kütlece yüzde} = \frac{23,7}{102,4} \times 100$$

Kütlece yüzdesi = 23,1'dir.

120 numaralı elekte 15,8 gram karbon karası olduğundan

$$\text{kütlece yüzde} = \frac{\text{elekte kalan kütle}}{\text{toplam kütle}} \times 100 \qquad \text{kütlece yüzde} = \frac{15,8}{102,4} \times 100$$

Kütlece yüzdesi = 15,4'tür.

Tavada 8,60 gram karbon karası olduğundan

$$\text{kütlece yüzde} = \frac{\text{elekte kalan kütle}}{\text{toplam kütle}} \times 100 \qquad \text{kütlece yüzde} = \frac{8,6}{102,4} \times 100$$

Kütlece yüzdesi = 8,4'tür.

1. Sıra Sizde

120 gram karbon karası üzerinde elek analizi uygulanıyor. Analiz sonunda 10 numaralı elekte 24 gram, 18 numaralı elekte 15 gram, 35 numaralı elekte 20 gram, 60 numaralı elekte 26 gram, 120 numaralı elekte 25 gram ve tavada 10 gram karbon karası toplandığı belirleniyor. **Buna göre her bir elekte ve tavada biriken karbon karasının kütlece yüzdesini hesaplayıp bulduğunuz sonuçları aşağıda verilen tablodaki uygun hücrelere yazınız.**

	Elek No. 10	Elek No. 18	Elek No. 35	Elek No. 60	Elek No. 120	Tava	Toplam
Karbon Karası Kütlesi (g)	24	15	20	26	25	10	120
Kütlece Yüzdesi							

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ELEK ANALİZİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Karbon karasının pelet boyutu dağılımını elek analizi ile belirlemek.

Araç Gereç: Hassas terazi, analitik elekler (10, 18, 35, 60 ve 120 numaralı), elek kapağı, elek altı tavası, katı numune alma aparatı ya da 100 mL'lik beher.

Kimyasal Maddeler: Karbon karası.

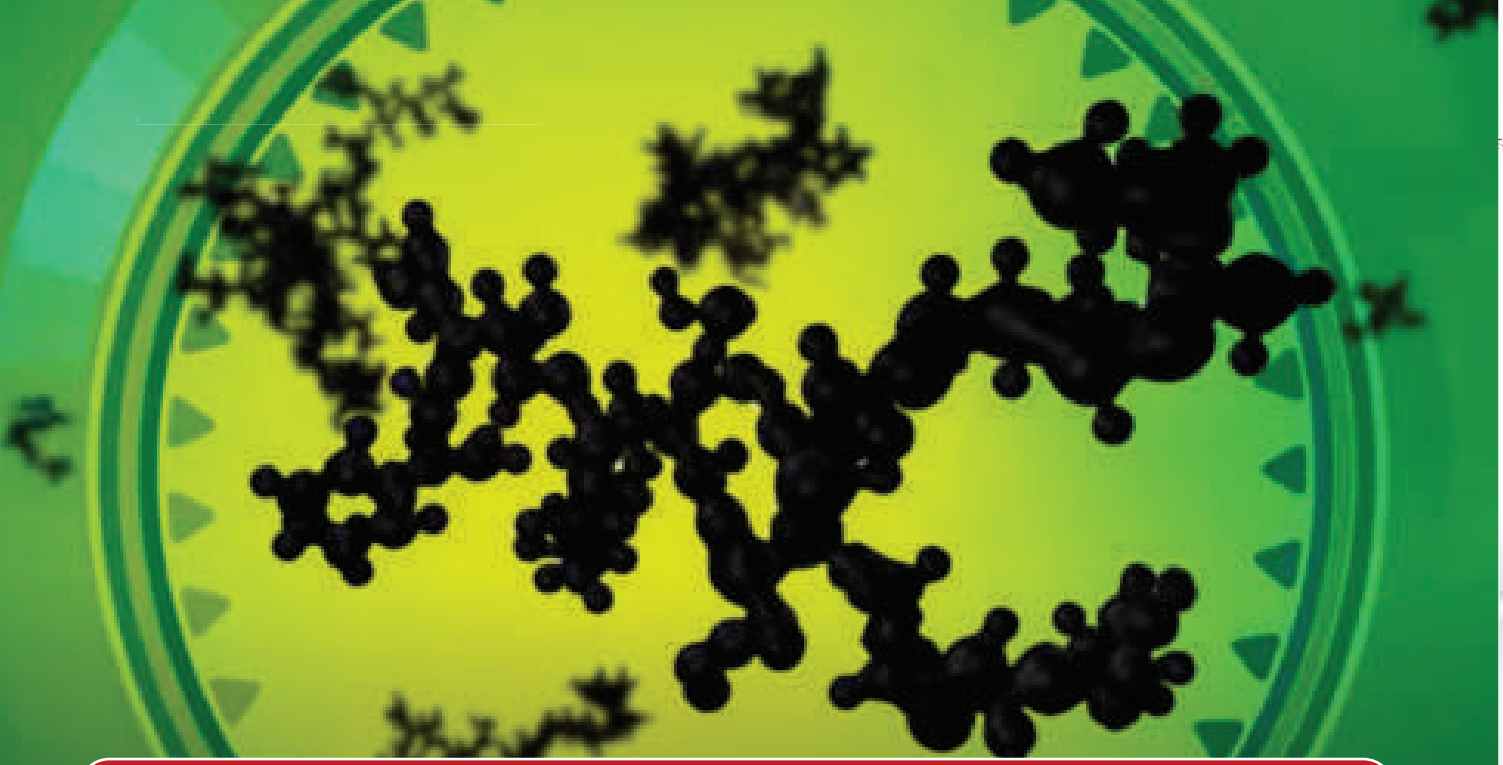
Uygulamanın Yapılışı

1. Katı numune alma aparatı ya da beheri karbon karasına daldırarak yaklaşık 100 gram numune alınız (Elek analizi için numunenin dökülerek alınması uygun değildir.).
2. Numuneyi hassas terazide tartarak kütlesini ölçüp not ediniz.
3. Elekleri (sırasıyla 120, 60 , 35, 18 ve 10 numaralı elekler) alttan üste doğru birbirine ekleyip en alta elek altı tavasını takınız.
4. Numuneyi en üstteki eleğe döküp kapağını kapatınız.
5. Elekleri düşmeyecek biçimde tutarak en az 5 dakika boyunca mümkün olduğunca küçük genliklerle sallayarak ve ara sıra düşey yönde sarsarak numuneyi eleyiniz.
6. Eleme işlemi tamamlandığında elekleri dikkatli biçimde birbirinden ayırıp her bir elekte kalan ve elek tavasında biriken karbon karasını tartarak sonuçları not ediniz.
7. Aşağıda verilen eşitliğe göre her bir elekte kalan ve tavada biriken karbon karasının kütlece yüzdesini %0,1 hassasiyetle hesaplayıp not ediniz.

$$\text{kütlece yüzde} = \frac{\text{elekte kalan kütle}}{\text{toplam kütle}} \times 100$$

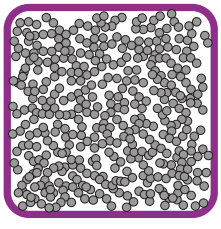
Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Numunenin kütlesini ölçer.	20	15	10	5
3	Eleklerde biriken karbon karasını ölçer.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

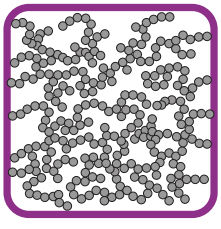


3.2. KARBON KARASI DAĞILIMININ MİKROSKOPLA TAYİNİ

Bir malzemenin imalatında hangi özelliğe sahip karbon karasının kullanılması gerektiği bilinmelidir. Örneğin düşük yapılı karbon karasının dayanıklılığı, siyah renk verme ve UV koruması (hava şartlarına dayanım) özellikleri yüksektir (Şekil 3.8). Yüksek yapılı karbon karasının ise viskozitesi fazladır ve boşlukları düşük yapılı karbon karasından daha fazla olduğundan eriyik hâlindeki bir polimerin içine nüfuz etme özelliği daha fazladır (Şekil 3.9). Bu nedenle karbon karasının kullanıldığı malzemeye kazandıracağı özelliklerin anlaşılması için boyut ve şekil gibi morfolojik özelliklerinin bilinmesi gerekir.



Şekil 3.8: Düşük yapılı karbon karası

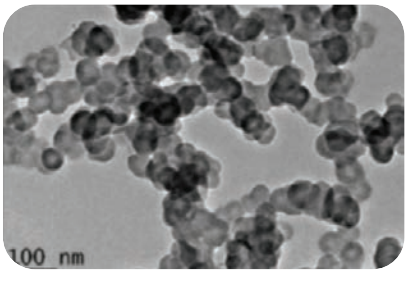


Şekil 3.9: Yüksek yapılı karbon karası

Karbon karasının parçacık boyutunda incelenmesi amacı ile elektron mikroskopları kullanılır. Örneğin karbon karasının nano boyutta özelliklerinin incelenmesi için transmisyon (iletim türü, geçirimli) elektron mikroskobu (TEM) kullanılabilir (Görsel 3.2). Bu yöntemde elektronlar ince bir karbon karası numunesinden geçirilir. Elektronların malzeme ile olan etkileşimleri yüksek çözünürlüklü olarak görüntülenir (Görsel 3.3).



Görsel 3.2: Transmisyon elektron mikroskobu (TEM)



Görsel 3.3: Karbon karasının TEM altındaki görüntüsü (Hess ve Herd, 1993)

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
MİKROSKOBİK TAYİN

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Karbon karası dağılımının mikroskopla tayinini yapmak.

Araç Gereç: Mikroskop, lam, lamel, spatül.

Kimyasal Maddeler: Karbon karası.

Uygulamanın Yapılışı

1. Spatül yardımı ile bir miktar karbon karası numunesi alarak lam üzerine koyunuz.
2. Lameli lamdaki numunenin üzerine koyunuz.
3. Mikroskobu ayarlayınız. Büyütme oranı en küçük olan objektiften başlamak suretiyle sırasıyla tüm objektifleri kullanarak karbon karası numunesini inceleyiniz.



4. Karbon karası dağılımı ile ilgili, mikroskopla yaptığınız gözlemlerinizi her objektif için ayrı ayrı not ediniz. Gördüklerinizi çizmeye çalışınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	İnceleme öncesi numuneyi hazırlar.	20	15	10	5
3	Karbon karası dağılımını tayin eder.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



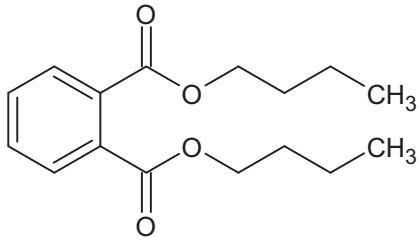
3.3. DİBÜTİLFTALAT (DBP) ABSORPSİYONU

DBP absorbsiyon testi, sektörde **yağ emme sayısı (OAN)** olarak da bilinir. Bu test, karbon karası içeren kauçukların işlenebilirlik ve vulkanizasyon özellikleri ile ilişkilidir. Karbon karasının agrega ve aglomera yapıları ne kadar karmaşıksa yağ emme sayısı ya da DBP absorbsiyonu o kadar yüksek olacaktır. DBP absorbsiyonunun yüksek olması; karbon karasının yumuşak olduğunu, kolay işlenebileceğini ancak düşük mukavemet sağlayacağını gösterir. DBP absorbsiyonu azaldıkça karbon karasının sertliği artar. Kauçuk zor işlenir ancak mukavemeti artar.

DBP absorbsiyon testi **absorbtometre** denilen cihazlarla yapılır: Kuru karbon karası örneği cihazın haznesine konur. Haznede bir rotora bağlı ve sabit hızla dönen bıçaklar bulunur. Toz hâlindeki karbon karası, serbest akış hâlindedir ve dönen bıçaklara bir direnç göstermez. Sektörde yağ olarak adlandırılan **dibütil ftalat**; hazneye otomatik bir büret aracılığıyla, sabit hızla eklenir (Şekil 3.10). Karbon karası; dibütil ftalatı emerek serbest akabilen, tozdan plastik macun kıvamına geçer. Plastik macun, belli bir viskoziteye sahiptir ve bıçaklara direnç gösterir. Bıçakları döndüren rotora bağlı bir sensör bu direnci ölçer ve rotor torku belli bir değere ulaşınca makine otomatik olarak durur. Birim kütle başına harcanan yağ miktarı **yağ emme sayısı** olarak adlandırılır. Yağ emme sayısı aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$\text{yağ emme sayısı} = \frac{\text{harcanan DBP hacmi (mL)}}{\text{karbon sayısı kütlesi (g)}} \times 100$$

Hesaplanan yağ emme sayısının birimi 10^{-5} m^3/kg'dır.



Şekil 3.10: Dibütilftalat molekülü

Örnek

40 gramlık kuru karbon karası numunesinin yağ emme sayısının tayin edilmesi isteniyor. Numune absortometreye konuluyor. Absortometre ile yapılan ölçüm sonucunda harcanan yağ (DBP) miktarının 2 mL olduğu belirleniyor. **Buna göre numunenin yağ emme sayısını hesaplayınız.**

Çözüm

$$\text{yağ emme sayısı} = \frac{\text{harcanan DBP hacmi (mL)}}{\text{karbon sayısı kütlesi (g)}} \times 100 \text{ formülü kullanılır.}$$

$$\text{yağ emme sayısı} = \frac{2}{40} \times 100 \qquad \text{yağ emme sayısı} = 5$$

Yağ emme sayısı, $5 \times 10^{-5}\ m^3/kg$ olarak bulunur.

2. Sıra Sizde

55 gramlık kuru karbon karası numunesinin absortometre ile yapılan ölçümü sonucunda harcanan dibütilftalat miktarı 1,1 mL olarak bulunuyor. **Buna göre numunenin yağ emme sayısını hesaplayınız.**

3. Sıra Sizde

Kütlesi bilinmeyen bir kuru karbon karası numunesinin yağ emme sayısının tayini yapılıyor. Tayin sırasında harcanan yağ (DBP) miktarının 4 mL ve numunenin yağ emme sayısının 8 olduğu belirleniyor. **Buna göre numunenin kütlesi ne kadardır?**

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DBP ABSORBSİYONU / YAĞ EMME SAYISI

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Karbon karasının yağ emme sayısını belirlemek.

Araç Gereç: Hassas terazi, saat camı, etüv, desikatör, sabit tartıma getirilmiş saat camı veya petri kabı, absorbtometre, maşa, eldiven.

Kimyasal Maddeler: Karbon karası, DBP.

Uygulamanın Yapılışı

1. Yaklaşık 40 gram karbon karası alıp, kütlesi (g_1) belli olan uygun boyutlu saat camı veya petri kabına koyarak 125 ^{o}C sıcaklığa ayarlanmış etüvde 1 saat boyunca kurutunuz .
2. Etüvden aldığınız numuneyi bir desikatöre koyarak 30 dakika boyunca soğutunuz ve tartarak kütlesini (g_2) not ediniz.
3. Ölçtüğünüz son kütleden darayı çıkararak (g_2- g_1) karbon karasının net kütlesini hesaplayınız (B) ve sonucu not ediniz.
4. Test sırasında absorbtometrenin sıcaklığının 23 $\mp$ 5 ^{o}C olması için cihazı açarak 10 dakika bekleyiniz.
5. Karbon karası numunesini absorbtometrenin karıştırma haznesine ekleyerek büreti yağ (DBP) ile doldurunuz.
6. Büretin damlatma borusunda hava kabarcığı kalmadığından emin olmak için damlatma ucuna bir atık kabı yerleştirerek yaklaşık 1 mL yağı atık kabına boşaltınız.
7. Büretin damlatma borusunun ucunu karıştırma haznesinin üzerine getirerek büretin dijital sayacını sıfırlayınız. Absorbtometreyi çalıştırınız ve kendiliğinden durmasını bekleyiniz.
8. Absorbtometre durduğunda dijital sayaçtan kaç mL yağ harcandığını okuyup not ediniz (A).
9. Yağ emme sayısını aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplayınız.

$$\text{yağ emme sayısı} = \frac{A}{B} \times 100$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Ölçütler	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Karbon karasını etüvde kurutur.	20	15	10	5
3	Absorbtometreyi kullanarak ölçüm yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



3.4. KARBON KARASINDA İYOT ADSORPSİYONU

İyot adsorpsiyon sayısı, karbon karasının toplam yüzey alanını gösteren bir ölçüttür. İyot adsorpsiyon sayısı ne kadar büyükse test edilen karbon karasının tanecik boyutu o derece küçük, toplam yüzey alanı ise o derece büyüktür. Karbon karası içerisinde bulunan uçucu maddeler, yüzey gözenekliliği ve karbon karasının yaşı iyot adsorpsiyon sayısını etkiler.

İyot adsorpsiyon testi, belli miktardaki karbon karası numunesi üzerine belli hacimdeki standart iyot çözeltisi ilave edilip, mekanik karıştırıcıda karıştırılarak iyodun yüzeye bağlanmasının sağlanması ile yapılır. Karışımda bulunan yüzeye bağlanmamış serbest iyot miktarı, standart tiyosülfat çözeltisi ile titre edilerek belirlenir. Daha sonra belirli hacimdeki standart iyot çözeltisi tiyosülfat çözeltisi ile titre edilerek kör testi yapılır.

Test sırasında kullanılacak karbon karasının kütlesi Tablo 3.2'ye göre belirlenir. Eğer test sonucunda bulunan iyot adsorpsiyon sayısı test edilen karbon karası kütlesine karşılık gelen aralığın dışındaysa bulunan sonucun dâhil olduğu aralık dikkate alınarak uygun miktarda karbon karası örneği ile test tekrarlanmalıdır. Tablo 3.2'de verilen kütleler 25 mL iyot çözeltisi içindir. Gerekli görülmesi durumunda iyot çözeltisi hacmi ve örnek kütleleri Tablo 3.2'deki oranlar göz önünde bulundurularak 1 gramı aşmayacak şekilde artırılabilir.

Tablo 3.2: Karbon Karasının İyot Adsorpsiyon Testinde İyot Adsorpsiyon Sayısına Göre Kullanılacak Örnek Kütleleri

İyot Adsorpsiyon Sayısı	Örnek Kütlesi (g)	İyot Çözeltisi Hacmi: Örnek Kütlesi Oranı
0 - 130,9	0,5000	50:1
131,0 - 280,9	0,2500	100:1
281,0 - 520,9	0,1250	200:1
521 ve yukarısı	0,0625	400:1

Aşağıdaki eşitlik kullanılarak iyot adsorpsiyon sayısı hesaplanır.

$$\text{iyot adsorbsiyon sayısı} = \frac{(B-S)}{B} \times \frac{V}{W} \times N \times 126{,}91$$

B: kör deneyinde harcanan sodyum tiyosülfat hacmi (mL)

S: test sırasında harcanan sodyum tiyosülfat hacmi (mL)

V: iyot çözeltisinin hacmi (mL)

W: karbon karasının kütlesi

N: iyot çözeltisinin normalitesi

Örnek

0,5 gram karbon karası numunesinin (W) iyot adsorpsiyon testi sırasında harcanan sodyum tiyosülfat hacmi (S) 16 mL, kör deneyinde harcanan sodyum tiyosülfat hacmi (B) 27 mL olarak belirleniyor. **Test sırasında kullanılan 0,0473 N derişimli iyot çözeltisinin hacmi (V) 25 mL ise numunenin iyot adsorpsiyon sayısını bulunuz. Bulduğunuz iyot adsorpsiyon sayısı test ettiğiniz karbon karası kütlesi için beklenen aralıkta mıdır? Testin tekrarlanması gerekir mi?** (Çözüm için Tablo 3.2'yi kullanınız.)

Çözüm

$$\text{iyot adsorbsiyon sayısı} = \frac{(27-16)}{27} \times \frac{25}{0{,}5} \times 0{,}0473 \times 126{,}91$$

İyot adsorpsiyon sayısı, 122,3 olarak bulunur.

Bulunan adsorpsiyon sayısı 0,5 gram numune (karışım oranı 50:1) için beklenen aralık olan 0-130,9 aralığında olduğu için testin tekrarlanmasına gerek yoktur.

4. Sıra Sizde

1 gram karbon karası numunesinin (W) iyot adsorpsiyon testi sırasında harcanan sodyum tiyosülfat hacmi (S) 120,6 mL, kör deneyinde harcanan sodyum tiyosülfat hacmi (B) 183,2 mL olarak belirleniyor. **Test sırasında kullanılan 0,0473 N derişimli iyot çözeltisinin hacmi (V) 200 mL ise numunenin iyot adsorpsiyon sayısını bulunuz. Bulduğunuz iyot adsorpsiyon sayısı test ettiğiniz karbon karası kütlesi için beklenen aralıkta mıdır? Eğer testin tekrarlanması gerekli ise iyot çözeltisi hacminin örnek kütlesine oranı ne olmalıdır?** (Çözüm için Tablo 3.2'yi kullanınız.)

3.4.1. İyot Adsorpsiyon Testinde Kullanılan Standart Çözeltiler ve Hazırlanışları

Test sırasında kullanılacak standart çözeltiler satın alınabilir ya da laboratuvarda hazırlanabilir. Kullanılacak çözeltiler hangi kaynaktan elde edilirse edilsin mutlaka standardize edilmeleri gerekir. Standardizasyon işlemleri için ASTM D1510 belgesine göz atınız.

İyot Çözeltisi (0,04728 N)

1000 mL'lik balon jojeye 57 gram KI ve 100 mL saf su eklenerek KI çözününceye kadar karıştırılır. Çözeltiye 6 gram iyot eklenir. Balon joje, iyodun çözünmesi için iyice çalkalanır. Çözelti hacmi, saf su ile 1000 mL'ye tamamlanır. Hazırlanan çözelti, koyu renk cam şişeye aktarılarak muhafaza edilir.

Sodyum Tiyosülfat Çözeltisi (0,0394 N)

1000 mL'lik balon jojeye 7,825 gram $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ve 250 mL saf su eklenerek $Na_2S_2O_3.5H_2O$ çözününceye kadar karıştırılır. Çözeltiye 4 mL amil alkol eklenir. Çözelti hacmi, balon joje iyice karıştırıldıktan sonra saf su ile 1000 mL'ye tamamlanır. Hazırlanan çözelti, uygun bir şişeye alınarak muhafaza edilir.

Nişasta Çözeltisi (%1)

100 mL'lik bir behere 1 g çözünür nişasta ve 0,002 g salisilik asit konur. İnce bir macun yapmak için karışıma yeterli miktarda saf su, baget ile karıştırılarak eklenir. 100 mL saf su, 250 ml'lik behere konarak ocak üzerinde kaynatılır. Hazırlanan macun kıvamındaki nişasta karışımı kaynayan suya eklenir ve karışım 2-3 dakika daha karıştırılarak kaynatılır. Çözelti soğutulduktan sonra içerisine 2-3 gram kadar KI eklenir. Hazırlanan çözelti, uygun bir şişeye alınarak muhafaza edilir.

Meraklısına

RENKLİ ARACA SİYAH LASTİK

Otomobil alırken çoğu zaman rengine dikkat edilir. Renk seçiminde; kullanım amacı, kullanılacağı yerin iklim şartları, kişisel tercihler rol oynar. İnsanların, diğer özelliklerini beğendiği hâlde sadece renginden dolayı otomobili almaktan vazgeçtiği olmuştur. Örneğin makam araçları siyah olur. Sıcak iklimlerde açık, soğuk iklimlerde ise daha çok koyu renkli araçlar tercih edilir.

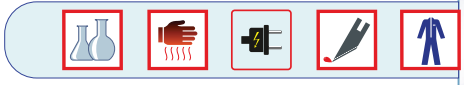
Araçların kaporta rengi bu kadar önemli iken neden lastikleri hep siyah renkte üretilir? Renkli lastiklere sahip otomobil, uçak, motosiklet veya traktöre hiç rastlanmaz. Lastiklerin siyah olması alıcıların estetik kaygısı mıdır? İnsanlar otomobillere en çok siyah renkli lastikleri mi yakıştırır? Yoksa üreticiler başka sebeplerle mi siyah rengi tercih eder? Bu sorulara verilecek en kısa yanıt: Lastik renginin siyahlığı üreticilerin kullandığı malzemelerden kaynaklanmaktadır.

Tekerleklerin ilk keşfinden sonra yıllar içinde üretimi için en uygun ham maddenin kauçuk olduğu anlaşıldı. Doğal ve yapay kauçuklar siyah renkli değildi. Kauçuklardan yapılan tekerleklerin daha sağlam, uzun ömürlü, esnek olması gibi nedenlerle lastiğe katkı maddeleri eklenmesi ihtiyacı doğmuştu. Bu amaçla kauçuğa eklenen, lastiğe siyah rengi veren madde karbon karasıdır. Karbon karası lastiğe dayanıklılık vermek için katıldı ve kendi rengini de lastiğe kabullendirdi. Lastiğe katılan diğer katkıların hiçbiri siyah rengi değiştirecek pigmente sahip değildir. Lastik bileşimi değiştirildiğinde dayanımı azalacağından renk verici başka katkılar da kauçuğa katılamadı. Bugünkü teknolojik gelişmelerde de karbon karasının yerini alabilecek daha ekonomik daha işlevsel bir katkı maddesi henüz bulunamadı.

Araştırmacılar, gelecekte karbon karasının yerini alabilecek, çevreci bir katkı maddesi bulmayı amaçlamalı ve bu doğrultuda çalışmalıdır.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
İYOT ADSORPSİYONU

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Karbon karasının iyot adsorpsiyon sayısını belirlemek.

Araç Gereç: Hassas terazi, etüv, desikatör, maşa, eldiven, petri kabı, büret, pipet, mekanik karıştırıcı, santrifüj cihazı, 2 adet 250 mL'lik erlen, 25 mL'lik (ya da uygun boyutlu) kapaklı cam şişe.

Kimyasal Maddeler: Karbon karası, 0,0394 N sodyum tiyosülfat çözeltisi, 0,0473 N iyot çözeltisi, %1'lik nişasta çözeltisi.

Uygulamanın Yapılışı

1. Yeterli miktarda karbon karası örneğini bir petri kabı içerisinde, 125 ^{o}C sıcaklığa ayarlanmış etüvde 1 saat kurutunuz.
2. Etüvden aldığınız örneği 30 dakika boyunca desikatörde soğutunuz.
3. Tablo 3.2'yi inceleyerek beklenen adsorpsiyon sayısına uygun miktarda kuru karbon karası örneğini 0,0001 gram hassasiyetle tartarak uygun bir cam şişeye alınız. Karbon karasının kütlesini (W) not ediniz. (İsterseniz Tablo 3.2'deki kütleleri artırabilirsiniz ancak bu durumda kullanmanız gereken çözelti hacminin de tablodaki hacim kütle oranına göre artacağını, test edilen karbon karası kütlesinin asla 1,0000 gramı aşmaması gerektiğini unutmayınız. Örnek kütlesini artırdıysanız sonraki aşamalarda uygun hacimde çözelti kullanınız.)
4. Numunenin bulunduğu cam şişeye 25 mL 0,0473 N iyot çözeltisi ilave ediniz.
5. Şişeyi mekanik karıştırıcıya yerleştiriniz. Karıştırıcıyı 240 devir/dakikaya ayarlayarak karışımı 1 dakika boyunca karıştırınız.
6. Şişeyi karıştırıcıdan alarak santrifüj cihazına yerleştiriniz. Karbon karası peletlenmiş ise 1 dakika, aksi hâlde 3 dakika boyunca santrifüjleyiniz.
7. Şişede bulunan çözeltinin üzerinden 20 mL'sini, 250 mL'lik bir erlene pipet yardımıyla alınız.
8. Büreti 0,0394 N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile doldurunuz.
9. Sodyum tiyosülfatı, erlendeki çözeltinin rengi soluk sarı oluncaya kadar büret yardımıyla çözeltiye ekleyiniz.
10. Erlendeki soluk sarı çözeltiye 5 damla %1'lik nişasta çözeltisi damlatınız.
11. Mavi ya da mavi-mor renk tamamen yok oluncaya kadar titrasyon işlemine devam ediniz. İşlem tamamlandığında harcanan sodyum tiyosülfat hacmini (S) not ediniz.
12. Kör testi için başka bir erlene 20 mL 0,0473 N iyot çözeltisi ekleyerek 8, 9 ve 10. uygulama basamaklarını tekrarlayınız. Harcanan sodyum tiyosülfat hacmini (B) not ediniz.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
İYOT ADSORPSİYONU

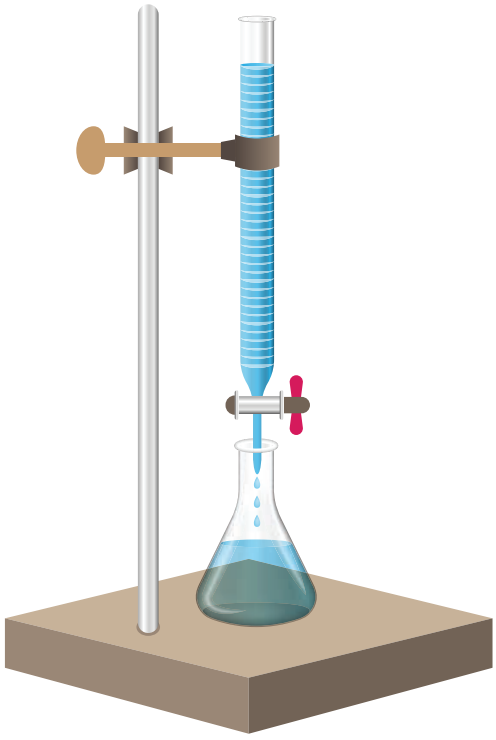
Güvenlik İşaretleri



13. Aşağıdaki eşitliği kullanarak iyot adsorpsiyon sayısını hesaplayınız.

$$\text{iyot adsorbsiyon sayısı} = \frac{(B-S)}{B} \times \frac{V}{W} \times N \times 126{,}91$$

14. Bulduğunuz iyot adsorpsiyon sayısının test ettiğiniz karbon karası kütlesi için beklenen aralıkta olup olmadığını, testin tekrarlanmasının gerekip gerekmediğini raporunuzda belirtiniz.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Karbon karasını uygun miktarda tartar.	20	15	10	5
3	Titrasyon işlemini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki ifadeler doğru ise önündeki kutucuğa (√), yanlış ise (X) işaretini koyunuz. Yanlış ifadelerin doğrusunu altındaki boşluğa yazınız.

1. ☐ Fırın siyahı, karbon karası üretimi için kullanılan en yaygın üretim prosesidir.

.....

2. ☐ Termal siyahı, lastiğe eşit kütleli fırın siyahına göre daha fazla mukavemet kazandırır. ..

.....

3. ☐ Karbon karasının ultraviyole emilimi ve koruması, birincil parçacık boyutu küçüldükçe artar.

.....

4. ☐ Elek analizi, karbon karasının pelet formundaki boyutunun dağılımının belirlenmesini sağlar.

.....

5. ☐ Toz formdaki karbon karası taşınırken pelet formdaki karbon karasına göre etrafı daha az kirletir.

.....

6. ☐ Transmisyon elektron mikroskobu (TEM), karbon karasının parçacık boyutunda incelenmesi amacıyla kullanılır.

.....

7. ☐ Karbon karası, eklendiği malzemeye sadece siyah renk vermek için kullanılır.

.....

8. ☐ DBP absorbsiyonu yüksek olan karbon karasının sertliği daha fazladır.

.....

9. ☐ İyot adsorpsiyonu ile numunenin yağ emme sayısı belirlenir.

.....

10. ☐ Numunenin yaşı, iyot adsorpsiyon testinde elde edilen sonucu etkiler.

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. **Aşağıdakilerden hangisi karbon karası üretimi için kullanılan temel proseslerden biri değildir?**

A) Asetilen siyahı B) Fırın siyahı C) Kanal siyahı
D) Lastik siyahı E) Termal siyahı

2. **Kanal siyahı üretim prosesinde karbon kaynağı olarak kullanılan ham madde aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Asetilen B) Doğal gaz C) Ham petrol
D) Lamba yağı E) Metan gazı

3. **Karbon karasının birincil parçacık denilen temel yapı birimlerinin birbirine bağlanarak oluşturduğu üzüm salkımı benzeri 85 ila 500 nm boyutlu yapı aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Aglomera B) Agrega C) Asetilen
D) Grafit E) İs karası

4. I. boyama gücü
II. dağılma kabiliyeti
III. renginin koyuluğu
IV. ultraviyole dayanımı
Yukarıda verilen özelliklerden hangileri agrega ve aglomera boyutlarına bağlıdır?
A) I ve II B) II ve III C) III ve IV D) I, III ve IV E) I, II, III ve IV

5. Karbon karasının özellikleri hakkında bilgi veren kodlar kullanılmaktadır. Bu kodlarda harfler ve sayılar vardır. **Aşağıdakilerden hangisinde verilen N (normal kür) koduna sahip karbon karasının ortalama tane boyutu en büyük, toplam yüzey alanı en küçüktür?**

A) N650 B) N375 C) N347 D) N220 E) N110

6. 200 gram karbon karası üzerinde elek analizi uygulanıyor. Analiz sonunda 10 numaralı elekte 18 gram ve tavada 9 gram karbon karası toplandığı belirleniyor. **Buna göre elekte ve tavada biriken karbon karalarının kütlece yüzdesi sırası ile aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?**

A) 9 ve 4,5 B) 18 ve 9 C) 27 ve 12 D) 36 ve 9 E) 36 ve 18

7. **Karbon karası için yapılan DBP absorbsiyonu testi ile amaçlanan nedir?**

A) Karbon karasının çapını ölçmek

B) Yüzeye tutunma derecesini ölçmek

C) Parçacık boyutunu mikroskopla görüntülemek

D) Numunenin yağı emme sayısını belirlemek

E) Numunenin renk koyuluğunu ölçmek

8. I. Büyükse karbon karasının tanecik boyutu daha küçüktür.
II. Küçükse karbon karasının yüzey alanı daha büyüktür.
III. Karbon karasında bulunan uçucu maddelerden etkilenir.
İyot absorpsiyon sayısı için yukarıda verilen ifadelerden hangisi/hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

9. Kuru karbon karası numunesine yapılan yağ emme sayısı tayini işleminde numunenin yağ emme sayısı 10 olarak bulunuyor. **İşlem sırasında harcanan DBP miktarı 6 mL ise tayini yapılan numunenin kütlesi kaç gramdır?**
A) 10 B) 30 C) 40 D) 60 E) 80

10. 100 gramlık kuru karbon karası numunesinin yağ emme sayısının tayin edilmesi isteniyor. Numune absortometreye konuluyor. Absortometre ile yapılan ölçüm sonucunda harcanan yağ (DBP) miktarının 4 mL olduğu belirleniyor. **Buna göre numunenin yağ emme sayısı kaçtır?**
A) 1 B) 4 C) 5 D) 20 E) 25

11. I. Sektörde yağ emme sayısı olarak bilinir.
II. Absorbtometre denilen cihazlarla ölçülür.
III. Azaldıkça karbon karasının sertliği azalır.
DBP absorbsiyonu için yukarıda verilen ifadelerden hangisi/hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız III C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

4. ÖĞRENME BİRİMİ

YUMUŞATICILAR VE TESTLERİ

KONULAR

4.1. SU MİKTARI TAYİNİ
4.2. YOĞUNLUK TAYİNİ
4.3. VİSKOZİTE TAYİNİ
4.4. ALEVLENME NOKTASI TAYİNİ
4.5. ANİLİN NOKTASI TAYİNİ

Bu öğrenme biriminde, lastik üretiminde kullanılan yumuşatıcıları tanıyacak; yumuşatıcılara uygulanan testlerden su miktarı, yoğunluk, viskozite, alevlenme noktası ve anilin noktası tayininin nasıl yapıldığını öğreneceksiniz.

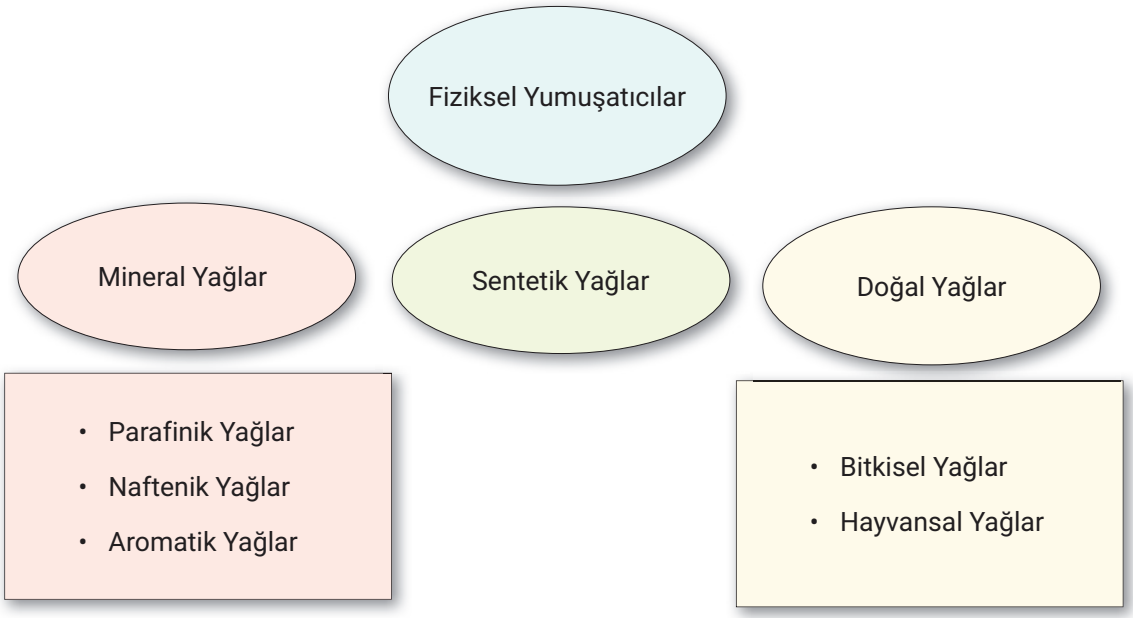
HAZIRLIK SORUSU



Araçlarda mevsim koşullarına göre yaz ve kış aylarında farklı lastikler kullanılmalıdır. Bunun neden arkadaşlarınızla tartışınız.

YUMUŞATICI NEDİR?

Kauçuğun viskozitesini düşüren ve kolay işlenmesini sağlayan maddelere **yumuşatıcılar** denir. Yumuşatıcılar; plastikleştiriciler, proses yağları ya da bağdaştırıcı yağlar olarak da adlandırılır. Yumuşatıcılar türüne göre kimyasal ve fiziksel yollarla görevlerini yerine getirebilir. Kimyasal yumuşatıcılar, polimer zincirlerin kimyasal olarak kırılmasına ve zincir uzunluğunun kısalmasına yardımcı olan maddelerdir. Kimyasal yumuşatıcılar genellikle mastikasyon sürecinde yer alırken sektörde, yağ olarak adlandırılan fiziksel yumuşatıcılar daha yaygın kullanılır. Fiziksel yumuşatıcılar; mineral yağlar, doğal (tabii) ve sentetik yağlar şeklinde sınıflandırılabilir (Şema 4.1).



Şema 4.1: Fiziksel yumuşatıcıların sınıflandırılması

Mineral yağlar petrolden elde edilir. Mineral yağlardan olan parafinik yağlar düz zincirli hidrokarbonlardan, naftanik yağlar halkalı hidrokarbonlardan, aromatik yağlar aromatik hidrokarbonlardan oluşur. Sentetik yağlar ise kimyasal yöntemlerle elde edilir. Genellikle ester yapılı bileşiklerdir. Özellikle nitril kauçuklarla birlikte kullanılır.

Fiziksel yumuşatıcılar, karbon karasından sonra lastik içinde oransal olarak en çok bulunan katkı maddesidir. Karbon karası ilavesinden sonra ortama eklenir. Karbon karası ve kauçuğun daha kolay karışmasını ve plastik bir hamur elde edilmesini sağlar. Karıştırma işlemini kolaylaştırır, karıştırma süresini kısaltır ve enerji sarfiyatını azaltır. Tıpkı karbon karası gibi kauçuğa oranla daha düşük maliyetli bir ürün olduğu için lastik hamurunun hacmini artırmak ve üretim maliyetini düşürmek için de kullanılır.

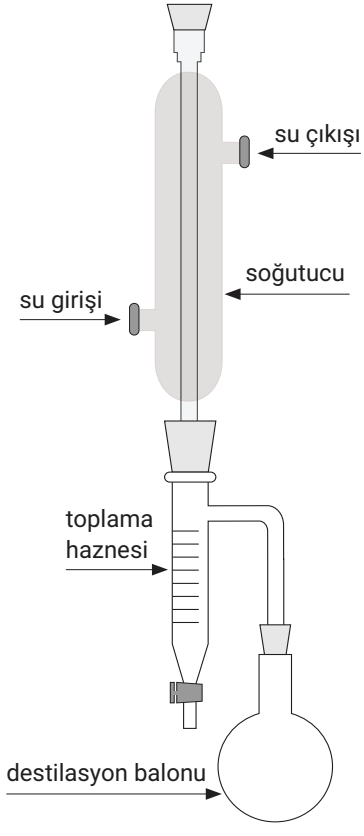
Yumuşatıcı seçimindeki en önemli faktörlerden biri maliyettir. Aynı zamanda kullanılan yumuşatıcıların kauçuk türü ile uyumlu ve asitliğinin düşük olması da istenir. Yüksek oranda asit içeren yağlar vulkanizasyon süresinin uzamasına neden olacağı için tercih edilmez. Yumuşatıcılar, lastik üretimi sürecinde vazgeçilmez proses ve dolgu maddeleridir ancak gereğinden fazla kullanılmaları durumunda önemli sorunlara neden olur. Solvent tipi yumuşatıcıların aşırı kullanılmaları ürünün fiziksel özelliklerinin bozulmasına, solvent içermeyen yumuşatıcıların aşırı kullanılmaları ise zamanla ayrışmaya (kusmaya) neden olur.



4.1. SU MİKTARI TAYİNİ

Dünya üzerinde çok miktarda su bulunur. Özellikle atmosferde bulunan su buharı (nem) atmosferle temas eden tüm maddelerin yapısına az ya da çok nüfuz eder. Lastik üretiminde kullanılan yumuşatıcıların içerisinde de bir miktar su bulunabilir. Yumuşatıcı içerisinde bulunan su, ürün kalitesini düşürür ve kirletici olarak kabul edilir. Bu nedenle yumuşatıcı bünyesinde bulunan su miktarının belirlenmesi gerekir.

Yumuşatıcı içerisinde bulunan su **Dean-Stark aygıtı** ile belirlenir (Şekil 4.1). Aygıt temelde bir damıtma cihazıdır. Aygıtla çalışmadan önce numunenin kütlesi belirlenir. Numune cam balona aktarılır. Uygun miktardaki çözücü de cam balona eklenip balon ısıtılır. (Parafinik ve naftanik yağlarda çözücü olarak ksilen, aromatik yağlarda çözücü olarak toluen kullanılır.) Buharlaşan su, geri soğutucu içerisinde sıvı hâle geçer ve küçük bir bürete benzeyen haznede (alıcı) toplanır. Alıcıda toplanan suyun hacmi ölçülerek kütlesi belirlenir. (Suyun özkütlesi 1 g/mL olduğu için hacmi kütlesine eşittir.) Su oranını doğru hesaplayabilmek için çözücünün içerisindeki su miktarı da kör testi ile belirlenir. Kör testi için test sırasında kullanılan hacimde çözücü alınarak temiz bir balona konur. Numunedeki su miktarının belirlenmesinde kullanılan yöntemle su miktarı ölçülür. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak örnek içerisindeki kütlece yüzde su miktarı belirlenir:



Şekil 4.1: Dean-Stark aygıtı

$$\%su = \frac{\text{su kütlesi - çözücüdeki su kütlesi}}{\text{örnek kütlesi}} \times 100$$

Örnek

20 gram yağ örneği 100 mL ksilen içinde çözülerek su miktarı test edilmiş ve 5 mL su içerdiği tespit edilmiştir. Yapılan kör testi ile de 100 mL ksilen içerisinde 3 mL su olduğu belirlenmiştir. **Bu yağ örneği kütlece yüzde kaç su içermektedir?**

Çözüm

$$\%su = \frac{\text{su kütlesi - çözücüdeki su kütlesi}}{\text{örnek kütlesi}} \times 100$$

eşitliği kullanılarak örnekteki su yüzdesi belirlenir:

$$\%su = \frac{5 - 3}{20} \times 100$$

$$\%su = 10$$

Su yüzdesi, %10 olarak bulunur.

1. Sıra Sizde

50 mL'lik bir yağ örneği 200 mL toluen içerisinde çözülerek su miktarı test edilmiş ve 7 mL su içerdiği tespit edilmiştir. Yapılan kör testi ile de 200 mL toluen içerisinde 4 mL su olduğu belirlenmiştir. **Bu yağ örneği kütlece yüzde kaç su içermektedir?**

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
YUMUŞATICIDA SU TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Yağ örneği içerisindeki su miktarını belirlemek.

Araç Gereç: Hassas terazi, mezür, beher, 2 adet 250 mL'lik damıtma balonu, ısıtıcı, Dean-Stark aygıtı, pamuk, geri soğutucu, bunzen mesnedi ve bağlama parçaları.

Kimyasal Maddeler: Ksilen, yumuşatıcı ya da madenî yağ.

Uyarı: Ksilen yanıcı, zehirli bir kimyasal maddedir. Bu nedenle ksilenle çalışılırken çok dikkatli davranılmalıdır. Çalışmalar kesinlikle çeker ocakta yapılmalıdır. Ksilenin buharı kesinlikle solunmamalıdır. Cilde temas etmesi durumunda temas ettiği yer, bol su ve sabun ile en az 5 dakika yıkanmalıdır. Göze sıçraması hâlinde göz, öncelikle 15-20 dakika bol su ile yıkanmalı ve gözü ksilene maruz kalan kişi hemen göz doktoruna götürülmelidir.

Uygulamanın Yapılışı

1. Uygun büyüklükte bir beher kullanarak 50 gram yumuşatıcı ya da madenî yağ tartınız. Kütleyi not ediniz (m_1).
2. Beherdeki numuneyi 250 mL'lik damıtma balonuna aktarınız.
3. Çeker ocakta bir mezür ile 100 mL ksilen ölçünüz. Ksilenin bir kısmı ile yağ tarttığınız beheri yıkayıp çözeltiyi ve ksilenin kalanını damıtma balonuna aktarınız.
4. Numuneyi içeren cam balonu aygıta Şekil 4.2'deki gibi bağlayınız.
5. Atmosferden gelen nemi engellemek için geri soğutucunun açıkta kalan üst ucuna bir miktar pamuğu hava geçişine izin verecek biçimde tutturup geri soğutucuyu çalıştırınız.
6. Isıtıcıyı çalıştırarak cam balonu ısıtınız.
7. Alıcı hariç cihazın hiçbir kısmında su/su buharı kalmayıncaya kadar ya da alıcıdaki su seviyesi 5 dakika boyunca sabit kalıncaya kadar ısıtma işlemine devam ediniz.
8. Alıcıdaki su hacmini ölçüp not ediniz (V_1).
9. Kör testi için temiz bir alıcı ve cam balon kullanarak 100 mL ksilen ile 5, 6 ve 7. adımları tekrarlayıp alıcıda toplanan suyun hacmini not ediniz (V_2).
10. Aşağıdaki eşitliği kullanarak numunenin kütlece su yüzdesini belirleyiniz.

$$\%su = \frac{V_1 - V_2}{m_1} \times 100$$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Ölçütler	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Numunenin kütlesini ölçer.	20	15	10	5
3	Alıcıda toplanan suyun hacmini ölçer.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

4.2. YOĞUNLUK TAYİNİ

Maddenin birim hacmi başına kütlesine **yoğunluk** denir, **ρ** (Latince rho) harfi ile gösterilir. SI birim sisteminde yoğunluk birimi **kg/m³**tür. Bir maddenin yoğunluğunun aynı sıcaklıktaki suyun yoğunluğuna oranına ise **bağıl yoğunluk** veya **özgül ağırlık** denir. Bağıl yoğunluk birimsiz bir büyüklüktür.

Saydam ya da yarı saydam sıvıların yoğunluğunu ölçmek için **hidrometre** denilen araç kullanılır. Hidrometreler genellikle camdan yapılır. Geniş bir alt kısım ve buna bağlı ölçü çizgileri içeren daha ince bir silindirden oluşur (Görsel 4.1). Hidrometrenin ölçüm aralığına uygun miktarda ağırlık oluşturmak için alt tarafında bulunan geniş kısmının içerisine kurşun gibi ağır materyaller eklenir. Ölçü çizgileri ise ölçüm yapılacak sıvının türüne göre belli birimlerde kalibre edilir. Farklı amaçlar için özel tasarlanmış hidrometreler de vardır. Örneğin sütün yoğunluğunu ölçen hidrometrelere **laktometre**, su-alkol karışımında alkol oranını ölçen hidrometrelere **alkolmetre**, meyve sularında şeker oranını ölçen hidrometrelere ise **sakarometre** denir.



Görsel 4.1: Hidrometre

Hidrometre ile yoğunluk ölçülürken yoğunluğu belirlenecek sıvı, hidrometre silindirine doldurulur. (Hidrometre silindiri cam, şeffaf plastik ya da metalden yapılmış olabilir. Kullanılacak hidrometre silindirinin çapı hidrometrenin en geniş kısmından en az 25 mm daha geniş, boyu hidrometrenin boyundan en az 25 mm daha uzun olmalıdır.) Hidrometre, yoğunluğu ölçülecek sıvı ile dolu olan silindire geniş kısmı aşağıda olacak biçimde yavaşça bırakılır (Görsel 4.2). Sıvı yoğunluğu sıcaklığa bağlı olarak değiştiği için sıvı ile hidrometre arasında ısı dengesi ve mekanik denge kurulana kadar beklenir, sonrasında okuma yapılır.



Görsel 4.2: Hidrometre ve hidrometre silindiri

Hidrometrenin ölçü çizgileri belirli birimlere göre düzenlenmiştir. Bu birimler; yoğunluk, bağıl yoğunluk (özgül ağırlık) ve API ağırlığı (genellikle petrol endüstrisi tarafından kullanılan yoğunluk birimi) olabilir. Ölçüm yapılırken kullanılan hidrometrenin hangi birime göre ayarlandığı bilinmelidir.

Lastik üretiminde yumuşatıcı olarak kullanılan yağların yoğunluğu ölçülürken numune, belirli bir sıcaklığa getirilir ve yaklaşık olarak aynı sıcaklığa getirilmiş bir hidrometre silindirine aktarılır. Yine yaklaşık aynı sıcaklıktaki uygun hidrometre, hidrometre silindirine indirilir ve çökmesine izin verilir. Sıcaklık dengesi kurulduktan sonra hidrometre ölçeği okunur ve hemen ardından numunenin sıcaklığı ölçülür. Gözlemlenen hidrometre okuması, petrol ölçüm tabloları aracılığıyla referans sıcaklıktaki yoğunluğa dönüştürülür. Gerekirse test sırasında aşırı sıcaklık değişimini önlemek için hidrometre silindiri ve içeriği, sabit bir sıcaklık banyosuna yerleştirilir.

Yoğunluğun belirlenmesi sırasında hidrometrenin gösterdiği değer, yoğunluk değil gözlemlenen hidrometre okumasıdır. Yoğunluk, daha önceden birime özel belirlenmiş sıcaklıklarda tanımlanmıştır. Yoğunluk için referans sıcaklık 15 ^{O}C, bağıl yoğunluk ve API ağırlığı için sıcaklık 60 ^{O}F'dır. Ölçüm yapılan sıcaklık, referans sıcaklıklara eşit değilse sıvının ve camın hacmi değişir. Bu durum ölçüm sonucunu etkiler. Sıcaklıktan kaynaklanan hacim değişimlerinin numune ve hidrometre için birlikte hesaplanması oldukça karmaşık olduğundan ASTM tarafından yayımlanan petrol ölçüm tablolarından yararlanılır. Ölçüm yapılan sıvının türüne göre hangi tablonun kullanılacağını belirlemek için ASTM D1250 belgesi incelenmelidir. ASTM D1250'ye göre genel amaçlı petrol ürünlerinde yoğunluk için Tablo 53B, bağıl yoğunluk için Tablo 23B, API ağırlığı için Tablo 5B; mineral yağlar için ise Tablo 53D ve Tablo 5D'den yararlanılabilir.

Tablo 4.1: Genel Amaçlı Petrol Ürünleri Yoğunluk Düzeltme Tablosu Kesiti

Sıcaklık (^oC)	Gözlemlenen Yoğunluk (ton/m^3)								
	750	751	752	753	754	755	756	757	758
	15 ^oC İçin Düzeltilmiş Yoğunluk (ton/m^3)								
20,0	754,4	755,4	756,4	757,4	758,4	759,4	760,4	761,4	762,4
20,5	754,8	755,8	756,8	757,8	758,8	759,8	760,8	761,8	762,8
21,0	755,3	756,3	757,3	758,3	759,3	760,3	761,3	762,3	763,3
21,5	755,7	756,7	757,7	758,7	759,7	760,7	761,7	762,7	763,7
22,0	756,2	757,2	758,2	759,2	760,2	761,2	762,1	763,1	764,1
22,5	756,6	757,6	758,6	759,6	760,6	761,6	762,6	763,6	764,6
23,0	757,1	758	759	760	761	762	763	764	765
23,5	757,5	758,5	759,5	760,5	761,5	762,5	763,5	764,5	765,4
24,0	757,9	758,9	759,9	760,9	761,9	762,9	763,9	764,9	765,9

Örnek

Hidrometre kullanılarak yapılan bir testte bir petrol ürününün 23,4 ^oC sıcaklıktaki yoğunluğu 753 ton/m^3 olarak gözlemleniyor. **Tablo 4.1'den yararlanarak bu petrol ürününün referans sıcaklıktaki yoğunluğunu belirleyiniz.**

Çözüm

Tablodan yararlanabilmek için ölçüm sıcaklığı, en yakın değer olan olan 23,5 ^oC'ye yuvarlanır. Bu petrol ürününün referans sıcaklıktaki yoğunluğu, tabloda 23,5 ^oC sıcaklık satırı ile 753 (gözlemlenen yoğunluk) sütununun kesiştiği kutucuktaki değer olan 760,5 ton/m^3 olarak belirlenir.

2. Sıra Sizde

Hidrometre kullanılarak yapılan bir testte bir petrol ürününün 21,2 ^oC sıcaklıktaki yoğunluğu 757 ton/m^3 olarak gözlemleniyor. **Tablo 4.1'den yararlanarak bu petrol ürününün referans sıcaklıktaki yoğunluğunu belirleyiniz.**

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
YUMUŞATICIDA YOĞUNLUK TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Yumuşatıcı örneğinin yoğunluğunu belirlemek.

Araç Gereç: Hidrometre, hidrometre silindiri ya da uygun boyutlu mezür, termometre, filtre kâğıdı, su banyosu.

Kimyasal Maddeler: Yumuşatıcı ya da madenî yağ.

Uygulamanın Yapılışı

1. Hidrometre silindiri veya mezür boyutlarını dikkate alarak yeterli miktarda numuneyi yeterince akışkan olacak ancak hafif bileşenlerin buharlaşmasına neden olmayacak biçimde uygun test sıcaklığına getiriniz. [Ölçüm sıcaklığının mümkün olduğunca referans sıcaklıklara yakın olması (15 ^{o}C/60 ^{o}F) önerilir.]
2. Laboratuvar sıcaklığı ile test sıcaklığı arasındaki fark ∓5 ^{o}C'den fazla ise uygun sıcaklıkta bir su banyosu kullanarak hidrometre silindiri, hidrometre ve termometrenin sıcaklığını yaklaşık test sıcaklığına getiriniz. Hava akımı varsa ve sıcaklık farkı çok yüksekse ölçümü su banyosu içinde yapınız.
3. Uygun miktarda numuneyi hava kabarcığı oluşturmayacak biçimde yavaşça temiz ve uygun sıcaklıktaki hidrometre silindirine doldurunuz. Buna rağmen silindirde hava kabarcığı oluştuysa temiz bir filtre kâğıdı kullanarak hava kabarcıklarını gideriniz.
4. Termal dengeyi sağlamak için hidrometre silindirindeki numuneyi termometre yardımıyla dikey ve dairesel yönlerde yavaşça karıştırınız. Termal dengenin kurulmasını sağladıktan sonra sıcaklığı 0,1 ^{o}C hassasiyetle ölçüp (t_1) kaydediniz.
5. Temiz ve kuru bir hidrometreyi numune içine indiriniz. Hidrometre yüzeyinde hava kabarcığı oluşursa temiz bir filtre kâğıdı ile gideriniz.
6. Termal ve mekanik dengenin kurulmasını bekledikten sonra numune yüzeyini göz hizasına alarak hidrometre değerini okuyunuz. Okuduğunuz değeri gözlemlenen yoğunluk (g_1) olarak kaydediniz.
7. Hidrometreyi numuneden çıkararak hidrometre içindeki numune sıcaklığını tekrar 0,1 ^{o}C hassasiyetle ölçüp (t_2) kaydediniz.
8. t_1 ve t_2 sıcaklıkları arasındaki fark 0,5 ^{o}C'tan fazla ise 4. adımdan itibaren testi su banyosu içinde tekrar ediniz.
9. Mümkünse gözlemlenen yoğunluğu (g_1) ve test sıcaklığını (t_2) kullanarak uygun petrol dönüşüm tablosu yardımıyla referans sıcaklıktaki yoğunluğa (ρ) dönüştürünüz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Test sıcaklığını ayarlar.	20	15	10	5
3	Hidrometre ile ölçüm yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



4.3. VİSKOZİTE TAYİNİ

Viskozite, akışkanlığın tersidir. Viskozitesi yüksek (ağdalı) sıvılar daha yavaş akar. Sıvıların viskozitesi, sıcaklık arttıkça azalır; sıvıyı oluşturan moleküller arasındaki etkileşimin gücü arttıkça artar.

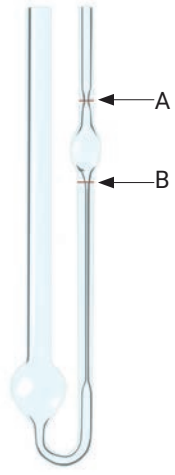
Akışkanlar için belli bir sıcaklıkta kayma gerilmelerinin (yatay kuvvetin alana oranı) kayma hızına (yatay şekil değiştirme hızı) oranı sabittir. Bu sabite **dinamik viskozite** ya da **mutlak viskozite** denir, **η** (Latince eta) harfi ile gösterilir. Mühendislik uygulamaları ve malzeme biliminde yaygın biçimde kullanılır. SI birim sisteminde dinamik viskozitenin birimi **Pa.s**'dir.

Dinamik viskozitenin akışkanın yoğunluğuna (ρ) oranına **kinematik viskozite denir**, *v* (Latince Nü) harfi ile gösterilir.

$$\eta = \frac{\rho}{v}$$

Akışkanların taşınması sırasında meydana gelen ısı ve kütle transferi, kinematik viskozite ile ilgilidir. Kimya, inşaat, makine ve lojistik sektörlerinde kullanılır. SI birim sisteminde birimi m^2/s'dir. Bu birimle hesaplanan kinematik viskozite değerleri çok küçük sayılar olduğundan, kinematik viskozitenin birimi olarak genellikle m^2/s'den 10^6 kat büyük olan mm^2/s tercih edilir.

Viskoziteyi ölçmek için kullanılan araçlara **viskozimetre** denir. Ölçüm yapılacak akışkanın türüne ve çalışma prensibine göre pek çok farklı türde viskozimetre (kılcal, düşen küre, titreşimli, orifis viskozimetreleri) vardır. Laboratuvarlarda viskozite ölçümü için genellikle **kılcal viskozimetre** kullanılır (Görsel 4.3). Kılcal viskozimetreye cam veya u-tüp viskozimetre ya da Oswald viskozimetresi de denir.



Görsel 4.3: Kılcal viskozimetre

Kılcal viskozimetre ile viskozite (kinematik viskozite) ölçümü yapılırken viskozitesi belirlenecek sıvı soldaki koldan viskozimetreye doldurulur, sağ kolun ucuna kauçuk hortum takılır. Viskozimetre sabit sıcaklıktaki su ya da yağ banyosuna konulur ve termal dengenin kurulması için yeteri kadar beklendikten sonra viskozimetrenin sağ kolundaki kauçuk hortum yardımıyla vakum uygulanarak ya da ağızla çekilerek sıvının sağ kolda A seviyesinin üstüne çıkması sağlanır. Sıvı, serbestçe akması için serbest bırakılır. Sıvı seviyesi A hizasına geldiğinde kronometre çalıştırılarak sıvı seviyesinin A hizasından B hizasına düşmesi için geçen süre ölçülür. Bazı otomatik viskozimetreler hariç sürenin 200 saniyenin altında olması istenmez. Eğer süre 200 saniyenin altındaysa çapı daha küçük bir viskozimetre ile testin tekrarlanması gerekir. Süre belirlendikten sonra aşağıdaki eşitlik kullanılarak sıvının kinematik viskozitesi belirlenir.

$$\nu = t \times C$$

ν: kinematik viskozite (mm^2/s)
t: zaman (s)
C: viskozimetre sabiti (mm^2/s^2)

Kinematik viskozite (ν) belirlendikten sonra aşağıdaki eşitlik kullanılarak sıvının dinamik viskozitesi de hesaplanabilir.

$$\eta = \nu \times \rho \times 10^{-3}$$

η: dinamik viskozite (mPa.s)
ρ: yoğunluk kg/m^3

Viskozimetre sabiti (C), kalibrasyon işlemi ile belirlenen ya da viskozimetrenin üreticisi tarafından sağlanan sıcaklığa bağlı bir büyüklüktür. Endüstriyel ve ticari uygulamalar için mutlaka akredite kurumlarca kalibre edilmiş viskozimetreler kullanılmalıdır. Kılcal viskozimetreler için viskozimetre boyutuna bağlı olarak yaklaşık viskozimetre sabitleri ve viskozimetrenin ölçüm aralığı Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: Viskozimetre Boyutuna Göre Viskozimetre Sabitleri ve Ölçüm Aralıkları

Boyut Numarası	Viskozimetre Sabiti (mm^2/s^2)	Ölçüm Aralığı (mm^2/s)
A	0,003	0,9-3
B	0,01	2-10
C	0,03	6-30
D	0,1	20-100
E	0,3	60-300
F	1	200-1000
G	3	600-3000
H	10	2000-10000

Viskozimetre ölçümü için otomatikleştirilmiş cihazlar kullanılabilir. Bu cihazlarla viskozite ölçümü yapmak için cihazın kullanım kılavuzunun incelenmesi gerekir.



Örnek

Bir mineral yağ numunesinin viskozitesi 20 ^{o}C sıcaklıkta, kılcal viskozimetre kullanılarak test ediliyor. Test sırasında numunenin iki işaret çizgisi arasında serbestçe akması için geçen süre 287,6 saniye olarak ölçülüyor. **Bu numunenin 20 ^{o}C sıcaklıktaki kinematik ve dinamik viskozitesini hesaplayınız.** (20 ^{o}C için viskozimetre sabiti 0,0134 mm^2/s^2, yoğunluk 743 kg/m^3)

Çözüm

t = 287,6 s

C = 0,0134 mm^2/s^2

ρ = 743 kg/m^3

v = t x c

v = 287,6 x 0,0134

v = 3,854 mm^2/s^2

$\eta = v \times \rho \times 10^{-3}$

η = 3,854 x 743 x 10^{-3}

η = 2,864 mPa.s



3. Sıra Sizde

Bir mineral yağ numunesinin viskozitesi 50 ^{o}C sıcaklıkta, kılcal viskozimetre kullanılarak test ediliyor. Test sırasında numunenin iki işaret çizgisi arasında serbestçe akması için geçen süre 321,5 saniye olarak ölçülüyor. **Bu numunenin 50 ^{o}C sıcaklıktaki kinematik ve dinamik viskozitesini hesaplayınız.** (50 ^{o}C için viskozimetre sabiti 0,0301 mm²/s², yoğunluk 736 kg/m³)

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
YUMUŞATICIDA VİSKOZİTE TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Yumuşatıcı örneğinin viskozitesini belirlemek.

Araç Gereç: Viskozimetre, viskozimetre tutucu, termometre, huni ya da pipet, kauçuk hortum, su banyosu, kronometre.

Kimyasal Maddeler: Yumuşatıcı ya da madenî yağ.

Uygulamanın Yapılışı

1. Viskozimetreyi viskozitesi ölçülecek sıvı numunesi ile tasarımına uygun biçimde doldurunuz.
2. Viskozimetreyi, viskozimetrenin kalibrasyon sıcaklığına uygun bir aralığa ayarlanmış sıcak su banyosuna viskozimetre tutucu yardımıyla dik biçimde (ya da viskozite türüne göre uygun biçimde) yerleştiriniz.
3. Termal dengenin sağlanması için viskozimetreyi en az 30 dakika su banyosunda bekletiniz.
4. Termal denge sağlandıktan sonra viskozimetredeki sıvı yüzeyini üst işaret noktasından yaklaşık 7 mm yukarıya vakum kullanarak ya da ağızla çekerek ayarlayınız. (Uçucu sıvılar için kesinlikle vakum kullanınız.)
5. Numune serbestçe akarken kronometreyi sıvı yüzeyi üst işaret noktasına ulaştığında çalıştırıp alt işaret noktasına ulaştığında durdurunuz.
6. Sıvının iki işaret noktası arasından akması için geçen süreyi 0,1 saniye hassasiyetli kronometreden okuyarak (t_1) kaydediniz. Süre 200 saniyeden daha kısa ise (otomatik viskozimetreler hariç) çapı daha küçük bir viskozimetreyle testi tekrarlayınız.
7. 4 ve 5. adımları tekrarlayarak yeni bir akış süresi belirleyiniz. Bu süreyi (t_2) 0,1 saniye hassasiyetle kaydediniz.
8. Aşağıdaki eşitlikte t_1 ve t_2 sürelerini kullanarak iki farklı kinematik viskozite değeri hesaplayınız.

$$v = t \times C$$

9. Hesapladığınız değerler numune için beklenen aralıkta ve birbirine yeterince yakın ise bu değerlerin ortalamasını alarak raporunuza yazınız. Aksi hâlde viskozimetreyi temizleyip kuruladıktan sonra testi tekrarlayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Termal dengeyi sağlar.	20	15	10	5
3	Viskozite ölçümünü yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



4.4. ALEVLENME NOKTASI TAYİNİ

Sıvılar her sıcaklıkta az ya da çok buharlaşır. Bir sıvının yüzeyinde biriken buharının basıncı (buhar basıncı) sıvının türüne ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Sıcaklık arttıkça buhar basıncı artar. Bir sıvının belirli koşullar altında, tutuşabilir buhar-hava karışımı oluşturabileceği en düşük sıcaklığa **alevlenme noktası** ya da **parlama noktası** denir.

Parlama noktası, **kendiliğinden tutuşma sıcaklığı** ile karıştırılmamalıdır. Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı parlama sıcaklığından daha yüksektir. Parlama noktası belirlenirken yanmanın başlaması için mutlaka bir ısı kaynağı (alev, kıvılcım veya kızdırılmış tel) kullanılırken kendiliğinden tutuşma sıcaklığının belirlenmesinde ısı kaynağı kullanılmaz. Buhar-hava karışımının belirli koşullar altında kendiliğinden tutuşması beklenir.

Yanıcı maddeler uluslararası geçerliliği olan özel bir piktogramla (Görsel 4.4) etiketlenir. Parlama noktası yanıcı sıvıların taşıma, depolama ve kullanımı sırasında göz önünde bulundurulması gereken güvenlik kriterlerinden biridir. Parlama noktası tayini, uçucu ya da yanıcı olmayan sıvıların uçucu ve yanıcı maddelerle kirlenip kirlenmediğinin belirlenmesi için de uygulanabilir. Ayrıca yakıtların özelliklerini tanımlamada ve ne şekilde kullanılacağını belirlemede kendiliğinden tutuşma sıcaklığı ile birlikte kullanılır. Örneğin benzinin parlama noktası (-43 ^{o}C) oda sıcaklığının çok altında olmasına rağmen kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (280 ^{o}C) oldukça yüksektir. Oysa dizel yakıtın parlama noktası (52-96 ^{o}C) oda sıcaklığının çok üstünde olmasına rağmen kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (210 ^{o}C) benzine göre daha düşüktür. Bu nedenle benzinli araçlarda benzinin tutuşması için bujiden yararlanılırken dizel araçlarda yakıtın sıkıştırılarak kendiliğinden tutuşması sağlanır.

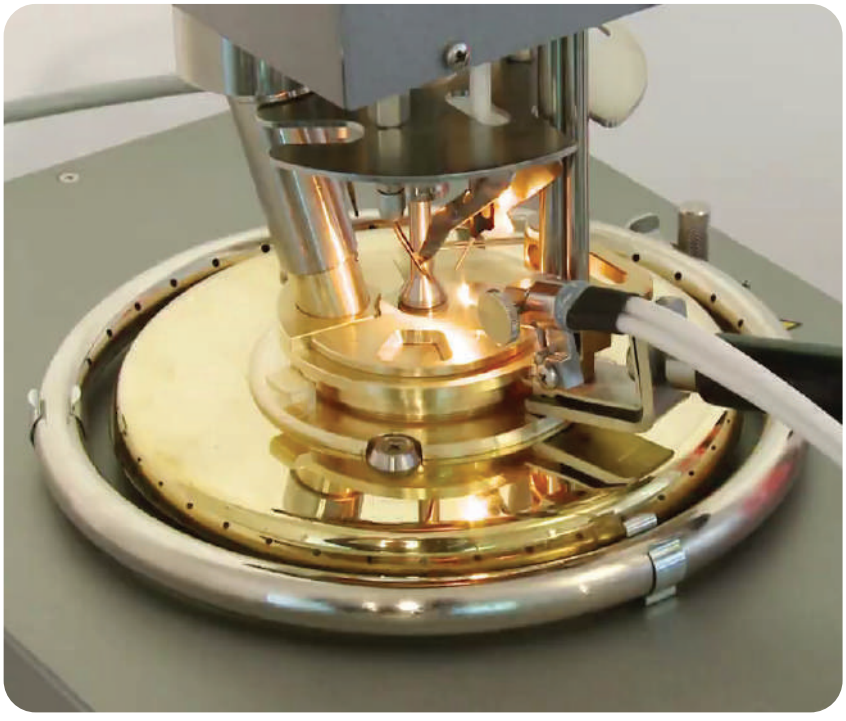


Görsel 4.4: Yanıcı maddelerin işaretlenmesinde kullanılan piktogram

Parlama noktası ölçümü için **açık kap** ve **kapalı kap** yöntemleri kullanılır. Her iki yöntemde de numune kap içinde ısıtılır (Bazı sıvıların önce soğutulup sonra ısıtılması gerekir.) ve belirli aralıklarla yüzeye yaklaştırılan bir ısı kaynağı ile tutuşup tutuşmadığı kontrol edilir. Yüzeyde biriken sıvı buharının alev aldığı en düşük sıcaklık parlama sıcaklığıdır. Ölçülen parlama sıcaklığı dış basınca, sıvının karıştırılıp karıştırılmamasına, ısı kaynağının sıvı yüzeyinden ne kadar yüksekte tutulduğuna ve kullanılan yönteme bağlı olarak değişir. Bu nedenle parlama noktasının belirlenmesinde **Cleveland (Kılivlınd) açık kap yöntemi** veya **Pensky Martens (Penski Martıns) kapalı kap yöntemi** gibi standartlaşmış yöntemler kullanılır.

Cleveland açık kap yöntemi, parlama noktası 79-400 ^{O}C arasında olan sıvılar; Pensky Martens kapalı kap yöntemi ise parlama noktası 40-360 ^{O}C arasında olan sıvılar için uygundur. Parlama noktası kullanılan yönteme de bağlı olduğu için aynı sıvının bu iki yöntemle belirlenen parlama noktaları aynı olmayacaktır. Genel olarak kapalı kap yöntemleri açık kap yöntemlerine göre daha düşük değerler verir.

Ham petrol, petrol ürünleri, atık yağlar ve diğer yanıcı sıvıların parlama noktası genellikle Pensky Martens kapalı kap yöntemi ile test edilir. Bu yöntemde kullanılan Pensky Martens aparatı, içinde bir seviye işareti bulunan belli boyutlarda pirinçten yapılmış bir kap ve kaba uygun bir mekanizma sayesinde kolayca açılıp kapanabilen bir kapaktan oluşur (Görsel 4.5). Genellikle kapağa dahil bir karıştırıcı da bulunur. Kap içerisindeki sıvı ısıtılıp karıştırılırken, kapak belli aralıklarla açılarak bir test alevi ya da kızdırılmış metal bir tel, sıvı yüzeyine uygun bir yüksekliğe kadar yaklaştırılır. Bu sırada alevin oluştuğu ve tüm sıvı yüzeyine yayıldığı en düşük sıcaklık parlama sıcaklığı olarak kabul edilir. Günümüzde bu testi sıvının türüne göre otomatik olarak yapan cihazlar da vardır.



Görsel 4.5: Pensky Martens aparatı

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ALEVLENME NOKTASI TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Yumuşatıcı örneğinin alevlenme (parlama) noktasını belirlemek.

Araç Gereç: Pensky Martens aparatı, pipet.

Kimyasal Maddeler: Yumuşatıcı ya da madenî yağ.

Uygulamanın Yapılışı

Uyarı: Test sırasında ani parlama ve yangın riski bulunduğundan cihazlar ile aranızda belirli bir mesafe bırakınız ve cihazın üzerine eğilmeyiniz. Yangın riskine karşı uygun bir yangın söndürme ekipmanını hazır bulundurunuz.Test sırasında kullanılacak aparatın temiz ve kuru olduğundan emin olunuz. Test örneğinin buharı ve yanma ürünleri sağlığa zararlı bileşenler içeriyorsa testi çeker ocak içinde yapınız. (Aparatı temizlemek için kullanılan aseton, toluen gibi pek çok solventin yanıcı olduğunu ve test sonuçlarını etkileyebileceğini unutmayınız.)

1. Aparatın çıkarılabilir sıvı haznesini işaretli yere kadar numune ile doldurunuz. Eğer sıvı seviyesi çizginin üzerine çıktıysa sıvıyı hazneyi eğerek dökmeyiniz, fazla sıvıyı pipet ile alınız.
2. Aparatın kapağını kapatınız. Kapağı yerinde tutmak için tespit eklentilerini ve kilitleri uygun konuma getiriniz.
3. Test alevini (pilot alev) yakınız ve alevin çapı 3,5-4,8 mm olacak şekilde ayarlayınız. Eğer ısı kaynağı olarak kızdırılmış metal tel kullanılıyorsa teli kızdırınız.
4. Dâhilî ısıtıcıyı numunenin sıcaklığı dakikada 5-6 ^{o}C artacak, karıştırma bileşenini ise 90-120 rpm olacak şekilde çalıştırınız.
5. Numunenin beklenen parlama noktasından 23 $\mp$ 5 ^{o}C düşük sıcaklıkta alev alıp almadığını kontrol ediniz.
6. Test numunesinin beklenen parlama sıcaklığı 110 ^{o}C'tan daha düşükse sıcaklıktaki her 1 ^{o}C artış için; test örneğinin beklenen parlama sıcaklığı 110 ^{o}C'tan daha yüksekse sıcaklıktaki her 2 ^{o}C artış için kapağı açarak test alevini örneğe yaklaştırınız ve alev alıp almadığını kontrol ediniz.
7. Örnek üzerinde alev oluşması ve alevin sıvı yüzeyine yayılması hâlinde sıcaklık ölçüm cihazındaki sıcaklığı parlama noktası olarak kaydediniz. (Test alevinin genişlemesi ya da mavi bir hale oluşumu parlama olarak kabul edilmez.)

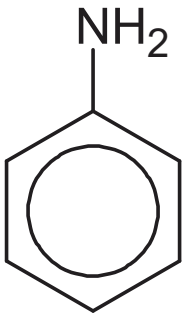
Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Numuneyi teste hazırlar.	20	15	10	5
3	Aparatın ayarlarını yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



4.5. ANİLİN NOKTASI TAYİNİ

Eşit hacimdeki anilin içinde saf hidrokarbon, hidrokarbon karışımları, madenî yağlar gibi petrol ürünlerinin ve diğer organik sıvıların homojen olarak karışabildiği en düşük sıcaklığa **anilin noktası** denir. Anilin noktası, test numunesinin aromatik, naftanik ve parafinik olarak sınıflandırılmasını sağlar. Anilin molekülü aromatik bir moleküldür (Şekil 4.2). Bu nedenle de içeriğinde aromatik yapılı moleküllerin oranı fazla olan organik sıvılar ve yumuşatıcı olarak kullanılan yağlar anilin içinde daha iyi çözünür. Yağın içeriğindeki parafinik moleküllerin oranı arttıkça anilin içindeki çözünürlüğü azalır. Bu nedenle aromatik yağların anilin noktası düşük, parafinik yağların anilin noktası yüksektir. Halkalı hidrokarbon içeriği yüksek olan naftanik yağların anilin noktası ise aromatik yağlardan yüksek, parafinik yağlardan daha düşüktür. Yağın türü ne olursa olsun genel olarak ortalama molekül kütlesi arttıkça çözünürlüğü azalır, anilin noktası artar.



Şekil 4.2: Anilinin molekül yapısı

Endüstride yaygın olarak kullanılan organik sıvılar genellikle farklı molekülleri içeren karışımlardır. Anilin noktası tayini sonucunda yapılan aromatik, naftanik ve parafinik sınıflandırılmasının göreceli olduğu ve keskin sınırlar içermediği bilinmelidir. Anilin noktası düşük olan bir numunenin anilin noktası daha yüksek bir numuneye göre daha fazla aromatik molekül içerdiği söylenebilir ancak bu numunenin tamamen aromatik moleküllerden oluştuğu anlamına gelmez.

Kaynama noktası anilin noktasının oldukça üzerinde olan berrak ve şeffaf organik sıvıların anilin noktası belirlenirken sudan arındırılmış anilin ve sudan arındırılmış numune eşit hacimde karıştırılır. Karışım, homojen (berrak) oluncaya kadar ısıtıldıktan sonra yavaş yavaş soğutulurken karışımın tamamını kaplayan bulutlanmanın (heterojen karışım) oluştuğu en yüksek sıcaklık anilin noktası olarak belirlenir.

Anilin içinde kristalleşen, çok koyu renkli, kaynama noktası çok düşük olan veya çok az miktardaki numunelerin anilin noktasının belirlenmesinde kullanılan yöntemler için ASTM D611 belgesinin incelenmesi gerekir.

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ANİLİN NOKTASI TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Yumuşatıcı örneğinin anilin noktasını belirlemek.

Araç Gereç: Test tüpleri, tek delikli lastik tıpa, pipet, puar, ısıtıcı, termometre, santrifüj cihazı, spatül, 2 adet baget, sıcak ve soğuk banyo.

Kimyasal Maddeler: Yumuşatıcı ya da madenî yağ, susuz $CaSO_4$, anilin.

Uygulamanın Yapılışı

Uyarı: Anilin yüksek toksisiteye sahip bir kimyasaldır. Düşük miktarlarda bile cilt ve mukozadan kolaylıkla ve hızlıca nüfuz eder. Bu nedenle aniline doğrudan temas etmeyiniz, ağızla çekerek pipetlemeyiniz.

1. Temiz ve kuru iki farklı test tüpü alarak birine 20 mL anilin, diğerine 20 mL numune ekleyiniz.
2. Test tüplerine spatül ucu ile susuz $CaSO_4$ ekleyip farklı bagetlerle fasılalar hâlinde 5 dakika boyunca karıştırınız.
3. Tüplerdeki katı maddenin dibe çökmesi için 10 dakika bekleyiniz. Eğer sıvı içerisinde askıda kalmış katı görünüyorsa santrifüj yardımıyla katıyı çöktürünüz.
4. Yaklaşık 25 mm çapında 150 mm uzunluğunda, ısıya dayanıklı, temiz ve kuru bir test tüpü alarak içerisine, sudan arındırdığınız anilin ve numuneden onar mL koyunuz. (Tüp içerisinde homojen bir karışım oluştuysa karışımı soğutmanız gerekir. Bu durumda 7. işlem basamağını uygulamayınız.)
5. Eşit hacimde anilin ve örnek içeren test tüpünün ağzını uygun boyutta tek delikli lastik tıpa ile kapatıp test tüpüne alt ucu sıvı seviyesini ortalayacak biçimde bir termometre takınız. Termometrenin tüpün kenarlarına değmediğinden emin olunuz.
6. Anilin ve numune karışımını içeren test tüpünü, bunzen mesnedi ve uygun aparatları kullanarak sıcak banyonun içerisine sıvının tamamı su içinde kalacak ve dik duracak biçimde sabitleyiniz.
7. Sıcak banyonun sıcaklığını, tamamen homojen (berrak) bir karışım oluşuncaya kadar dakikada 1 ila 3 ^oC artırınız.
8. Tüpü su banyosundan çıkarınız. Tüpteki karışımın sıcaklığının dakikada 0,5 ila 1 ^oC azalmasını sağlayınız. (Gerekiyorsa tüpü ılık ya da soğuk su banyosuna alınız.)
9. Tüp içindeki karışımın tamamını kaplayan bulutlanmanın oluştuğu sıcaklığı anilin noktası (t_1) olarak kaydediniz.
10. 4, 5, 6, 7, 8 ve 9. işlem basamaklarını tekrarlayarak farklı bir anilin noktası (t_2) daha belirleyiniz.
11. t_1 ve t_2 birbirine yeterince yakınsa bu iki değerin ortalamasını alarak bulduğunuz değeri raporunuzda anilin noktası olarak belirtiniz. Aksi hâlde testi tekrarlayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Ölçütler	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Anilin ve numunedeki suyu uzaklaştırır.	20	15	10	5
3	Anilin noktasını belirler.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki ifadeler doğru ise önündeki kutucuğa (√), yanlış ise (X) işaretini koyunuz. Yanlış ifadelerin doğrusunu altındaki boşluğa yazınız.

1. ☐ Yumuşatıcılar, kauçuğun viskozitesini düşürerek kolay işlenmesini sağlayan maddelerdir.

.....

2. ☐ Petrolden elde edilen parafinik yağlar halkalı hidrokarbon yapısındadır.

.....

3. ☐ Yağın anilin noktası, yumuşatıcı olarak kullanılan yağların ortalama molekül kütlesine bağlı olarak artar.

.....

4. ☐ Yumuşatıcı olarak kullanılan yağların yoğunluğu hidrometre ile ölçülür.

.....

5. ☐ Kimyasal yumuşatıcılar, polimer zincirlerinin kolayca kırılması için mastikasyon sürecinde kullanılır.

.....

6. ☐ Oswald viskozimetresi, yumuşatıcılardaki su miktarını belirlemek amacıyla kullanılır.

.....

7. ☐ Viskozite, sıvının türüne bağlı olup sıcaklık değişiminden etkilenmeyen bir sabittir.

.....

8. ☐ Bir sıvının yüzeyinde biriken buharının belli koşullar altında bir ısı kaynağı yardımıyla tutuşabileceği en düşük sıcaklık alevlenme noktasıdır.

.....

9. ☐ Anilin; azot içeren, aromatik yapılı ve canlılar için zararlı bir bileşiktir.

.....

10. ☐ Bir sıvının, bir litre anilin içinde homojen olarak çözündüğü en yüksek sıcaklığa anilin noktası denir.

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Fiziksel yumuşatıcılarla ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi <u>yanlıştır</u>?

A) Bazı bitkisel ve hayvansal yağlar kullanılabilir.
B) Kullanılacak yağın asitliğinin yüksek olması istenir.
C) Kullanılan kauçuk türü ile uyumlu olması gerekir.
D) Karıştırma işlemini kolaylaştırarak enerji tasarrufu sağlar.
E) Seçimindeki önemli kriterlerden biri de fiyatıdır.

2. Yumuşatıcı olarak kullanılacak aromatik 50 gram yağ örneği, su içermeyen 200 mL toluen içerisinde çözünüyor. **Dean-Stark aygıtı ile analiz edilen çözeltide 4 mL su tespit edildiğine göre numunedeki su içeriği yüzde kaçtır?**

A) 10 B) 9 C) 8 D)7 E) 6

3. Yoğunluk ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Maddenin birim hacminin kütlesidir.
B) Değeri sıcaklığa bağlı olarak değişir.
C) Hidrometre denilen araçlarla ölçülebilir.
D) SI birim sisteminde birimi kg/m^3 tür.
E) Sadece sıvılar için tanımlanmıştır.

4. Bir mineral yağ numunesinin viskozitesi 20 ^oC sıcaklıkta, kılcal viskozimetre yardımı ile test ediliyor. Bu numunenin 20 ^oC sıcaklıktaki kinematik viskozitesi 3,350 mm^2/s^2 olarak bulunuyor. **Buna göre test sırasında numunenin iki işaret çizgisi arasında serbestçe akması için geçen süre kaç saniyedir?** (20 ^oC için viskozimetre sabiti 0,0134 mm^2/s^2)

A) 250 B) 260 C) 280 D) 300 E) 335

5. Bir mineral yağ numunesinin viskozitesi 50 ^oC sıcaklıkta, kılcal viskozimetre kullanılarak test ediliyor. Test sırasında numunenin iki işaret çizgisi arasında serbestçe akması için geçen süre 310 saniye olarak ölçülüyor. **Bu numunenin 50 ^oC sıcaklıktaki dinamik viskozitesi kaçtır?**
(50 ^oC için viskozimetre sabiti 0,0300 mm^2/s^2, yoğunluk 730 kg/m^3 olarak alınacaktır.)

A) 22,630 B) 21,600 C) 15,589 D) 9,300 E) 6,789

6.

Sıcaklık (^oC)	Gözlemlenen Yoğunluk (ton/m^3)		
	756	757	758
	15 ^oC İçin Düzeltilmiş Yoğunluk (ton/m^3)		
21,0	761,3	762,3	763,3
21,5	761,7	762,7	763,7
22,0	762,1	763,1	764,1

Yukarıda genel amaçlı petrol ürünleri yoğunluk düzeltme tablosunun bir kesiti verilmiştir. Hidrometre kullanılarak yapılan bir testte bir petrol ürününün 21,9 ^oC sıcaklıktaki yoğunluğu 757 ton/m^3 olarak gözlemlenmiştir. **Buna göre test edilen petrol ürününün referans sıcaklıktaki yoğunluğu kaç ton/m^{3}tür?**

A) 761,3 B) 761,7 C) 762,1 D) 763,1 E) 763,7

5. ÖĞRENME BİRİMİ

REÇİNELER, YAVAŞLATICILAR VE TESTLERİ

KONULAR

5.1. REÇİNELERDE ERİME NOKTASI TAYİNİ

5.2. YAVAŞLATICILARDA DONMA NOKTASI TAYİNİ

Bu öğrenme biriminde, lastik üretiminde kullanılan reçine ve yavaşlatıcıları tanıyacak, erime noktası ve donma noktası tayininin nasıl yapıldığını öğreneceksiniz.

HAZIRLIK SORUSU



Yeni bir araç veya madde bulmanın imkânsız veya gereksiz olduğunun düşünülmesi genç mucitlerin önündeki en büyük engeldir. Yapılan birçok buluşun ilk hâlinde kalmadığı, zaman içerisinde eksikleri varsa tamamlandığı, işlevselliğinin artırıldığı, elde yönteminin değişebildiği görülmektedir. Bu tür buluşlara örnek vererek ileride yapmayı hayal ettiğiniz buluşlar varsa arkadaşlarınızla paylaşınız.

REÇİNE NEDİR?

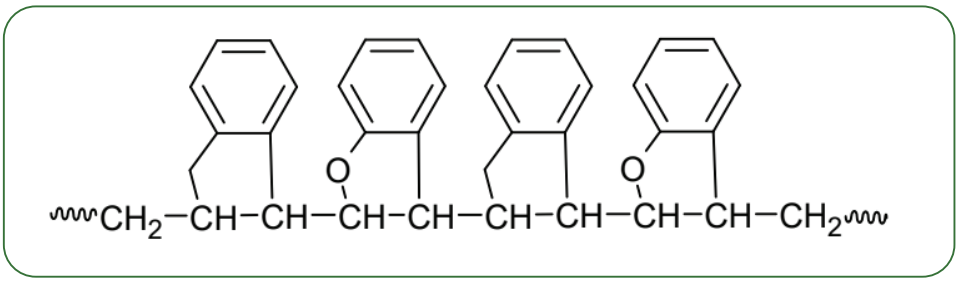
Lastik reçeteleri hazırlanırken mevzuata uygun üretimin amaçlanması, ürünün kullanımında ortaya çıkan sorunların belirlenmesi, lastiklerin kullanılacağı yol ve iklim şartları, yapılan testler, saha araştırmaları, yeni bilimsel buluşların değerlendirilmesi önemlidir. Kauçuk reçetesinin hazırlanması da aynı şekilde hassas hesaplamalar gerektirir. Reçete içeriğinde bulunacak maddelerin seçimi ve miktarı, üretimde kullanılacak makine ve teçhizata göre de farklılık gösterir. Üretimi yapılan kauçuk ürününün kullanım amacına uygun fiziksel ve mekaniksel özelliklere sahip olması gerekir. Ayrıca uygulanacak metotların uygunluğu, katkı maddelerinin doğru seçimi üretim maliyetini düşürür.

Kauçuk üretiminde kullanılan en önemli katkılardan biri olan, katı ya da yarı akışkan özellikli, uzun molekül zincirlerine dönüştürülebilen maddelere **reçine** denir. Yüksek akma direncine sahip reçineler doğal ya da sentetik kaynaklı olabilir.

Üretim esnasında kullanılan kauçuk hamurunun yapısında farklı özellikler taşıyan kimyasal maddeler bulunur. Reçineler, farklı özellikteki bu maddelerin birbiri ile uyumunu ve homojen karışmalarını sağlayarak üretimi kolaylaştırır; zaman ve enerji tasarrufu sağlar. Üretilen maddenin yüzey düzgünlüğüne etkisi vardır. Reçinelerin sertleştirici, pişirici özelliklerinin yanı sıra üretimde kullanılan bileşenlerin birbirine, çelik korda, çelik tele ve kord bezine yapışma miktarını artırma kabiliyeti de vardır.

Farklı amaçlarla kullanılan bazı reçineler ve özellikleri şunlardır:

Kumaron Reçineler: Kömür katranından elde edilen sentetik maddelerdir (Şekil 5.1). Dolgu ve kimyasalların kolaylıkla dağılmasını sağlar, hamurun yapışkanlığını artırır.



Şekil 5.1: Kumaron molekülü

Petrol Reçineleri: Rafinasyon işlemi sırasında elde edilen, aromatik yapılı, sıcakta eriyen hidrokarbonlardır. Lastik üretiminde kullanılan kauçuğu yumuşatır, yapışmayı artırır, viskoziteyi düşürür. Kauçuğun mukavemetini artırır, kullanım ömrünü uzatır.

Fenolik Reçineler: Fenol ile formaldehitin tepkimesiyle oluşan ürünlerdir. Kauçuğu sertleştirir ve kauçuğun yırtılma, aşınma ve kopmaya mukavemetini artırır.

Kolofan Reçineler: Çam sakızının damıtılmasıyla oluşan doğal ürünlerdir (Görsel 5.1). Üretim anında kullanıldıklarında asidik yapılarından dolayı kauçuğun vulkanizasyonunu geciktirir, homojen dağılımı sağlar, bağlayıcı ve aşınmayı azaltıcı özelliği vardır.



Görsel 5.1: Kolofan reçine



5.1. REÇİNELERDE ERİME NOKTASI TAYİNİ

Lastik üretiminde reçinelerin yanı sıra aktivatörler ve hızlandırıcılar gibi katkı maddeleri ile beyaz dolgu maddeleri olarak adlandırılan mineral dolgu maddeleri de kullanılır. Kauçuk, karbon karası ve yumuşatıcılarla kıyaslandıklarında aktivatörler ve hızlandırıcılar gibi katkı maddelerinin lastik hamuru içerisindeki oransal kütleleri oldukça düşüktür. Görece az miktarda kullanılan bu katkı maddelerinin lastik hamurunun işlenebilirliği, üretilen lastiğin kalitesi, fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde çok önemli etkileri vardır.

Beyaz dolgu maddeleri olarak adlandırılan mineral dolgu maddeleri genellikle katı hâldedir. Lastik üretiminde kullanılan bu organik katıların en önemli fiziksel özelliği erime sıcaklığıdır. Reçineler başta olmak üzere lastik üretiminde kullanılan organik katıların erime sıcaklığına bakılarak ham maddenin saflığı ve kalitesi hakkında fikir yürütülebilir.

5.1.1. Aktivatörler ve Hızlandırıcılar

Kürleme işlemi sırasında kauçuğu oluşturan polimer molekülleri arasında daha fazla çapraz kükürt bağı oluşmasını sağlayan maddelere **aktivatör** denir. Kauçuğun vulkanizasyonu sürecinde aktivatör olarak çinko oksit (ZnO) ve stearik asit [$CH_3(CH_2)_{16}COOH$] kullanılır (Görsel 5.2 ve Görsel 5.3). Stearik asit, çinko oksidin ıslanarak kauçuk hamuru ile daha kolay karışmasını sağlar. Çinko oksit de malzemeye istenilen fiziksel özellikleri kazandırma, çekme dayanımını artırma ve üretimin hızlanması gibi avantajlar sağlar.



Görsel 5.2: Çinko oksit



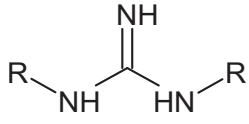
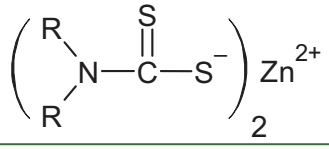
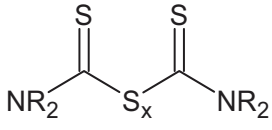
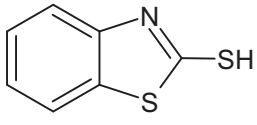
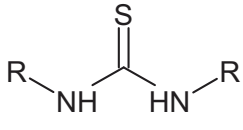
Görsel 5.3: Stearik asit

Çinko oksidin aktifliğini ve karışabilme özelliğini yüzey alanı belirler. Daha etkili sonuç alabilmek için aktif çinko oksit üretilmiştir. Aktif çinko oksit, maliyeti düşürmüş; karışımın yoğunluğunu azaltarak lastiğin hafiflemesini sağlamıştır.

Çinko oksit, ağır metal olduğundan çevreye zararlıdır. Çevreye salınımına izin verilmemelidir. Bu yüzden yıpranmış lastikler kullanılmamalı, etrafa rastgele atılmamalı ve geri dönüşümü sağlanmalıdır. Daha az miktarda aktif çinko oksitle aktivitesi az çinko oksidin işlevi gerçekleştirilebildiği için aktif çinko oksit kullanımıyla çevreye verilebilecek zarar azaltılmıştır.

Kauçuğun vulkanizasyonu, aktivatör kullanılsa dahi son derece yavaştır. İşlem, kauçuğun yüksek sıcaklıklarda birkaç saat bekletilmesini gerektirir. Kauçuğun kürlenme sırasında yüksek sıcaklıkta havanın oksijenine maruz kalması bozunmasına yol açar. Bu nedenle vulkanizasyonu daha düşük sıcaklıklarda, daha hızlı gerçekleştirmek önemlidir. Vulkanizasyonun daha düşük sıcaklıklarda daha hızlı gerçekleşmesini sağlayan maddelere **hızlandırıcı** ya da **akseleratör** denir. Kauçuğun vulkanizasyonunda hızlandırıcı olarak kullanılan çoğu molekül, kükürt içerir ve kürlenme sırasında kükürt vericisi gibi davranarak kauçuk hamuru içerisindeki serbest kükürt oranının düşürülmesine imkân verir. Hızlandırıcı olarak kullanılan bazı kimyasallar Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Hızlandırıcı Olarak Kullanılan Bazı Moleküller

Molekül Adı	Formülü
guanidin	
ditiyokarbamat	
thiuram	
2-merkaptobenzotiyazol	
tiyoüre	

5.1.2. Beyaz Dolgu Maddeleri

Kauçuktan üretilen maddenin karışımına katılarak üretim maliyetini düşüren, maddeye işlenebilme özelliği katan, maddeyi renklendirebilen ve kuvvetlendirebilen mineral dolgu maddeleri vardır. Mineral dolgu maddelerinin de güçlendirici, yarı güçlendirici ve salt dolgu işlevine sahip türleri mevcuttur.

Yapısında bulunan nem, kül miktarı, pH değeri, yüzey alanı ve tanecik boyutu dolgu maddelerinin kullanım amacını belirleyen özelliklerdir. Dolgu maddelerinin tanecik boyutu küçüldükçe katıldığı maddenin içerisine homojen dağılımı ve dolayısıyla maddeyi kuvvetlendirici etkisi artar. Dolgu maddesinin pH değeri vulkanizasyon hızını değiştirir. Örneğin asidik özellikteki dolgu maddeleri vulkanizasyon hızını yavaşlatırken bazik özellikte olanlar hızlandırır.

Aktif (güçlendirici) dolgu maddeleri ürünün mekanik özelliklerine olumlu katkı sağlar. Yarı aktif (kısmi güçlendirici) ve aktif olmayan dolgu maddeleri ise daha çok maliyeti azaltmak için kullanılır. Beyaz dolgu maddeleri genellikle asidik özelliktedir. Bu nedenle vulkanizasyon işlemini yavaşlatır.

Yaygın olarak kullanılan bazı dolgu maddeleri; silikalar, kalsiyum silikat, sodyum alüminyum silikat, kaolin, kalsiyum karbonat (tebeşir), magnezyum alüminyum silikattır.

Kullanılan bazı dolgu maddeleri ve özellikleri aşağıda verilmiştir:

Silikalar: Güçlendirici etkiye sahip dolgu maddeleridir. Silikalar, karbon siyahı kadar kuvvetlendirici özelliğe sahip olmasalar da küçük tanecik boyutları ve güçlü yüzey aktiviteleri ile kopma, aşınma ve yırtılma dayanımlarını yeterince artırabilmektedir.

Kalsiyum Silikat: Ticari ismi silene EF olan kalsiyum silikat ince taneli olup kuvvetlendirme özelliği yüksektir.

Kaolin: Sanayide karbon siyahından sonra en çok kullanılan dolgu maddesi olup kısmi güçlendirici etkiye sahiptir. Sert ve yumuşak yapıda olabilmektedir. Sert kaolinin yumuşak kaoline göre rengi daha beyaz, tanecik boyutu daha küçük, yüzey alanı daha geniş ve kopma dayanımı daha fazladır. Dolgu maddesi olarak kullanıldığında ürünün kopma, aşınma direnci ve sertlik özelliklerini etkiler.

Sodyum Alüminyum Ailikat: Zeolex olarak bilinir. Güçlendirici etkisi silikalara yakındır. Sert kaolinden elde edilir. Kaolinden daha ince tanelidir. Karışma özelliği yüksek, tanecik boyutu oldukça küçüktür. Katıldığı kauçuğa yırtılma dayanımı ve elastikiyet kazandırır.

Kalsiyum Karbonat (Tebeşir): Yaygın adı kireç taşıdır (Görsel 5.4). Kuvvetlendirici etkisi yoktur. Kaolinden sonra en çok tüketilen dolgu maddesidir. Maliyeti düşüktür. Kolay karışma özelliği vardır. Kuvvetlendirici ve kısmi kuvvetlendirici dolgu maddeleri ile birlikte kullanılır.



Görsel 5.4: Kireç taşı

Magnezyum Silikat: Talk olarak bilinir (Görsel 5.5). Kısmi güçlendirici etkisi vardır. Maliyeti yüksek olsa da tercih edilmesinin sebebi düşük nem tutması, ürüne mekanik ve elektriksel özellik kazandırmasıdır.



Görsel 5.5: Talk

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ERİME SICAKLIĞI TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Erime noktası tayin cihazı ile reçine örneğinin erime sıcaklığı aralığını belirlemek.

Araç Gereç: Erime noktası tayin cihazı, kılcal tüp, saat camı, havan ve tokmağı, spatül, cam boru.

Kimyasal Maddeler: Reçine (benzoik asit ya da üre).

Uygulamanın Yapılışı

1. Erime sıcaklığını belirleyeceğiniz kuru organik katıyı havanda toz hâline gelinceye kadar eziniz.
2. Toz hâline getirdiğiniz katıdan spatülle bir miktar alarak saat camı üzerine dökünüz.
3. Kılcal tüpün açık ucunu toz hâlindeki numuneye batırarak kılcal tüpü numune ile doldurunuz. Ara sıra kılcal tüpün kapalı ucunu bir kaç santimetre yüksekten tezgâh üzerine düşürerek katının kapalı uçta birikmesini sağlayınız. Bu işleme kılcal tüp içerisindeki numunenin yüksekliği 2 mm oluncaya kadar devam ediniz.
4. Cam boruyu tezgahın üzerine dik biçimde koyarak, kılcal tüpü kapalı ucu aşağıda olacak biçimde cam boru içerisinde düşürerek kılcal tüpteki numunenin kapalı uçta sıkı biçimde istiflenmesini sağlayınız.
5. Kılcal tüpü erime noktası tayin cihazına kapalı ucu aşağı gelecek biçimde yerleştiriniz.
6. Beklenen erime noktasının yaklaşık 10 ^{o}C altına kadar, sıcaklığı dakikada birkaç derece artacak biçimde erime noktası tayin cihazını çalıştırınız.
7. Cihazın sıcaklığı beklenen erime noktasına 10 ^{o}C yaklaştığında sıcaklık dakikada 1^{o}C artacak biçimde cihazın ısıtma gücünü azaltınız.
8. Test cihazının gözlem penceresinden dikkatli biçimde bakarak erimenin başladığı ilk sıcaklığı (t_1) ve erimenin tamamlandığı sıcaklığı (t_2) not ediniz.
9. Numunenin erime sıcaklığını bir aralık biçiminde (t_1-t_2) raporunuzda belirtiniz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Katıyı kılcal tüpe doldurur.	20	15	10	5
3	Erime aralığını belirler.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



5.2. YAVAŞLATICILARDA DONMA NOKTASI TAYİNİ

Lastik üretiminde kauçuk hamurunun, işlenme aşamasında kendiliğinden kısmen ya da tamamen kürlenme ihtimali vardır. Kauçuk hamurunun kendiliğinden erken kürlenmesi istenmeyen bir durumdur. Erken kürlenme, kauçuğun işlenmesini imkânsız hâle getirir ve kullanılan ham maddelerin tamamının ziyan olmasına neden olur. Bu nedenle erken kürlenmenin önüne geçmek gerekir. Erken kürlenmenin önüne geçebilmek için kullanılan kimyasallara **yavaşlatıcı** ya da **geciktirici** denir.

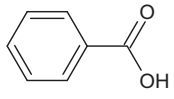
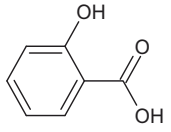
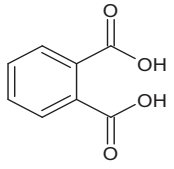
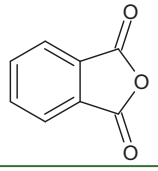
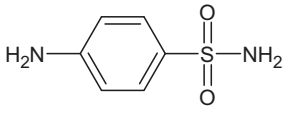
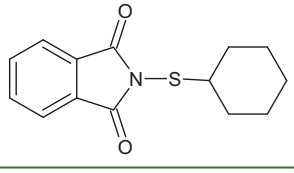
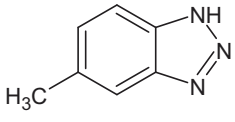
İyi bir yavaşlatıcı, kauçuk hamurunun işlenmesi sırasındaki sıcaklıklarda (120-130 ^{o}C) kürlenme süresini, kendiliğinden erken kürlenmeyi imkânsız kılacak ölçüde artırmalıdır. Viskoziteyi, kalıplama sırasında kürlenme süresini ve t_{90} (kürlenmenin %90'ının tamamlanması için geçen süre) değerini önemli oranda değiştirmemeli; yüksek maliyetli olmamalıdır. Piyasada var olan yavaşlatıcılardan hiçbiri bu koşulların tamamını sağlayamaz. Yavaşlatıcı seçiminde eksiklikleri en az, faydası en yüksek ürün tercih edilir.

Benzoik asit, salisilik asit, ftalik asit gibi organik asitler ve ftalik anhidrit gibi anhidritler asit tipi yavaşlatıcılara örnektir (Görsel 5.6). Bunların dışında sülfonamid türevleri, siklohekziltioftalimid, toliltriazol (4 ve 5-metil benzotriazol karışımı) gibi yavaşlatıcılar da kullanılmaktadır. Asit tipi geciktiriciler düşük maliyetleri ve nihai ürünün raf ömrü üzerindeki olumlu etkileri ile ön plana çıkar. Sülfonamid türevleri ve diğer sentetik yavaşlatıcılar daha etkilidir ve daha düşük miktarlarda kullanılır ancak fiyatları asit tipi yavaşlatıcılardan daha yüksektir. Yavaşlatıcı olarak kullanılan bazı kimyasallar Tablo 5.2'de verilmiştir.



Görsel 5.6: Benzoik asit

Tablo 5.2: Yavaşlatıcı Olarak Kullanılan Bazı Moleküller

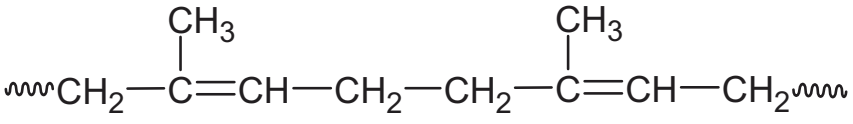
Molekül Adı	Formülü
benzoik asit	
salisilik asit	
ftalik asit	
ftalik anhidrit	
sülfonamid	
siklohekziltioftalimid	
5-metil benzotriazol	

5.2.1. Lastiğin Pişirilmesi (Vulkanizasyon) ve Pişiriciler

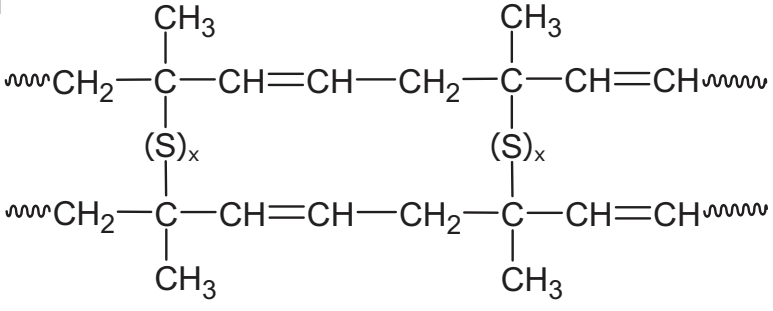
Vulkanizasyon yani pişirilme işlemi; kauçuğun aktivatör, hızlandırıcı ve pişiriciler ile belirli sıcaklıkta ısıtılarak elastikiyetini, dayanıklılığını artırmak amacıyla yapılır. Vulkanizasyon yoluyla moleküllerin çapraz bağlarla birbirine bağlanması ve birbirleri üzerinde kayması engellenir.

Vulkanizasyon işleminin gerçekleşmesi için enerjiye ve pişiricilere ihtiyaç duyulur. **Pişiriciler,** polimerdeki zayıf pi bağlarını kırarak moleküller arasında köprüler yani çapraz bağlar oluşturan maddelerdir (Şekil 5.2). En yaygın kullanılan pişiriciler; kükürt, kükürt çiçeği, yağlı kükürt, kükürt klorür, kükürt verici sistemler, organik peroksitler, kinon dioksimler ve fenolik reçinelerdir.

a) Kauçuk molekülü



b) Çapraz bağlı kauçuk molekülleri



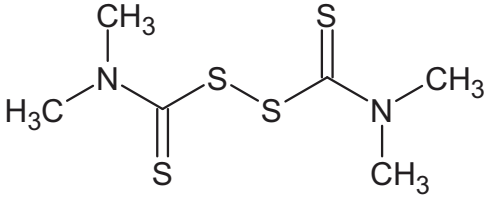
Şekil 5.2: Kauçuk molekülü ve çapraz bağlı kauçuk molekülleri

Kükürt: Kauçuk ürünlere istenilen özelliği kazandıran en etkili pişiricidir. Köprü rolü üstlenir. Kükürt atomları uzun zincirlerle birbirlerine ve polimere hızlandırıcılar yardımıyla hızlı kükürt kürleme yöntemi ile bağlanır. Bu sayede yapı dayanıklılık ve elastik özellik kazanır. Vulkanizasyon işlemi için orta irilikte tanecik boyutuna sahip, % 99,5 saflıkta, asidik madde içermeyen, maksimum % 0,5 kül içeren kükürt kullanılmalıdır.

Kükürt Çiçeği: Süblimleşme yolu ile elde edilir. İçeriğinde %33 oranında çözünmeyen kükürt bulundurur. Kükürdün vulkanizasyondan önce veya sonra kauçuğun yüzeyine çıkmasını (kükürdün kusması) engeller.

Yağlı Kükürt: Parafinik ve aromatik yağlarla kükürdün belirli oranda karıştırılması sonucunda elde edilir. Kükürdün karışıma kolay dağılması, tozlaşmanın önlenmesi gibi amaçlarla kullanılır.

Kükürt Verici Sistemler: Isıtıldıklarında parçalanarak yapısındaki aktif kükürdü açığa çıkaran sistemlerdir. Kükürt verici sisteme, elastik parçaların üretiminde kullanılan tetrametiltiuram disülfür (TMTD) örnek olarak verilebilir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3: Tetrametiltiuram disülfür (TMTD) molekülü

Organik Peroksitler: Isıya dayanıklı ve az miktarda kalıcı deformasyon özelliğine sahip olması istenilen parçaların imalatında ve kükürtle bağlanması mümkün olmayan (silikon gibi) veya kükürtle vulkanize olabilen (EPDM,NR,SBR gibi) kauçukların vulkanizasyonunda kullanılır. Yanıcılığı azaltma, yüksek sıcaklıkta hızlı vulkanize olma ve elektriksel özelliklerinin iyi olması gibi avantajları vardır.

Kinondioksimler ve Fenolik Reçineler: Yüksek ısıya dayanabilen parçaların imalatında bütil kauçuklarla birlikte kullanılır. Yüksek dien içerikli kauçuklar kinondioksimler ile vulkanize edilebilmektedir.

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
DONMA NOKTASI TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Paradiklorbenzenin donma noktasını belirlemek.

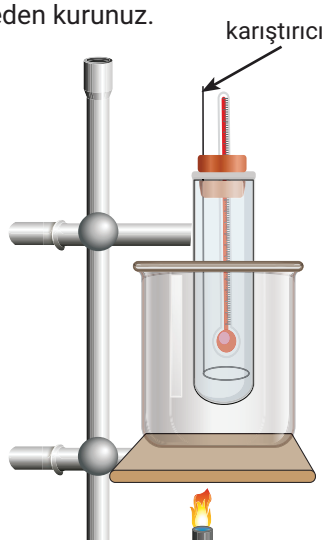
Araç Gereç: 500 mL'lik beher, uçları kauçuklu beher maşası, deney tüpü, iki delikli lastik tıpa, metal karıştırma teli, 2 adet termometre, bunzen mesnedi ve bağlama parçaları, ısıtıcı (bunzen beki, amyantlı tel, üç ayak).

Kimyasal Maddeler: Paradiklorobenzen.

Uygulamanın Yapılışı

Uyarı: Paradiklorobenzen, günümüzde naftalin yerine kullanılan insan sağlığı ve çevre için zararlı bir kimyasaldır. Bu nedenle eldiven kullanınız ve deneyi çeker ocakta yapınız.

1. Deney tüpünün yaklaşık yarısını katı hâldeki paradiklorobenzen ile doldurunuz.
2. Beheri, ağzının 5 cm aşağısına kadar musluk suyuyla doldurup, çeker ocak içerisine aşağıda şekli verilen düzeneği termometre ve karıştırma çubuğunu düzeneğe eklemeden kurunuz.



3. Beheri, ısıtıcı ya da bek yardımıyla içerisindeki suyun sıcaklığı 65 ^{o}C oluncaya kadar yavaş yavaş ısıtınız. Paradiklorobenzen, bu sıcaklıkta tamamen sıvı hâle geçmiş olmalıdır.
4. Termometre ve karıştırıcının takılı olduğu lastik tıpayı bunzen mesnedine, ayrık duracak biçimde, şekildeki gibi sabitleyiniz. Termometrenin tüpün tabanından 1 cm yukarıda durduğundan, tüpün kenarlarına değmediğinden ve karıştırma telinin rahatça hareket ettiğinden emin olunuz.
5. Isıtıcıyı kapatıp beheri, beher maşası yardımıyla düzenekten ayırınız.
6. Sıcaklık 60 ^{o}C'un altına indiğinde karıştırma telini yukarı aşağı hareket ettirerek tüp içerisindeki sıvıyı yavaş yavaş karıştırırken sıcaklığı dakikada bir derecenin onda biri hassasiyetle kaydediniz.
7. İlk katı kristallerinin oluştuğu sıcaklığı donma sıcaklığı olarak kaydediniz.
8. Belirlediğiniz donma sıcaklığını paradiklorbenzenin donma noktası ile karşılaştırınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Deney düzeneğini kurar.	20	15	10	5
3	Donma noktasını belirler.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. Aşağıdaki ifadeler doğru ise önündeki kutucuğa (√), yanlış ise (X) işaretini koyunuz. Yanlış ifadelerin doğrusunu altındaki boşluğa yazınız.

1. ☐ Reçineler doğada bulunmayan, yapay olarak elde edilebilen maddelerdir.

.....

2. ☐ Lastik üretiminde saf ve katkısız kauçuk kullanılır.

.....

3. ☐ Vulkanizasyon işleminin daha hızlı gerçekleşmesini sağlamak için akseleratörler kullanılır.

.....

4. ☐ Lastikte kullanılan dolgu maddelerinin mutlaka güçlendirici etkisi olmalıdır.

.....

5. ☐ Pişiriciler, kauçuk molekülleri arasında çapraz bağların kurulmasına neden olan katkı maddeleridir.

.....

6. ☐ Dolgu maddeleri maliyeti düşürmek amacı ile de kullanılır.

.....

7. ☐ Pişirici olarak kullanılan kükürt bol miktarda kül içermelidir.

.....

8. ☐ Dolgu maddelerinin asidik veya bazik özellikte olması vulkanizasyon hızı üzerinde etkilidir.

.....

9. ☐ Lastik üretiminde kauçuk hamurunun, işlenme aşaması bitmeden kendiliğinden kürlenmesi istenmeyen bir durumdur.

.....

10. ☐ Reçineler, kauçuk hamurundaki farklı maddelerin homojen karışımını sağlar.

.....

11. ☐ Reçinelerin tamamı inorganik moleküllerdir.

.....

12. ☐ Vulkanizasyon işlemi, lastiğin maksimum direnç nokrasına kadar belirli bir basınç altında yavaş yavaş şişirilmesi işlemidir.

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. Lastik üretiminde kauçuk hamurunun işlenmesini kolaylaştırmak ve erken kürlenmeyi önlemek amacıyla yavaşlatıcı olarak kullanılan kimyasal aşağıdakilerden hangisidir?

A) Magnezyum silikat
B) Kireç taşı
C) Kükürt klorür
D) Salisilik asit
E) Stearik asit

2. Kauçuğun hızlandırıcı, pişirici ve aktivatörlerle birlikte belirli bir sıcaklıkta ısıtılarak elastikiye tini, dayanıklılığını artırmak amacıyla yapılan işlem aşağıdakilerden hangisidir?

A) ETA testi B) Hızlandırma C) Kürleme
D) Vulkanizasyon E) Yağ analizi

3. Kauçuk üretiminde kullanılan, kauçuk hamurunun yapısında farklı özellikler taşıyan kimyasal maddelerin birbiri ile uyumunu ve homojen karışmalarını sağlayarak üretimi kolaylaştıran katı ya da yarı akışkan özellikli maddelere reçine denir.
Buna göre aşağıda verilen maddelerden hangisi reçine olarak kullanılmaz?

A) Guanidin reçineler
B) Fenolik reçineler
C) Kolofan reçineler
D) Kumaron reçineler
E) Petrol reçineler

4. Kauçuktan üretilen maddelere katılan dolgu maddeleri için aşağıda verilen ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Tanecik boyutu büyüdükçe madde içine homojen dağılımı artar.
B) Asidik özellikte olanları vulkanizasyon hızını artırır.
C) Kullanımında daima üretim maliyeti artar.
D) Katıldığı maddenin mekanik özelliklerine etki eder.
E) Hepsinin vulkanizasyon hızını artırıcı etkisi vardır.

5. Katıldığı ürüne kopma ve aşınma direnci kazandıran, sert ve yumuşak yapıda olabilen, sanayide karbon siyahından sonra en fazla kullanılan dolgu maddesi hangisidir?

A) Çinko oksit B) Kaolin C) Kükürt D) Salisilik asit E) Sulfonamid

6. I. Hızlandırıcı
II. Buharlaştırıcı
III. Pişirici
IV. Yavaşlatıcı
Yukarıda verilenlerden hangileri kauçuğa eklenen katkı maddelerindendir?

A) I ve II B) II ve III C) II ve IV D) I, III ve IV E) I, II, III ve IV

7. Üretimde kullanılan katı hâldeki katkıların saflık ve kalitesi hakkında bilgi veren en önemli fiziksel özellik aşağıdakilerden hangisidir?

A) Donma noktası
B) Erime noktası
C) Kaynama noktası
D) Süblimleşme noktası
E) Yoğuşma noktası

6. ÖĞRENME BİRİMİ

ÇELİK KORD

KONULAR

6.1. ÇELİK KORDUN BİR METRESİNİN KÜTLESİ

6.2. ÇAP TAYİNİ

6.3. ADIM SAYISI

6.4. ÇELİK KORDUN KOPMA TESTİ, SİNİRLİLİK VE DOĞRUSALLIK TAYİNİ

6.5. ÇELİK KORDUN LASTİĞE YAPIŞMA TESTİ VE ÇELİK KORDLARDA BAKIR TAYİNİ

Bu öğrenme biriminde, lastik üretiminde kullanılan çelik kordu tanıyacaksınız. Çelik kordun bir metresinin kütlesinin nasıl belirleneceğini; kopma ve çelik kordun lastiğe yapışma testlerinin nasıl yapılacağını; çap, adım sayısı, sinirlilik, doğrusallık ve bakır miktarının nasıl tayin edileceğini öğreneceksiniz.

HAZIRLIK SORUSU

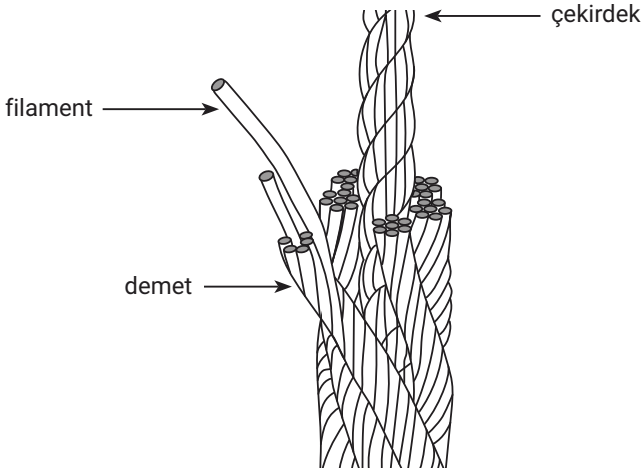


Lastiklerin yapısında demir, bakır gibi metallerin yerine çelik kullanılmasının sebebi ne olabilir? Arkadaşlarınızla fikir alışverişi yapınız.

ÇELİK KORD NEDİR?

Pirinç ya da çinko kaplı çok sayıda çelik telin bir kordon yapısı oluşturmak için birlikte bükülmesiyle elde edilen malzemeye **çelik kord** denir. Çelik kord; lastik, konveyör bantları ve basınca dayanıklı hortumların üretiminde kullanılır.

Çelik kord üretimi için mangan ve yüksek oranda karbon içeren çelik teller gerekir. İlk aşamada çelik teller çekilerek inceltilir. Çekilerek inceltilmiş tellere **filament** denir. Filament, fiziksel ve kimyasal temizleme işlemlerine tabi tutularak yüzeyindeki yağ ve kirlerden arındırılır. Birden çok filamentin çelik ya da fiberden üretilmiş merkezî bir tel etrafına sarılmasıyla demet elde edilir. Sonraki aşamada demetler birlikte bükülür. Elde edilen çelik kordun mukavemeti ve esnekliği; kullanılan demet sayısına, büküm yönüne ve demetlerin büküm sıklığına (adım sayısına) bağlıdır. Demetlerin birlikte bükülmesiyle elde edilen çelik kord belli bir sıcaklığa kadar ısıtılır ve hızla soğutulur. Bu işlem çelik kordun mukavemetini ve dayanıklılığını artırır. Çelik kord; son aşamada, kullanım amacına göre kaplama işlemine tabi tutulur. Lastik üretiminde kullanılan çelik kord genellikle pirinçle kaplanır. Pirinç kaplama, çelik kordun korozyon direncini artırır ve kauçuğa kolayca yapışmasını sağlar. Şekil 6.1'de çelik kordu oluşturan filament ve demetler gösterilmiştir.



Şekil 6.1: Filament ve demetlerin bükülmesiyle oluşan çelik kord

Çelik kord, lastik üretiminde lastiğin sırt kısmında ve topuğunda kullanılan takviye malzemelerinden biridir. Hızlanma, frenleme ve viraj alma sırasında oluşan kuvvetlerin meydana getirdiği gerilimlere karşı lastiğin dayanmasını sağlar. Lastiğin şeklini korumaya yardımcı olur, bükülme ve deformasyonları sınırlandırır. Lastik sırtının yol ile temasının sürdürülmesini, lastik ve yol yüzeyi arasında sürtünmeden dolayı oluşan ısının temas alanından uzağa taşınmasını sağlar. Çelik kordun sahip olduğu yüksek yorulma direnci, lastiğin kullanım ömrü boyunca tekrarlanan deformasyonlara dayanabilmesini sağlar. Aşırı ısının lastiğe zarar vermesini engeller. Lastiğin darbelere, kesilme ve delinmelere karşı mukavemetini, dayanıklılığını, performansını, güvenliğini, kullanım ömrünü artırır; yuvarlanma direncini düşürerek enerji tasarrufu sağlar. Zorlu koşullarda sorunsuz ve güvenilir bir sürüş deneyimi sunar.



6.1. ÇELİK KORDUN BİR METRESİNİN KÜTLESİ

Çelik kordun bir metresinin kütlesi, kordu meydana getiren filament ve demetler arasında boşluklar bulunacağı için aynı çapa ve uzunluğa sahip çelik çubuktan daha düşük olacaktır. Genel olarak çelik kordun çapı arttıkça metre başına kütle de artar. Bunun yanında çelik kordun metre başına kütlesi; filament kalınlıklarına, filament ve demetlerin sarım biçimine de bağlıdır.

Lastik üretiminde kullanılacak çelik kordun istenen standartlara uygun olup olmadığını belirlemek için çelik kordun bir metresinin kütlesinin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla çelik korddan kesilen bir metrelik örnek, hassas terazide tartılarak çelik kordun bir metresinin kütlesi gram cinsinden belirlenir. Birimi **gram/metre**'dir.

Genellikle çelik kordun bir metresinin kütlesi yerine **doğrusal (lineer) yoğunluk** ifadesi kullanılır. Doğrusal yoğunluğun birimi **gram/kilometre**'dir.

Meraklısına

ÇELİK HALATLARIN İCADI VE ENDÜSTRİYEL ÖNEMİ

1834 yılına kadar tüm dünyada, yük taşımak için kenevirden üretilmiş kendir halatlar ve demir zincirler kullanılıyordu. Kendir halatlar özellikle nemli ortamlarda kolayca çürüyor ve bu halatların kısa bir süre sonra değiştirilmesi gerekiyordu. Zincirler, o dönem çelik pahalı ve nadir bir ürün olduğu için yapısal kusurlar içeren demirden üretiliyordu. Zincirin herhangi bir halkasındaki kusur, zincirin kolayca kırılmasına ve ciddi endüstriyel kazalara neden olabiliyordu. Çelik halatların öncüsü olan halat 1834 yılında bir Alman mühendis ve maden yöneticisi tarafından demir teller kullanılarak geliştirildi. Bu demir halat oldukça basit ve hantal olmasına rağmen eşit yük taşıma kapasitesine sahip kendir halattan ve demir zincirden çok daha hafifti. Halatı oluşturan tellerden herhangi biri kırılsa bile diğer teller yükü taşımaya devam edebiliyordu. Sonrasında geliştirlen çelik halatlar, uzun ömürlü ve güvenli endüstriyel üründü.

Esnek, ince ve hafif olan çelik halatlar; madencilik, inşaat, havacılık gibi önemli sektörlerin hızla gelişmesini sağladı. Çelik kuşaklı radyal lastikler de dâhil olmak üzere tüm dünyada kullanılmaya başlandı.

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ÇELİK KORDUN BİR METRESİNİN KÜTLESİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Çelik kordun bir metresinin kütlesini belirlemek.

Araç Gereç: Çelik kord numunesi, şerit metre, hassas terazi, çelik halat makası, kapaklı tartım kabı.

Uygulamanın Yapılışı

1. Çelik korddan tam bir metre uzunluğundaki bir parçayı, şerit metre yardımıyla ölçerek çelik halat makası yardımıyla kesiniz.
2. Tartım kabını hassas teraziye yerleştirip sıfır ayarını yapınız.
3. Kestiğiniz çelik kordu kangal şeklinde sararak, uygun boyutlu ve kapaklı tartım kabına yerleştirip kapağını kapatınız.
4. Tartım kabının içindeki çelik kordun bir metresinin kütlesini gram cinsinden belirleyiniz.
5. Bulduğunuz sonuçları raporunuzda belirtiniz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

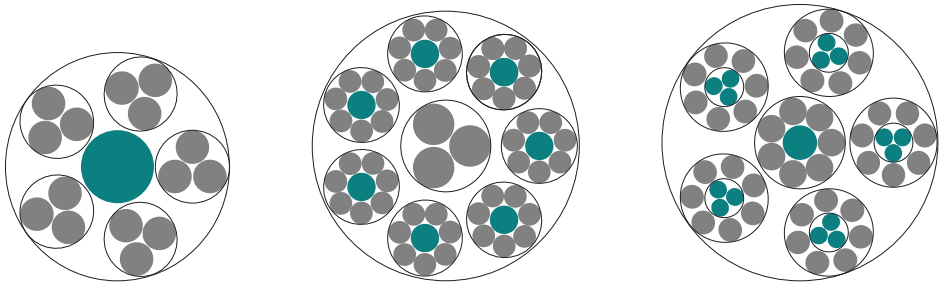
Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Çelik korddan bir metrelik parça keser.	20	15	10	5
3	Çelik kordun kütlesini belirler.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



6.2. ÇAP TAYİNİ

Çap, çelik kordların en önemli boyutsal özelliğidir ve endüstriyel uygulamalarda çok önemlidir. Lastik boyutları ve kauçuğun perdahlanması sırasındaki et kalınlığı çelik kordun kalınlığının bilinmesine bağlıdır.

Çelik kordun çapı, içerdiği filamentlerin sayısına, çapına ve nasıl bir araya getirildiğine bağlıdır. Genel olarak çelik kordun çapı arttıkça filament sayısı ve mukavemeti de artar. Şekil 6.2'de bazı çelik kord yapılarına ait olası kesitler verilmiştir.



Şekil 6.2: Bazı çelik kord yapılarına ait olası kesitler

Çelik kordlar genel olarak çelik halatlara benzese de çelik kordların yapıları çelik halatlardan daha farklıdır. Örneğin çelik kordun kauçuğa iyi yapışması, korozyon ve yorulma direncinin yüksek olması için filamentler ve demetler özel bir biçimde sarılır.

Çelik kordun yapısı, filament ve demet sayısına ve sarım biçimine bağlı olarak aşağıdaki gibi özel bir kodlama düzeni ile ifade edilir:

N x F x d

N: demet sayısı

F: filament sayısı

d: filament çapı (mm)

Eğer çelik kord birden fazla gruptan oluşuyorsa yapısı içten dışa doğru olmak kaydıyla aşağıdaki gibi kodlanabilir:

$$(N_1 \times F_1) \times d_1 + (N_2 \times F_2) \times d_2 + \ldots$$

Çelik kord sadece filamentlerden oluşuyor ve demet içermiyorsa kodlamada demet sayısı (N) yazılmayabilir. Çelik kordun koduna, mukavemetini gösteren kısaltmalar da eklenir. Bu kısaltmalar ve temsil ettiği mukavemet sınıfları aşağıdaki gibidir:

NT: normal mukavemet

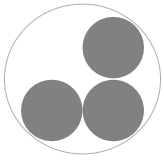
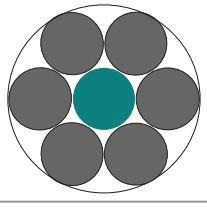
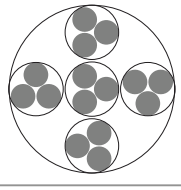
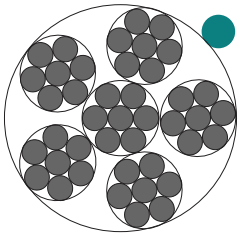
HT: yüksek mukavemet

ST: süper mukavemet

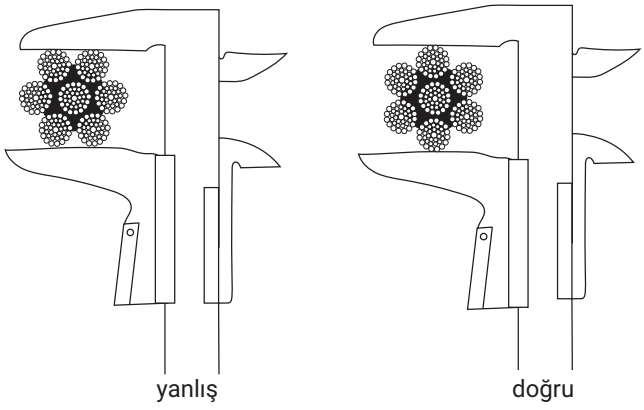
UT: ultra mukavemet

Bazı çelik kord yapılarına ait kodlama örnekleri ve açıklamaları Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1: Örnek Çelik Kord Yapıları, Bu Yapılara Ait Kodlar ve Açıklamaları

Yapı	Kod	Açıklama
	2x0,30 NT	Normal mukavemete sahip 0,30 mm çapında 2 filamentin birlikte sarılmasıyla oluşan yapı.
	(2+1)x0,22 UT	Ultra mukavemete sahip 0,22 mm çapında 2 filamentin 0,22 mm çapında bir tel üzerine sarılmasıyla oluşan yapı.
	0,40+6x0,38 NT	Normal mukavemete sahip 0,40 mm çapında filament üzerine 0,38 mm çapında 6 filamentin sarılmasıyla oluşan yapı.
	5x3x0,30 HT	Yüksek mukavemete sahip 0,3 mm çapında 3 filamentten oluşan 5 demetin sarılmasıyla oluşan yapı.
	6x7x0,22+0,30 NT	Normal mukavemete sahip 0,22 mm çapında 7 filamentten oluşan 6 demetin üzerine 0,3 mm çapında bir filament sarılmasıyla oluşan yapı.

Çelik kordun çapı, en dıştaki tel veya demetlerini çevreleyen ve tüm halat kesitini içine alan çemberin çapıdır. Halat çapı ölçümünde, ölçü cihazı çenelerinin mutlaka en dıştaki tel veya demete temas etmesi gerekir (Şekil 6.3). Çapı belirlemek için kord üzerinde iki farklı noktanın her birinde birbirine dik iki ölçüm yapılır. Elde edilen bu dört ölçüm sonucunun ortalamaları hesaplanarak çap belirlenir.

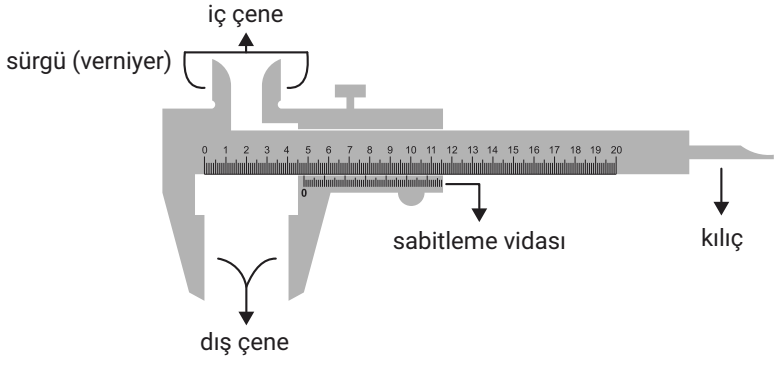


Şekil 6.3: Çelik kordun çapının yanlış ve doğru ölçümü

Çap ölçümü için kumpas ya da mikrometre kullanılır.

6.2.1. Kumpas

Kumpas ya da verniyerli kumpas denilen aracın yapısı mikrometreye göre daha basittir ve kullanımı daha kolaydır. Şekil 6.4'te kumpasın bölümleri gösterilmiştir.

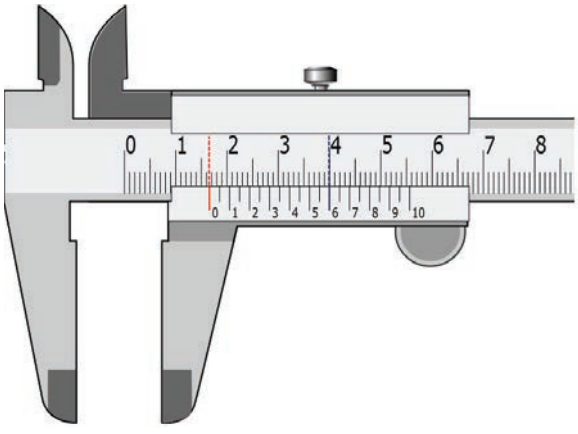


Şekil 6.4: Kumpasın bölümleri

Çelik kordun çapı kumpasla ölçülürken çelik kord, kumpasın iç çap ölçüm çeneleri arasına yerleştirilir. Hareketli çene hareket ettirilerek kumpas çenelerinin çelik kordu tam olarak kavraması sağlanır. Sabitleme vidası yardımıyla hareketli çene sabitlenir. Kumpas okunurken hareketli çene üzerinde bulunan verniyer cetveli üzerindeki sıfır çizgisinin sabit cetvel üzerinde gösterdiği değer milimetre cinsinden okunur. Hareketli çene üzerindeki sıfır çizgisi, sabit cetvel üzerinde çizgilerin arasında kaldıysa soldaki çizgi dikkate alınarak okuma yapılır.

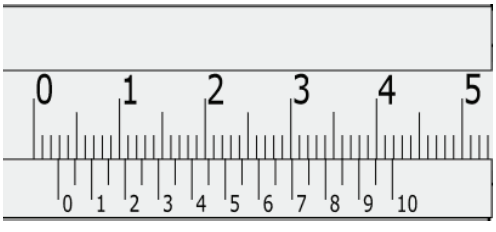
Hareketli çene üzerinde yer alan verniyer cetveli, milimetre cinsinden yapılan ölçümün ondalık kısmını verir. Ölçümün ondalık kısmı, verniyer cetveli üzerindeki çizgi sayısı dikkate alınarak belirlenir. Verniyer cetvelinde 10 çizgi (5 birim) varsa bu kumpasın hassasiyeti 1/10 yani 0,1 mm'dir. Eğer verniyer cetvelinde 20 çizgi (10 birim) varsa kumpas hassasiyeti 1/20 yani 0,05 mm'dir. Ölçümün ondalık kısmını belirlemek için verniyer cetveli üzerindeki ölçü çizgileri incelenerek sabit cetvel ile tam örtüşen ilk çizgi belirlenir. Sıfırdan itibaren ilk örtüşen çizgi dâhil olmak üzere çizgi sayısı kumpas hassasiyeti ile çarpılarak ölçümün ondalık kısmı belirlenir.

Şekil 6.5'te verilen kumpasın gösterdiği değeri belirlemek için önce verniyer cetvelindeki sıfır çizgisinin gösterdiği değer dikkate alınır. Görselde kırmızı ile işaretlenmiş sıfır çizgisinin 16 mm'yi geçtiği görülmektedir. Bu nedenle okumanın tam kısmı 16 mm olarak belirlenir. Ondalıklı kısım için verniyer cetvelindeki çizgilerin sabit cetveldeki çizgilerle tam olarak kesişip kesişmediği sıfırdan başlanarak sağa doğru kontrol edilir. İlk tam kesişmenin görselde mavi ile işaretlenmiş 6 ile gösterilen 12. çizgide gerçekleştiği görülür. Verniyer cetvelinde 20 çizgi olduğu için kumpas hassasiyeti 1/20 yani 0,05 mm'dir. Verniyer cetvelinde sıfırdan itibaren ilk kesişen çizgiye kadar olan çizgi sayısı 12 ile kumpas hassasiyeti olan 0,05 çarpılarak ölçümün ondalık kısmı 0,60 mm olarak bulunur. Sonuç olarak kumpasın gösterdiği değer 16,60 mm'dir.



Şekil 6.5: Kumpas okunuşu

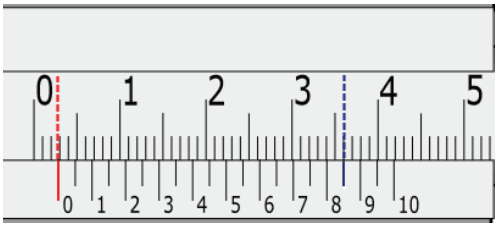
Örnek



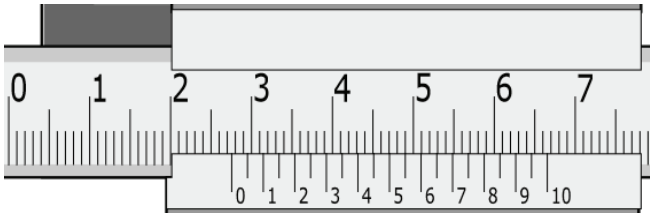
Yukarıdaki görselde cetvel kesiti verilen kumpasın gösterdiği değeri okuyunuz.

Çözüm

Görsel incelendiğinde verniyer cetvelindeki sıfır çizgisinin 2 ve 3 mm arasında durduğu görülür. Bu nedenle ölçümün tam kısmı 2 mm'dir. Verniyer cetveli ile sabit cetvel çizgileri arasındaki ilk tam çakışma 17. çizgide gözlemlenir. 20 çizgi olduğu için kumpas hassasiyeti 0,05 mm'dir. Ölçümün ondalık kısmı 17 x 0,05 = 0,85 mm olarak belirlenir. Kumpasın gösterdiği değer ise 2 + 0,85 = 2,85 mm'dir.



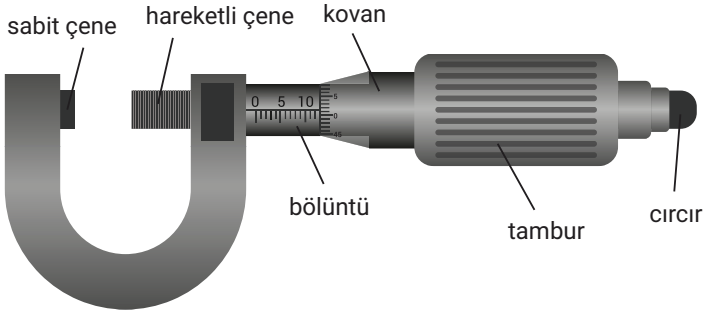
1. Sıra Sizde



Yukarıdaki görselde cetvel kesiti verilen kumpasın gösterdiği değeri okuyunuz.

6.2.2. Mikrometre

Mikrometre, kumpasa göre çok daha hassas ölçümler için kullanılan bir araçtır. Görsel 6.1'de mikrometrenin bölümleri gösterilmiştir.

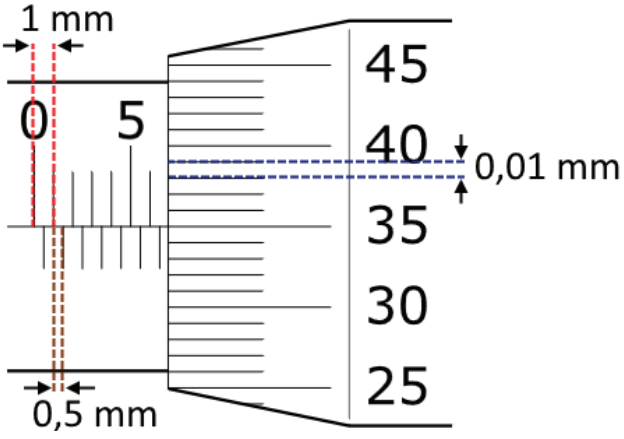


Görsel 6.1: Mikrometrenin bölümleri

Mikrometre, çok hassas bir vidalı milin gene çok hassas bir somun içerisinde ilerlemesi ile çalışır. Hareketli tambur bir tur çevrildiğinde hassas vida da bir adım ilerler. Vidanın adımı, hareketli tambur bir tur çevrildiğinde 0,5 mm ilerleyecek şekilde hazırlanmıştır. Vidalı mil ile birlikte dönen hareketli tamburun çevresi de 50 eşit parçaya bölünmüş olduğu için hareketli tamburdaki bir çizgi aralığı 0,50 mm : 50 = 0,01 mm'ye karşılık gelmektedir. Yani hareketli tambur sadece bir çizgi kadar döndürüldüğünde hareketli ölçme mili 0,01 mm ilerler. Hareketli tambur iki tur çevrildiğinde ise hareketli ölçme mili tam 1 mm ilerler.

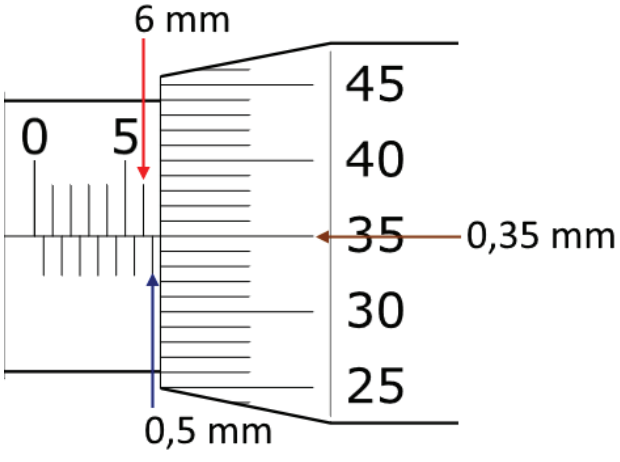
Mikrometre ile çelik kord ölçümünde, ölçüm yapılacak çelik kord, mikrometre çeneleri arasına uygun biçimde yerleştirilir. Mikrometrenin zarar görmemesi ve doğru ölçüm yapılabilmesi için ölçüm sırasında döndürme işlemi, hareketli tambur döndürülerek değil cırcır döndürülerek yapılır. Böylece mikrometre çenelerinin aşırı sıkılması engellenmiş olur. Sabit tambur üzerinde iki farklı ölçek bulunur.

Çizginin üzerindeki ölçeklerden her biri 1 mm'ye, çizginin altındaki ölçeklerden her biri 0,5 mm'ye, hareketli tambur üzerindeki ölçeklerden her biri ise 0,01 mm'ye karşılık gelir (Şekil 6.6). Mikrometre okunurken ilk önce hareketli tamburun sabit tamburda çizginin üzerinde bulunan milimetrik ölçekte kaç çizgiyi geçtiği belirlenir. Eğer hareketli tambur, sabit tamburda çizginin üstündeki milimetrik ölçekten sonra gelen ve çizginin altında yer alan 0,5 mm'lik ölçü çizgilerinden birini geçtiyse ölçüme 0,5 mm eklenir. Son olarak hareketli tamburda yer alan 0,01 mm'lik ölçü çizgilerinden hangisinin sabit tambur üzerinde yer alan çizgi ile kesiştiği belirlenir.



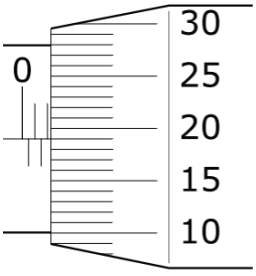
Şekil 6.6: Mikrometre üzerindeki ölçü çizgileri

Şekil 6.7'de verilen mikrometrede hareketli tamburun 6 mm'yi geçtiği görülmektedir. Bu nedenle ölçümün tam kısmı 6 mm'dir. Hareketli tambur, sabit tamburda 6 mm'den sonra gelen ve çizginin altında kalan 0,5 mm'lik ölçü çizgilerinden birini de geçtiği için ölçüme 0,5 mm eklenir. Hareketli tamburun 35. ölçü çizgisi sabit tamburdaki çizgi ile kesiştiği için ölçüme 0,35 mm dâhil edilir. Görseldeki mikrometrenin gösterdiği değer bu üç sayı toplanarak bulunur. Ölçüm sonucu 6 + 0,5 + 0,35 = 6,85 mm olarak belirlenir.



Şekil 6.7: Mikrometre okuması

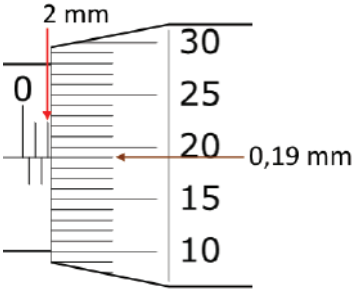
Örnek



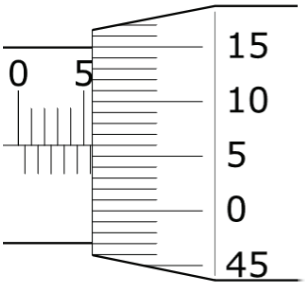
Yukarıdaki görselde kesiti verilen mikrometrenin gösterdiği değeri okuyunuz.

Çözüm

Görsel incelendiğinde hareketli tambur, sabit tambur üzerindeki çizginin üstünde kalan milimetrik kısımdaki ikinci ölçü çizgisini geçtiği için ölçümün tam kısmı 2 mm'dir. Hareketli tambur, sabit tamburdaki çizginin altında 2 mm'den sonra gelen ölçü çizgisini geçmemektedir. Bu nedenle ölçüye 0,5 mm eklenmez. Hareketli tamburdaki 19. ölçü çizgisinin sabit tamburdaki çizgi ile örtüştüğü görülmektedir. Bu nedenle ölçümün sonucu 2 + 0,19 = 2,19 mm olarak bulunur.



2. Sıra Sizde



Yukarıdaki görselde kesiti verilen mikrometrenin gösterdiği değeri okuyunuz.

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ÇELİK KORDUN ÇAPI

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Çelik kordun çapını belirlemek.

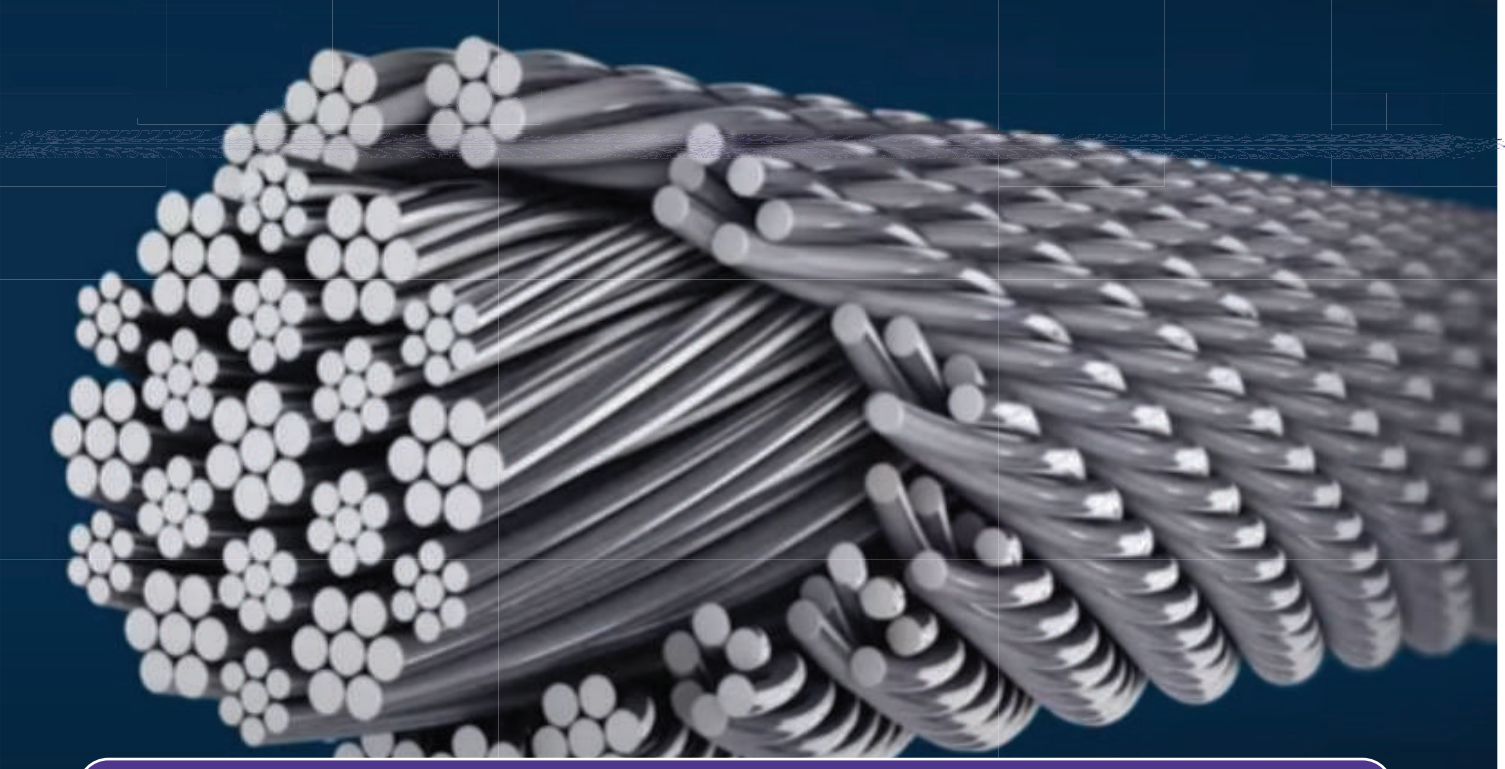
Araç Gereç: Çelik kord numunesi, çelik halat makası, mikrometre.

Uygulamanın Yapılışı

1. Çelik korddan yaklaşık 15 cm uzunluğunda, deforme olmamış ve düzgün görünümlü bir parça kesiniz.
2. Mikrometrenin çenelerini kapatınız ve tam olarak 0,000 değerini gösterdiğinden emin olunuz.
3. Çelik kordu uçlardan en az 2 cm uzaklıkta olacak şekilde mikrometrenin çeneleri arasına uygun biçimde yerleştiriniz.
4. Çelik kordu mikrometrenin çeneleri arasında nazikçe sıkıştırınız. Mikrometrenin çenelerini sıkıştırmak için cırcır kullanınız.
5. Mikrometreyi okuyarak çelik kordun çapını belirleyiniz. Ölçüm sonuçlarını not ediniz.
6. İlk ölçümü yaptığınız noktada mikrometre çenelerini gevşetip mikrometreyi 90° çevirerek ikinci bir ölçüm alınız ve bu ölçümün sonucunu da not ediniz.
7. İlk ölçüm noktasından en az 10 cm uzaklıkta 3, 4, 5 ve 6. uygulama adımlarını tekrarlayarak iki ölçüm daha yapınız.
8. Aldığınız ölçümlerin ortalamasını hesaplayarak çelik kordun çapını belirleyiniz. Raporunuzda minimum, maksimum ve ortalama değerleri belirtiniz.

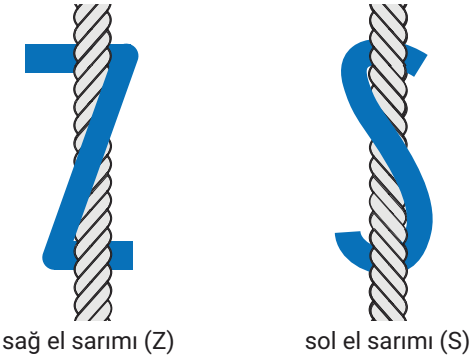
Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Çelik korddan yaklaşık 15 cm uzunluğunda parça keser.	20	15	10	5
3	Çelik kordun ortalama çapını belirler.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



6.3. ADIM SAYISI

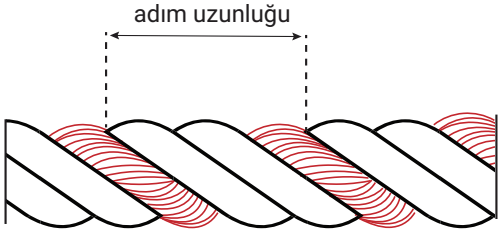
Çelik kord üretilirken filamentler ve demetler bir çekirdek etrafında ya da birlikte sarılır. Sarım biçimi, sarım yönüne bağlı olarak iki farklı şekilde gerçekleştirilebilir (Şekil 6.8). Çelik kordu oluşturan bileşenler saat yönünde döndürülerek sarılırsa çelik kord üzerinde oluşan spiraller Z harfine benzer. Bu sarıma **sağ el sarımı** ya da **Z sarımı** denir. Eğer çelik kordu oluşturan bileşenler saat yönünün tersi yönde döndürülerek sarılırsa çelik kord üzerinde oluşan spiraller S harfine benzer. Bu sarıma da **sol el sarımı** ya da **S sarımı** denir.



sağ el sarımı (Z) sol el sarımı (S)

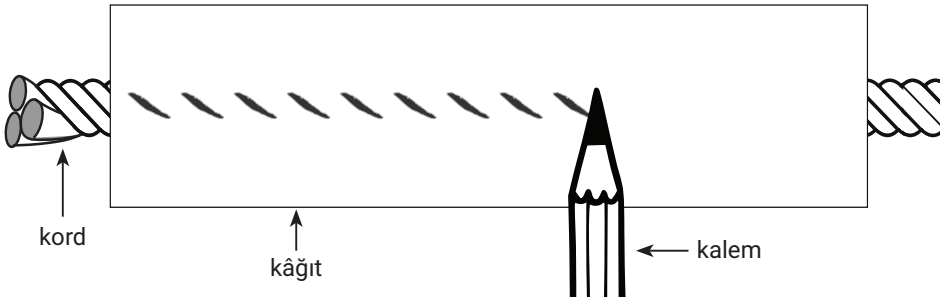
Şekil 6.8: Çelik kordun sarım biçimleri

Çelik kord tam bir tur attığında (360° döndüğünde) içerisindeki herhangi bir filament ya da demetin yatay eksen üzerinde kat ettiği mesafeye **adım** denir (Şekil 6.9). Çelik kordda adım uzunluğu milimetre cinsinden ifade edilir.



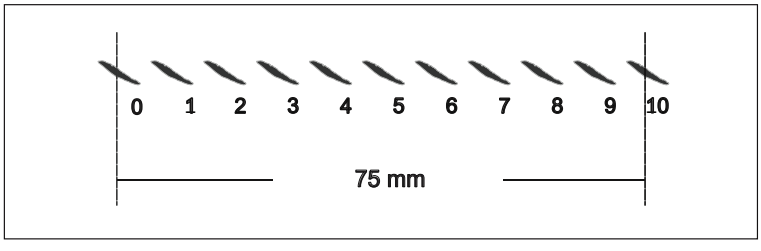
Şekil 6.9: Çelik kordda adım uzunluğu

Çelik kordun adım sayısını belirlemek için çelik kord üzerine bir kâğıt yerleştirilir. Kord üzerindeki kabartma izlerinin kâğıda çıkması için Şekil 6.10'daki gibi kurşun kalemin ucu yatay bir biçimde tutularak kâğıdın çelik kordun tam üzerine denk gelen kısmı üzerinden bir kaç kez geçilir. Bu işlemleri kolaylaştırmak için karbon kâğıdı da kullanılabilir.



Şekil 6.10: Çelik kord üzerindeki kabartmaların kâğıda geçirilmesi

İz sayısı (n), kâğıt üzerinde elde edilen kabartma izleri Şekil 6.10'daki gibi işaretlenerek ve sıfırdan başlamak kaydıyla şekil 6.11'deki gibi numaralandırılarak belirlenir. Kâğıt üzerindeki ilk ve son iz arasındaki mesafe (d) bir cetvel yardımıyla ölçülerek milimetre cinsinden bulunur. Daha sonra çelik kordun en dış katmanını oluşturan demet ya da filament sayısı (F) belirlenir. Örneğin Şekil 6.10 incelendiğinde kordun 3 flamentten oluştuğu görülür. Bu nedenle Şekil 6.10'daki kord için F sayısı 3'tür.



Şekil 6.11: Çelik kordun adım uzunluğunun hesaplanması

Adım uzunluğu, aşağıdaki eşitlik yardımıyla milimetre cinsinden belirlenir.

$$\text{Adım uzunluğu} = \frac{d}{n} \times F$$

Örnek

Adım sayısı hesaplanmak istenen yapısı 1+5 şeklinde olan bir çelik kord numunesi masa üzerinde düzeltiliyor. Kurşun kalem yardımı ile üzerindeki kabartmalar kâğıda geçiriliyor. **İz sayısı 8, ilk ve son iz arasındaki mesafesi 48 mm olarak ölçülen bu çelik kordun adım uzunluğunu hesaplayınız.**

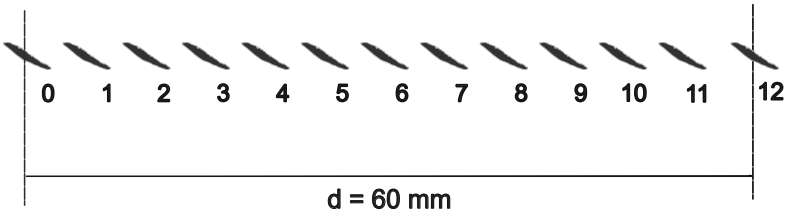
Çözüm

$$\text{adım uzunluğu} = \frac{d}{n} \times F$$

$$\text{adım uzunluğu} = \frac{48}{8} \times 5$$

Adım uzunluğu, 30 mm olarak bulunur.

Örnek



Yapısı 1 + 7 şeklinde ( ) olan bu çelik kordun adım uzunluğunu hesaplayınız.

Çözüm

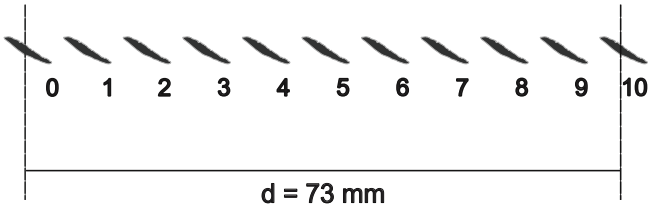
Verilen şekil incelendiğinde iz sayısının (n) 12, ilk ve son iz arasındaki mesafenin (d) 60 mm ve çelik kordun dış katmanındaki filament/demet sayısının (F) 7 olduğu görülür. Elde edilen veriler aşağıdaki eşitlikte yerine konulduğunda

$$\text{adım uzunluğu} = \frac{d}{n} \times F$$

$$\text{adım uzunluğu} = \frac{60}{12} \times 7$$

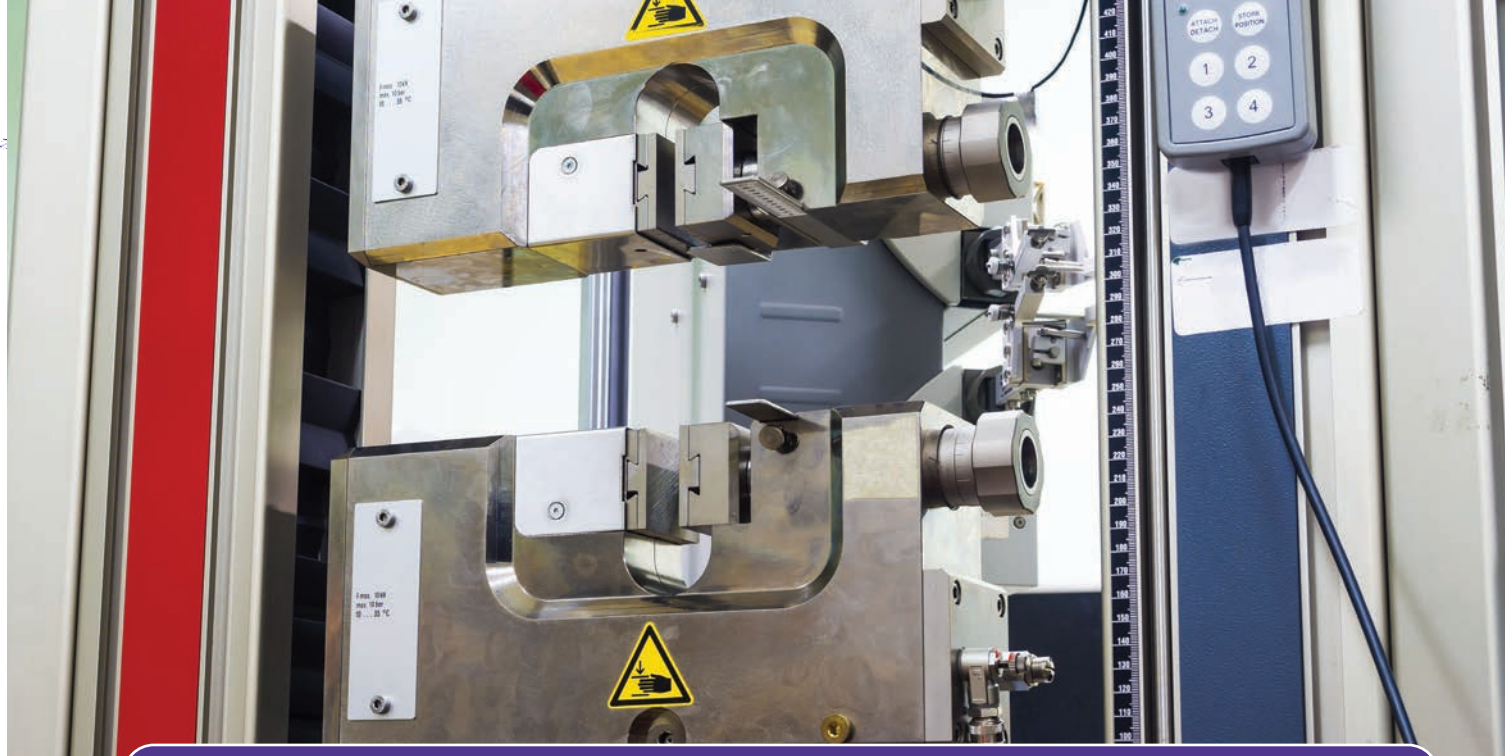
Adım uzunluğu, 35 mm olarak bulunur.

3. Sıra Sizde



Adım sayısı hesaplanmak istenen bir çelik kord numunesi masa üzerinde düzeltilip kurşun kalem yardımı ile üzerindeki kabartmalar kâğıda geçiriliyor. Yukarıda verilen şekildeki gibi gerekli işaretlemeler ve ölçümler kâğıt üzerinde yapılıyor.

Üç filamentin bir arada sarılmasıyla oluşan ( ) bu çelik kordun adım uzunluğunu hesaplayınız.



6.4. ÇELİK KORDUN KOPMA TESTİ, SİNİRLİLİK VE DOĞRUSALLIK TAYİNİ

Çelik kordlar, filament ve demetlerin bükülmesiyle üretildikleri için serbest bırakıldıklarında kendi eksenleri etrafında dönmeye meyillidir. Çelik kordlar makaralara sarılarak paketlenir. Makaraya sarılan çelik kord bir tür hafızaya sahiptir. Makaradan çözüldüğünde makaradaki helisel yapıyı hatırlar. Makaradan çözülüp serbest bırakıldığında sarım yönüne bağlı olarak belli bir yöne doğru bükülerek doğrusallıktan sapar. Kesildiğinde filament ve demet bükümleri belli bir dereceye kadar açılabilir. Kopuncaya kadar çekildiğinde çok az ya da çok fazla uzayabilir. Ayrıca çelik kordlar üretim sürecinden kalan yağ ve kir de içerebilir.

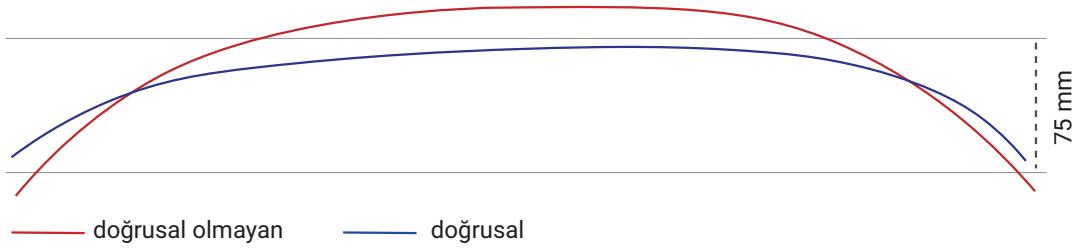
Lastik üretiminde kullanılacak çelik kordun serbest bırakıldığında kendi ekseninde dönmesi, bükülerek doğrusallıktan sapması, serbest uçlardaki bükümlerin açılması, yağ ve kir içermesi istenmeyen durumlardır. Yağ ve kir çelik kordun kauçuğa yapışmasını engeller. Ayrıca çelik kordun kopmadan önceki uzama miktarının belli limitler içinde olması istenir. Çelik kordun yukarıda sayılan fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için yapılan fiziksel testlerden bazıları doğrusallık, sinirlilik ve kopma uzama testleridir.

6.4.1. Doğrusallık Tayini

Doğrusallık tayini öncesinde genellikle **artık burulma (torsiyon) testi** yapılır. Artık burulma testi için paketlenmiş makaradan çelik kordun ucu alınarak ucundan yaklaşık 2,5 cm uzunluğundaki kısmı dik açıyla bükülür. Bükülen kısım elle ya da uygun bir araçla dönmeyecek biçimde sabit tutulurken 6 metre uzunluğunda çelik kord makaradan çekilerek açılır. Açılan kord düz ve pürüzsüz bir zemine yatırıldıktan sonra telin bükülen ucu serbest bırakılıp kendi ekseni etrafında dönmesine izin verilir. Yarım dönüşler de dâhil serbest kalan telin kendi ekseni etrafında kaç kez döndüğü sayılarak artık burulma olarak kaydedilir.

Artık burulma testinden sonra doğrusallık tayinine geçilir. Doğrusallık tayini için yaklaşık 6 metre uzunluğunda, burulma gerilimi giderilmiş çelik kord örneği kesilir. Daha sonra kesilen örnek, birbirine 75 mm mesafede bulunan iki paralel düz çizgi arasına, her iki çizgiye eşit mesafede duracak biçimde yerleştirilir ve serbest bırakılır. Örnek serbest bırakıldığında her iki çizgiye dokunmayacak biçimde durabiliyorsa doğrusal kabul edilir.

Eğer örnek fazla bükülerek çizgilere değerse doğrusal olmadığı kabul edilir (Şekil 6.12).



Şekil 6.12: Doğrusal ve doğrusal olmayan çelik kord

6.4.2. Sinirlilik Tayini

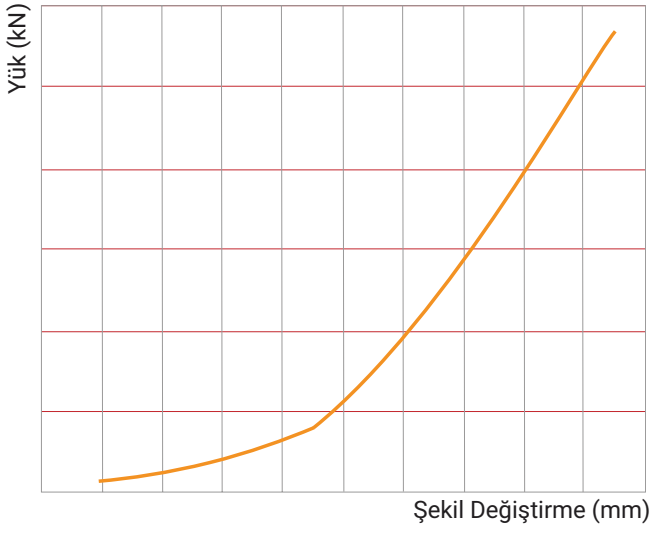
Çelik korddan en az 10 cm uzunluğunda bir örnek, kordun boy eksenine dik biçimde uygun bir keskiyle kesilir. Kesme işlemi sonrasında herhangi bir filamentin veya demetin çözüldüğü boy eksenin uzunluğu milimetre cinsinden ölçülür ve sinirlilik [flare (fılei)] olarak kaydedilir.

6.4.3. Kopma-Uzama Testi

Bir numunenin kopana dek tek eksende çekme kuvvetine maruz bırakıldığı temel malzeme bilimi testidir. Test edilecek uzunluğu belli numune, bu test için özel üretilmiş bir makineye konur ve kopana dek doğrusal olarak artan çekme kuvveti uygulanır (Görsel 6.2). Kuvvetin uygulanma süresi boyunca uygulanan kuvvete karşılık gelen numunedeki uzama miktarı bir bilgisayar tarafından grafiğe geçirilerek sunulur (Grafik 6.1). Kopma kuvveti ve kopma uzaması doğrudan grafik üzerinden okunur.



Görsel 6.2: Çekme test cihazı



Grafik 6.1: Çekme-uzama grafiği

Çekme test cihazında çelik kordu tutan kelepçelerin korda zarar vermeyecek nitelikte olması gerekir. Kelepçelerde pürüzsüz ya da eğe kesimli çene yüzeyi, elmas kesimli tırtıklı yüzeylere tercih edilmelidir. Çok ince çelik kordların kelepçelere tutturulması için 180 ya da 240 grit zımpara kâğıdı, aşındırıcı kısmı çelik kordla temas edecek biçimde kullanılabilir. Eğer yalnızca kopma kuvveti ölçülmek isteniyorsa makara tipi kelepçeler kullanılabilir. Makara tipi kelepçelerde çelik kordun makara üzerindeki kısımları serbest kısımlara göre daha az uzayacak ve bu durum kopma uzamasının belirlenmesinde hataya neden olacaktır.

Bazı test cihazları uzama miktarını doğrudan %uzama şeklinde verebilmektedir. Eğer grafikte uzama miktarı milimetre (mm) birimiyle verildiyse test sonunda elde edilen veriler yardımıyla aşağıdaki eşitlikten %uzama hesaplanır:

$$\%\text{uzama} = \frac{L}{G} \times 100$$

L: uzama miktarı (mm)

G: numunenin başlangıçtaki uzunluğu (mm)

Örnek

Çekme test cihazında 480 mm uzunluğundaki bir çelik kord örneğine kopuncaya kadar tek eksenli çekme kuvveti uygulanıyor. Test verileri incelendiğinde çelik kordun kopma anında 50 mm uzadığı belirleniyor. **Buna göre çelik kordun %uzama miktarını hesaplayınız.**

Çözüm

$$\%\text{uzama} = \frac{L}{G} \times 100$$

$$\%\text{uzama} = \frac{50}{480} \times 100$$

%uzama, 10,42 olarak bulunur.

4. Sıra Sizde

Çekme test cihazında 520 mm uzunluğundaki bir çelik kord örneğine kopuncaya kadar tek eksenli çekme kuvveti uygulanıyor. Test verileri incelendiğinde çelik kordun kopma anında 60 mm uzadığı belirleniyor. **Buna göre çelik kordun %uzama miktarını hesaplayınız.**

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ÇEKME-UZAMA TESTİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Çelik kordun kopma anındaki uzama oranını hesaplamak.

Araç Gereç: Çelik kord numunesi, kuvvet-uzama kaydedicili çekme test cihazı, bant, çelik halat makası.

Uygulamanın Yapılışı

1. Çelik kord üzerinde spiral sargı varsa ve sargı çıkarıldığında çözülme ve genişleme olmayacaksa spiral sargıyı tamamen çıkarınız. Aksi hâlde sadece çekme test cihazı kelepçeleri ile temas edecek kısımlardaki spiral sargıyı çıkarınız.
2. Çelik kordu 50 cm aralıklarla bantlayınız. Bantların üzerinden numuneyi kesiniz.
3. Çekme testi cihazının kelepçeleri arasındaki mesafeyi, ölçü uzunluğu 50 cm olacak şekilde ayarlayınız.
4. Numunenin bir ucunu çekme testi başladığında kaymayacak biçimde üst kelepçeye sabitleyiniz. Numunenin diğer ucunu alt çeneler arasına yerleştirerek uygulayacağınız tam kuvvetin %1'i kadar ön gerilim uyguladıktan sonra alt çene kelepçesini sıkınız.
5. Eğer çeneler numuneyi uygun biçimde tutamıyorsa çene kavrama yüzeylerinin tamamını kaplayacak ve çenenin ön kenarının dışına uzanacak biçimde zımpara kâğıdını kesiniz ve aşındırıcı kısmını numune ile temas edecek biçimde yerleştirerek kelepçeyi sıkınız.
6. Çekme test cihazını uygun bir kuvvet aralığı seçerek çalıştırınız ve numuneyi kırınız.
7. Numune çenelerin kavradığı noktadan kırıldıysa (çene kırılması) ve test sırasında ulaşılan en yüksek kuvvet numune için belirtilen minimum kırılma kuvvetinden küçükse yeni bir numune ile testi tekrarlayınız. Eğer test sırasında ulaşılan en yüksek kuvvet numune için belirtilen minimum kuvvetten daha büyükse çene kırılması meydana gelse bile test sonucunu geçerli kabul ediniz.
8. Test sonunda elde edilen grafikten faydalanarak numunenin taşıyabildiği en yüksek kuvveti, kopma kuvvetini ve kopma uzamasını belirleyiniz ve %uzama'yı hesaplayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Çelik kordu test cihazına yerleştirir.	20	15	10	5
3	Kopma uzamasını belirler.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



6.5. ÇELİK KORDUN LASTİĞE YAPIŞMA TESTİ VE ÇELİK KORDLARDA BAKIR TAYİNİ

Lastik üretiminde kullanılan çelik kordların yüzeyi pirinç ile kaplanır. Pirinç içerisinde yer alan bakır atomları kauçuğun yapısında bulunan kükürt atomlarıyla etkileşime girer. Bu etkileşim çelik kordun kauçuğa moleküler düzeyde yapışmasını sağlar. Çelik kordun kauçuğa yapışma gücü, çelik kordun yapısına, çelik kord üzerinde yağ ve kir bulunmasına, kauçuğun bileşimine ve işleme sürecine de bağlıdır.

6.5.1. Çelik Kordun Kauçuğa Yapışma Testi

Bu test yöntemi vulkanize kauçuk içerisinden bir çelik kordu doğrusal olarak çekip çıkarmak için gereken kuvvetin belirlenmesini kapsar. Kuvvetin ölçümü için çekme test cihazı kullanılır.

Ölçüm yapabilmek için öncelikle test kalıpları kullanılarak çelik kordlar kauçuk tabakaları arasına yerleştirilir ve kalıplanır. Genellikle her kalıba 15 adet çelik kord yerleştirilir. Kalıp boyu 200 mm ve yüksekliği 12,5 mm olacak şekilde aynı anda dört kalıp hazırlanır. Bu kalıplarda çelik kordlar kauçuk içerisine 12,5 mm gömülmüştür. Ayrıca her kalıpta çelik kordun 50 mm'lik kısmı açıkta bulunur. Hazırlanan kalıplar, uygun presler arasına yerleştirilerek preslenir ve vulkanize edilir. Elde edilen test numuneleri belli bir süre dinlendirildikten sonra çekme testi uygulanır. Çekme testi sırasında özel olarak tasarlanmış ve 200 mm boyundaki test numunesini deforme etmeden tutabilecek alt çeneler kullanılır. Çelik kordlar ise üst çene tarafından kauçuğun içinden sıyrılıp çıkıncaya kadar çekilir. Çelik kordları test numunesinden çekip çıkarmak için gereken kuvvet, test cihazı tarafından oluşturulan kayıttan okunur. Çekme testi, hazırlanan dört numune için tekrarlanır ve sonuçların ortalaması hesaplanarak raporlanır.

6.5.2. Çelik Kordlarda Bakır Tayini

Çelik kordlarda bakır tayini için atomik absorpsiyon spektroskopisi kullanılmaktadır. Yöntemin uygulanması için alınan, kütlesi belli bir numunedeki pirinç, nitrik asit kullanılarak çözelti içine alınır ve çözelti seyreltilir. Daha sonra %5'lik nitrik asit içinde 1, 2, 3, 4 ve 5 ppm'lik Cu^{2+} içeren referans çözeltiler yardımı ile çelik kordan elde edilen çözeltideki bakır derişimi atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak belirlenir. Bakır derişimi ve çözelti hacmi bilindiği için bakır kütlesi de hesaplanabilir. Bakır kütlesinin çelik kordun kütlesine oranı hesaplanarak raporlanır. Benzer yöntemle pirinç içerisindeki çinko kütlesi de bulunur.

Bakır ve çinko kütlesinin toplamı pirinç kaplamanın kütlesini verir. Kordu oluşturan filamentlerin çapı kullanılarak bir formül yardımıyla pirinç kaplamanın kalınlığı da hesaplanabilir.

Çelik kord üzerindeki pirinç kaplamada bulunan bakır, kompleksometri yöntemi ile EDTA kullanılarak da belirlenebilir. Bu yöntemde çelik korddaki bakır, nitrik asit kullanılarak Cu^{2+} hâlinde çözeltiye alınır. Çözeltiye amonyak konulduktan sonra birkaç damla müreksit indikatörü eklenir. Müreksit serbest hâldeyken mor renklidir ve bakır ile sarı renkli (derişik Cu^{2+} çözeltisinde yeşil görünen) bir kompleks oluşturur.

$$Cu^{2+} + H_4In^- \longrightarrow CuH_3In + H^+$$

bakır (seyreltik) — müreksit (mor) — bakır-müreksit kompleksi (sarı)

İndikatör içeren numune standart EDTA [disodyum dihidrat tuzu ($Na_2C_{10}H_{18}N_2O_{10}$)] ile titre edilir. EDTA, müreksitten daha güçlü bir kompleksleştiricidir. Bu nedenle bakır-müreksit kompleksi bozunur ve bakır-EDTA kompleksi oluşur. Böylece serbest kalan müreksitten dolayı çözeltinin rengi sarıdan mora dönüşür.

$$CuH_3In + HEd^{3-} \longrightarrow CuEd^{2-} + H_4In^-$$

bakır-müreksit kompleksi (sarı) — EDTA — bakır-EDTA kompleksi — müreksit (mor)

Mor renk gözlemlendiği anda titrasyon sonlandırılır. Harcanan EDTA çözeltisinin hacminden yararlanılarak bakır çözeltisinin derişimi belirlenir.

Örnek

Bakır miktarı belirlenmek istenen 8 gramlık bir çelik kord örneği erlene sığabilecek boyutlarda kesilip katlanıyor. Numune erlen içerisine konarak üzerine hacimce %5'lik HNO_3 çözeltisinden 20 mL ilave ediliyor ve pirinç kaplamanın tamamı çözününceye kadar karışım çalkalanıyor. Mıknatısla erlenin boyun kısmına çekilen çelik kord parçaları önce birkaç mL %5'lik HNO_3 çözeltisi ile ardından birkaç mL saf su ile yıkanıp erlenden çıkarılıyor. Erlendeki çözeltiye pH'ı 8 oluncaya kadar NH_3 ilave ediliyor. Erlene birkaç damla müreksit indikatörü eklendikten sonra toplam hacim 100 mL oluncaya kadar saf su ekleniyor. Erlendeki çözelti 0,02 M EDTA ile titre edildiğinde 30 mL EDTA harcandığı görülüyor.

Buna göre çelik korddaki bakır kütlesini ve %bakır oranını hesaplayınız.

(Bakırın atom kütlesini 63,5 gram alınız.)

Çözüm

Önce 100 mL'lik bakır çözeltisinin derişimi, ardından çözeltideki bakır kütlesi hesaplanır.

$M_{EDTA} \times V_{EDTA} = M_{Cu^{2+}} \times V_{Cu^{2+}}$

$0,02 \times 30 = M_{Cu^{2+}} \times 100$

$M_{Cu^{2+}} = 0,006$ M

$m_{Cu^{2+}} = M_A \times (M_{Cu^{2+}} \times V_{Cu^{2+}})$

$m_{Cu^{2+}} = 63,5 \times (0,006 \times 0,1)$

$m_{Cu^{2+}} = 0,0381$ g

Daha sonra %bakır oranı aşağıdaki gibi belirlenir.

$$\%\text{bakır} = \frac{0,0381}{8} \times 100$$

%bakır = 0,48 Numune %0,48 oranında bakır içermektedir.

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ÇELİK KORDDA BAKIR TAYİNİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Çelik kordda bakır tayini yapmak.

Araç Gereç: Çelik kord numunesi, hassas terazi, çelik halat makası, mezür, pipet, mıknatıs, erlen, pH metre ya da pH kâğıdı, büret, bunzen mesnedi, bağlama parçaları ve büret kıskacı.

Kimyasal Maddeler: Hacimce %5 HNO_3 çözeltisi, derişik NH_3 çözeltisi, saf su, 0,02 M EDTA çözeltisi (7,445 g $Na_2EDTA.2H_2O$'nun 1 L saf sudaki çözeltisi), müreksit indikatörü (100 mg/100 mL su).

Uygulamanın Yapılışı

1. Çelik korddan yaklaşık 5 gram ağırlığında bir parça kesiniz. Varsa sarma telini ayırınız. Ayırdığınız sarma telini analize dâhil etmeyiniz.
2. Çelik kordu erlen içerisinde rahat hareket edebilecek şekilde bükünüz. Eğer gerekiyorsa daha küçük parçalar hâlinde kesiniz.
3. Numuneyi hassas terazide tartarak kütlesini (g_1) not ediniz.
4. Numuneyi erlen içerisine alarak üzerine 20 mL HNO_3 çözeltisi ekleyiniz. Pirinç kaplama çözününceye kadar erleni dikkatlice çalkalayınız.
5. Numuneyi, mıknatıs yardımıyla erlenin boynuna çekip önce 5 mL HNO_3 çözeltisi ile daha sonra 5 mL saf su ile yıkayınız ve erlenden çıkarınız.
6. Erlendeki çözeltiye pH değeri yaklaşık 8 oluncaya kadar yavaş yavaş NH_3 çözeltisi ekleyiniz.
7. Erlene 2-3 damla müreksit indikatörü damlatıp çözelti hacmini saf su ile 100 mL'ye tamamlayınız.
8. Çözeltiyi, rengi mor oluncaya kadar standart EDTA çözeltisi ile titre ediniz. Titrasyon işlemi bittiğinde harcadığınız EDTA hacmini (V_1) belirleyiniz.
9. Aşağıdaki eşitlik yardımıyla çözeltideki bakır derişimini hesaplayınız.

   $M_{EDTA} \times V_{EDTA} = M_{Cu^{2+}} \times V_{Cu^{2+}}$

10. Aşağıdaki eşitliği kullanarak numunedeki bakır kütlesini hesaplayınız.

    $m_{Cu} = M_A \times (M_{Cu^{2+}} \times V_{Cu^{2+}})$

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kord içindeki bakırı çözeltiye alır.	20	15	10	5
3	Titrasyon işlemini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

A. Aşağıdaki ifadeler doğru ise önündeki kutucuğa (√), yanlış ise (X) işaretini koyunuz. Yanlış ifadelerin doğrusunu altındaki boşluğa yazınız.

1. ☐ Çelik kordlar çekilerek inceltilmiş tellerdir.

.....

2. ☐ Çelik kord üretiminde kullanılan temel elementler demir ve bakırdır.

.....

3. ☐ Lastiklerde çelik kordun kullanılması sürüş güvenliğini artırır.

.....

4. ☐ Çelik kordun 1 metresinin kütlesi çapının büyüklüğüne bağlıdır.

.....

5. ☐ Çelik kordun çapı filament sayısına bağlıdır.

.....

6. ☐ Çelik kordun çapını ölçmek için multimetre kullanılır.

.....

7. ☐ Verniyer cetveli ile ondalık hassasiyete sahip olmayan ölçümler yapılır.

.....

8. ☐ Çelik kord üretiminde kullanılan, çekilerek inceltilmiş çelik tellere filament denir.

.....

9. ☐ Mikrometreler çelik kordların çapını ölçmek için kullanılan araçlardandır.

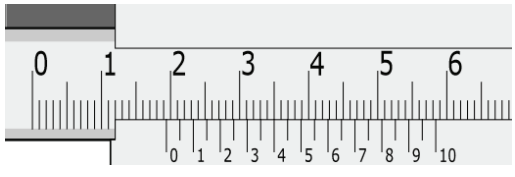
.....

10. ☐ Çelik kord üzerinde yağ ve kir gibi safsızlıkların bulunması çelik kordun kauçuğa yapışma gücünü artırır.

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

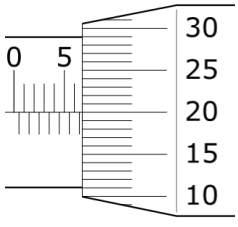
1.



Yukarıdaki görselde cetvel kesiti verilen kumpasın gösterdiği değer kaç milimetredir?

A) 18,20 B) 18,80 C) 19,00 D) 19,40 E) 20,50

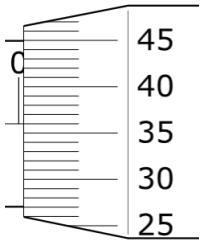
2.

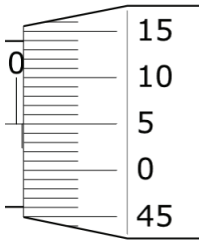


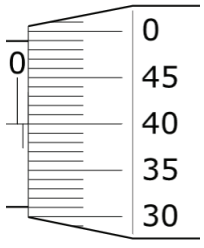
Yukarıdaki görselde kesiti verilen mikrometrenin gösterdiği değer kaç milimetredir?

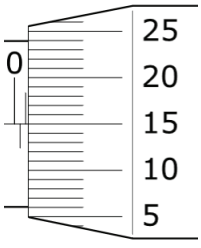
A) 7,20 B) 6,70 C) 6,20 D) 5,70 E) 5,20

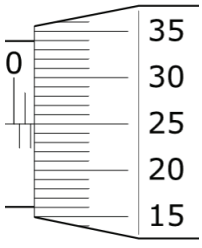
3. Aşağıda cetvel kesitleri verilen mikrometrelerden hangisinin gösterdiği değer 1,75 mm'dir?

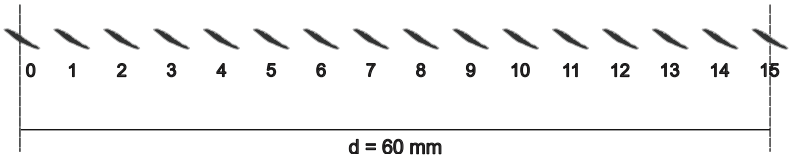
A)


B)


C)


D)


E)


4.


Adım sayısı hesaplanmak istenen bir çelik kord numunesi masa üzerinde düzeltilip kurşun kalem yardımı ile üzerindeki kabartmalar kâğıda geçiriliyor. Yukarıda verilen şekildeki gibi gerekli işaretlemeler ve ölçümler kâğıt üzerinde yapılıyor.

Yapısı 1+6 şeklinde () olan bu çelik kordun adım uzunluğu kaç milimetredir?

A) 24 B) 22 C) 20 D) 18 E) 16

5. I. Serbest bırakıldıklarında kendi eksenleri etrafında dönme miktarlarının tespiti
II. Serbest uçlarında meydana gelen büküm açılmalarının tespiti
III. Kopma anından önceki uzama miktarlarının tespiti
IV. Elektrik akımına karşı gösterdiği direncin tespiti

Yukarıda verilenlerden hangileri çelik kordların fiziksel özelliklerini belirlemede kullanılan testlerin uygulanmasının nedenlerindendir?

A) I ve II B) II ve IV C) III ve IV D) I, II ve III E) I, II, III ve IV

6. Çelik kordun kauçuğa yapışmasının kimyasal sebebi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Yüzeylerindeki pirinç kaplamada bulunan bakır atomlarının kauçuğun yapısındaki kükürtle etkileşime girmesi.

B) Yapısındaki bakır atomlarının, kauçuk yüzeyinde meydana gelen deformasyonların sonucunda serbest kalması.

C) Kauçuğun yüksek ısı karşısında eriyerek çelik kordun yapısında bulunan nem ile etkileşmesi.

D) Çelik kordun yapısına onun kauçuğa yapışmasını sağlayacak kadar EDTA ekleyerek kompleks oluşturulması.

E) Kauçuğun çok ince tabakalı üretilmesi sonucunda çelik kordu çok sıkı şekilde kavraması.

7. ÖĞRENME BİRİMİ

KORD BEZİ

KONULAR

7.1. KORD BEZİNİN KARIŞIMA YAPIŞMA TESTİ

7.2. KORD BEZİNİN KOPMA BÜKÜM TESTİ

7.3. KORD BEZİNİN KISALMA ORANI VE YAPI TAYİNİ

Bu öğrenme biriminde, lastik üretiminde kullanılan kord bezini tanıyacaksınız. Kord bezinin karışıma yapışma, kopma, büküm testlerinin nasıl yapıldığını öğrenecek; kısalma oranını belirleyebilecek ve kord bezinin yapısını tayin edebileceksiniz.

HAZIRLIK SORUSU



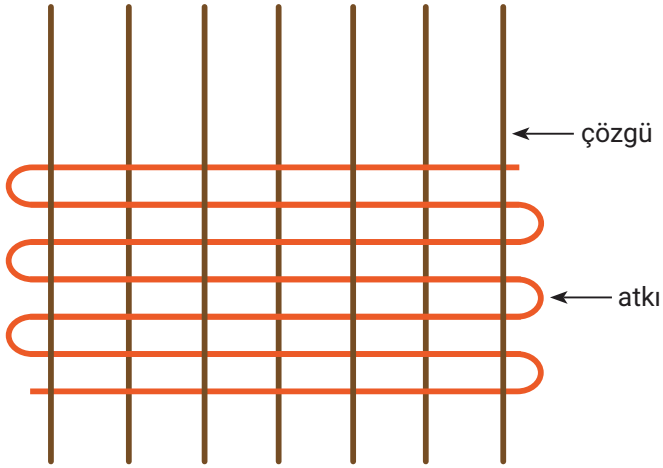
Araç lastiklerinin üretilmesinde tekstil sanayisinin katkısı var mıdır? Araştırarak elde ettiğiniz bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

KORD BEZİ NEDİR?

Tekstil kord olarak da adlandırılan **kord bezi**; lastiğin şeklini korumak, lastiğe esneklik ve mukavemet kazandırmak için kullanılan takviye malzemesidir. Polyester, naylon (poliamid), aramid ve rayon (suni ipek) kullanılarak üretilir. Kord bezi üretiminde kullanılan ham maddelerin özellikleri lastiğin davranışında önemli farklar yaratır. Örneğin sert malzemelerden üretilen kord bezi lastiğe iyi bir yol tutuşu ve denge sağlarken yumuşak malzemelerden üretilen kord bezi kullanılarak yapılan lastikler daha rahat ve konforlu bir sürüş deneyimi sunar.

Günümüzde kord bezi üretiminde daha çok naylon ve polyesterden üretilen lifler tercih edilir. Polyester, naylon, aramid ve rayondan elde edilen lifler birleştirilip bükülerek iplikler elde edilir. Lifleri bükmek, ipliğin tekrarlanan yükler altında zayıflamasını önler ve ipliğe dayanıklılık kazandırır. İstenirse birden fazla kord ipliği bir araya getirilip tekrar bükülebilir. Bu işleme **katlı büküm** denir. Lifler ya da iplikler sağa (S büküm) ya da sola doğru (Z büküm) bükülebilir. Lifler ve iplikler birlikte bükülerek tek katlı ve çok katlı büküm işlemleri aynı anda yapılabilmektedir. Büküm yönü; ipliğin yüzeyinde görülen liflerin eğimi incelenerek belirlenebilir. Bükülmüş iplikler dokunarak kord bezi elde edilir.

Tekstil endüstrisinde, dokunan kumaşın uzunluğu boyunca kenara paralel olan ipliklere **çözgü** denir. Kumaşın 10 cm genişliğindeki kısmında bulunan çözgü sayısı **sıklık** olarak adlandırılır. Kumaşın üretim yönüne dik doğrultuda uzanan ipliklere ise **atkı** denir. Dokuma işlemi sırasında atkı ipi çözgü iplerinin arasından geçirilerek tekstil ürünü elde edilir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1: Atkının çözgülerin arasından geçirilmesi

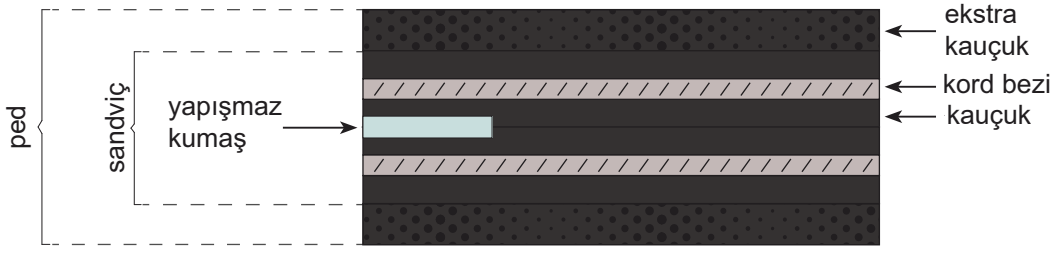
Bükülen iplikler, piyasadan gelen taleplere göre belirli atkı ve çözgü sıklıklarında dokunur. Kord bezinin sıklığı, üretilecek lastikteki kullanım yerine ve beklenen işlevine göre belirli bir dayanım ile uzama değerini sağlayacak şekilde, dokuma esnasında belirlenir. Dokunan kord bezi özel bir solüsyona daldırılarak üzerine yapıştırıcı kimyasallar uygulanır. Uygulanan yapıştırıcı, kord bezinin kauçuğa yapışmasını kolaylaştırır; bezin mekanik davranışlarını geliştirir ve bezi standartlaştırır.



7.1. KORD BEZİNİN KARIŞIMA YAPIŞMA TESTİ

Bu test yöntemi, uygun yapıştırıcı uygulanmış kord bezinin uygun bir kauçuk hamuruna yapışma gücünü ölçmek için kullanılır. Kullanılan yapıştırıcı türü, yapıştırıcının uygulama prosedürü, yapıştırıcının kürlenme süreci, kord bezinin üretildiği malzeme türü, kord bezinin yapısı, kauçuğun türü ve kauçuk kalınlığı test sonuçlarını etkileyebilecek değişkenlerdir. Ayrıca kauçuğun depolandığı ortamdaki nem ve ozon düzeyi de kord bezinin kauçuğa yapışma gücünü azaltan etmenlerdendir. Bu nedenle kauçuğun depolama koşulları son derece önemlidir. Yapılan çalışmalar, 25 ^{0}C sıcaklık ve %30'luk nem düzeyinin kord bezinin kauçuğa yapışması üzerinde önemli bir olumsuz etkisinin olmadığını göstermiştir.

Testin uygulanabilmesi için öncelikle kord bezi ve kauçuktan oluşan bir tür **sandviç** hazırlanmalıdır. Bu amaçla, test edilecek kord bezinin kenarından en az 75 mm mesafeden, rastgele 100 mm^2 boyutunda iki parça kesilir. Bu parçalarla beraber uygun boyutlu kauçuk şeritler ve yapışmaz kumaş kullanılarak Şekil 7.2'dekine benzer bir yapı elde edilir. Yapışmaz kumaş, kord bezinin çözgülerine dik olacak biçimde yapının ucuna yerleştirilir. Sandviçin her iki dış katmanını oluşturan ekstra kauçuk tabakası en az 1,3 mm kalınlığında olmalıdır. Bu katman, test sırasında çekme test cihazının çenelerinin numuneye zarar vermesini engeller. Konveyör bantları için üretilmiş, çoklu çözgü içeren, yoğun dokunmuş, çok ağır kord bezleri ile hazırlanan sandviçlerde bu katman gerekli değildir. Ekstra kauçuk katmanı içeren sandviç, **ped** olarak adlandırılır.

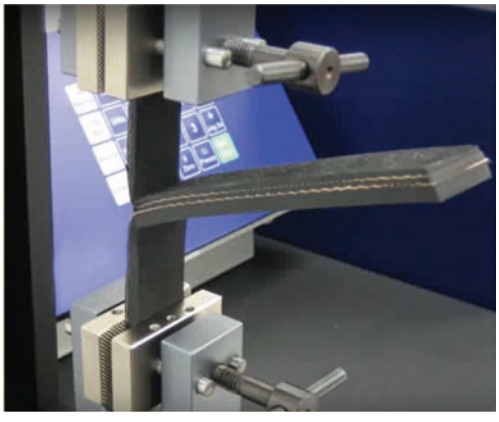


Şekil 7.2: Yapışma testi için hazırlanan kord bezi-kauçuk katmanları

Görsel 7.1'deki gibi hazırlanan ped, kürleme için prese konurken yapışmaz kumaşlar arasına yerleştirilir. Yapışmaz kumaşlar, kürleme esnasında pedin prese yapışmasını engeller. Ped, kullanılan kauçuğun kürlenme özelliklerine göre belli bir sıcaklığa önceden ısıtılmış presin plakaları arasına yerleştirilir ve pedin yeterli süre boyunca kürlenmesi beklenir. Ped, kürlenme tamamlanır tamamlanmaz presten çıkartılarak oda sıcaklığında soğumaya bırakılır.

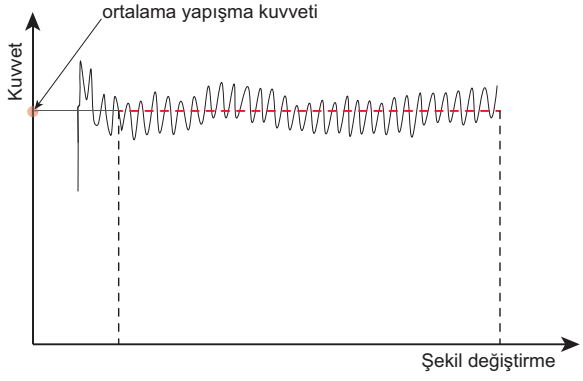
Kürlenen pedden, kord bezinin çözgülerine paralel ve pedin ortasına yakın kısımdan 25 mm genişliğinde bir şerit kesilir. Kesilen şeritteki yapışmaz kumaş çıkarılarak iki dallı bir uç elde edilir.

Hazırlanan şerit, acilen yapılması gereken testler hariç, test edilmeden önce oda sıcaklığında en az 8 saat en çok 4 gün dinlendirilmelidir. Yapışma testi, genellikle soğuk (oda sıcaklığında), bazı durumlarda ise sıcak (120 ^{O}C sıcaklıkta) olarak yapılır. Test için hazır olan şerit, çekme test cihazına bağlanarak 100 mm/dk hızla kord bezi sıyrılıncaya kadar çekilir (Görsel 7.1).



Görsel 7.1: Çekme test cihazında kord bezinin kauçuğa yapışma testi

Çekme test cihazından elde edilen kuvvet-şekil değiştirme grafiği incelendiğinde sıyrılma anından hemen önce bir tepe değeri, daha sonrasında ise salınımlar gözlemlenir. Kullanılan çekme test cihazı ortalama kuvveti vermiyorsa grafikteki kopma öncesindeki tepe değeri ve sonrasındaki 10-15 milimetrelik kısım görmezden gelinir. Grafiğin sonrasındaki kısımda yer alan salınımların alt ve üst noktalarını yaklaşık olarak ortalayan paralel bir çizgi çekilir. Bu çizginin dikey ekseni kestiği nokta, ortalama yapışma kuvvetini verir (Grafik 7.1).



Grafik 7.1: Kord bezinin yapışma testi sonucunda ortalama yapışma kuvvetinin belirlenmesi

Test sonuçları raporlanırken ortalama yapışma kuvveti ve kord bezinin etiketinde yer alan tanımlayıcı bilgilere raporda yer verilir. Ayrıca kord bezinin üzerine uygulanmış olan yapıştırıcının türü ve özellikleri, kullanılan kauçuk tabakalarının kalınlıkları, pedin kürlenme koşulları, test sıcaklığı gibi bilgiler de raporlanır.

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
YAPIŞMA TESTİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Kord bezinin kauçuğa ortalama yapışma kuvvetini belirlemek.

Araç Gereç: Çekme test cihazı, makas, yapışmaz kumaş, kürleme presi, kord bezi, cetvel, kauçuk tabakalar.

Uygulamanın Yapılışı

1. Kord bezinin kenarlarından en az 75 mm uzaklıktan 100 mm^2lik rastgele iki parça kesiniz.
2. Görsel 7.1'de gösterildiği gibi uygun boyutlu kord bezi, yapışmaz kumaş ve kauçuk tabakalar kullanarak ped elde ediniz. Yapışmaz kumaş katmanını kord bezinin çözgülerine dik olacak biçimde yerleştiriniz. Pedin en dış katmanını oluşturan ekstra kauçuk tabakalarının en az 1,3 mm kalınlığında olduğundan emin olunuz. Çekme testi cihazının kelepçeleri arasındaki mesafeyi, ölçü uzunluğu 50 cm olacak şekilde ayarlayınız.
3. Hazırladığınız pedin altına ve üstüne yapışmaz kumaş tabakaları sererek pedi kürleme presine yerleştiriniz ve kullandığınız kauçuğun kürlenme özelliklerine uygun olarak preste kürleyiniz.
4. Kürlenme süresi dolar dolmaz pedi presten çıkararak düz bir yüzeyde oda sıcaklığında mümkünse 8 saat ila 4 gün arasında bekletiniz. Eğer mümkün değilse ped oda sıcaklığına kadar soğuduğunda teste devam ediniz. Bu durumda testin **acil test** şeklinde yapıldığını raporunuzda belirtiniz.
5. Pedin ortasına yakın bir yerden kord bezinin çözgü ipliklerine paralel olacak biçimde 25 mm genişliğinde bir numune kesiniz. Kestiğiniz parçanın içinden yapışmaz kumaş katmanını çıkararak iki dallı bir uç elde ediniz.
6. Numunedeki iki dallı uçlardan her birini çekme test cihazının çenelerine tutturunuz.
7. Çekme test cihazının çeneleri 100 mm/dk. hızla hareket edecek biçimde ayarlayınız ve numune ikiye ayrılıp kopuncaya kadar test cihazının çalışmasını bekleyiniz.
8. Ortama yapışma kuvvetini, cihazdan okuyunuz ya da cihazdan elde edeceğiniz grafikten hesaplayınız.
9. Test sonucunu uygun biçimde raporlayınız.

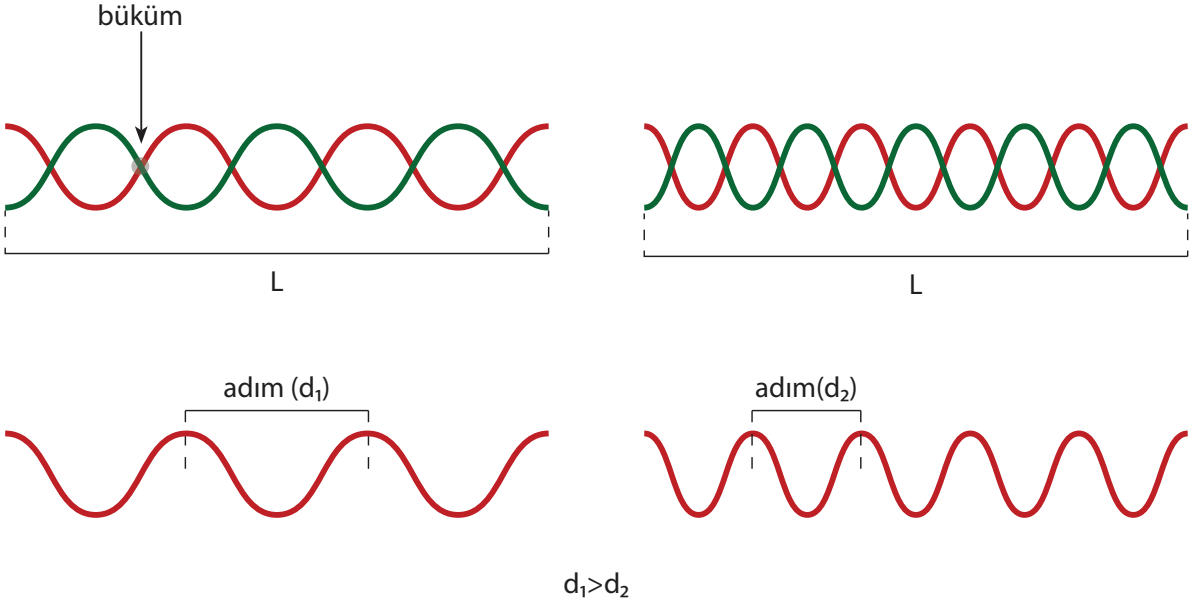
Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kord bezi ve kauçuk tabakaları ile ped hazırlar.	20	15	10	5
3	Ortalama yapışma kuvvetini belirler.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



7.2. KORD BEZİNİN KOPMA BÜKÜM TESTİ

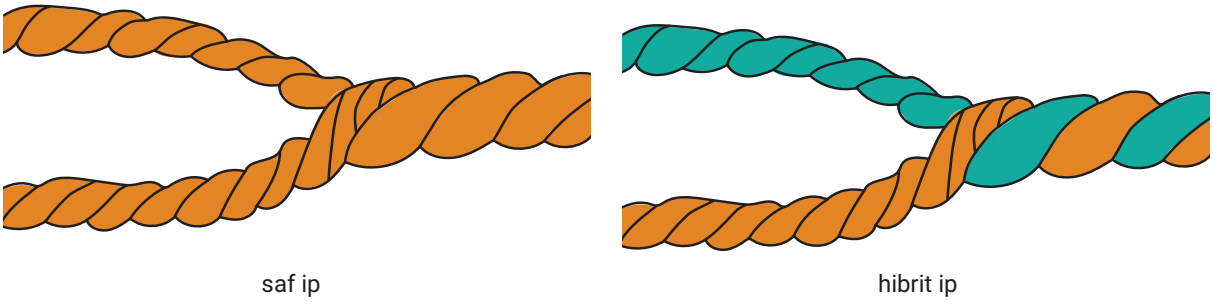
Kord bezini oluşturan iplikler genellikle birden fazla ipliğin bükülmesiyle elde edilir. Birden fazla ipliğin bükülmesiyle elde edilen ipliklerde ipliklerin üst üste bindiği noktaya **büküm** denir. Tıpkı çelik kordlarda olduğu gibi bükülmüş ipliklerde de ipliklerden herhangi birinin tam bir tur attığında yatay eksen üzerinde kat ettiği mesafeye **adım** denir. İp ne kadar fazla bükülürse büküm sayısı o kadar artar. Büküm sayısı arttıkça adım uzunluğu kısalır (Şekil 7.3). Büküm, genellikle **tpm** [turns per meter (törns pör metır)-metre başına dönüş] birimi ile gösterilir. Örneğin 600 tpm ifadesi o ipliğin bir metresinde 600 büküm olduğunu gösterir.



Şekil 7.3: Büküm sayısı ve adım uzunluğu arasındaki ilişki

7.2.1. Kord İpliğinin Yapısı

Kord bezini oluşturan ipliklerin yapısı, tekstil sektöründe kullanılan özel bir kodlama sistemi ile gösterilir. İplikler saf ya da hibrit yapılı olabilir (Şekil 7.4).



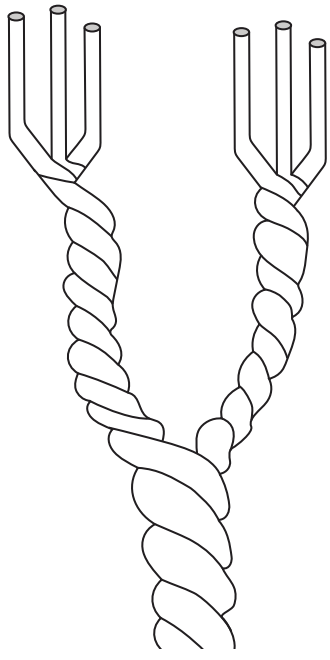
saf ip hibrit ip

Şekil 7.4: Tek tür malzemeden üretilmiş saf ip ve iki tür malzemeden üretilmiş hibrit ip

Tekstil sektöründe ipliklerin doğrusal yoğunluğu **tex** birimi ile ifade edilir. Bu birim 1000 metre uzunluğundaki ipin gram cinsinden kütlesidir. Bazen de doğrusal yoğunluk birimi olarak **dtex** (desi tex) kullanılır. Bu birim 10.000 metre uzunluğundaki ipin gram cinsinden kütlesidir.

Yapısı Şekil 7.5'te verilen ve 10.000 metresinin kütlesi 1100 gram olan (1100 dtex) naylondan üretilmiş bir iplik **Naylon 1100x3x2** şeklinde kodlanır. Genellikle ipliğin ham maddesi kısaltılarak yazılır. Kord bezi üretiminde kullanılan ipliklerin bazı ham maddeleri ve kısaltmaları aşağıdaki gibidir:

Naylon 6 (Poliamid 6): NY6 (PA6)
Naylon 6.6 (Poliamid 6.6): NY6.6 (PA6.6)
Polyester: PET
Rayon: RY



Şekil 7.5: Bir ipliğin yapısı

Tablo 7.1'de kord bezi üretiminde kullanılan bazı ipliklere ait kodlar ve açıklamaları verilmiştir.

Tablo 7.1: Bazı Kord Bezi İpliklerine Ait Kodlar ve Açıklamaları

Kod	Açıklama
PET 1100x1x2 300 tpm	Doğrudan polyester liflerin bükülmesiyle elde edilen iki ipin bir metresinde 300 büküm oluşturacak şekilde bükülmesiyle elde edilen ve ipliği oluşturan katlardan her birinin 10.000 metresi 1.100 gram olan kord ipliği.
PA6.6 470x1x2 550 tpm	Doğrudan naylon 6.6 (poliamid 6.6) liflerin bükülmesiyle elde edilen iki ipin bir metresinde 550 büküm oluşturacak şekilde bükülmesiyle elde edilen ve ve ipliği oluşturan katlardan her birinin 10.000 metresi 470 gram olan kord ipliği.
Aramid + Polyester 1100x1 + 1100x1 250 tpm	Her ikisinin de 10.000 metresi 1100 gram olan bir aramid ve bir polyester ipin bir metresinde 250 büküm oluşturacak şekilde bükülmesiyle elde edilen simetrik hibrit kord ipliği.
Aramid + Polyester 550x1 + 1100x1 250 tpm	10.000 metresi 550 gram olan bir aramid ve 10.000 metresi 1100 gram olan bir polyester ipliğin bir metresinde 250 büküm oluşturacak şekilde bükülmesiyle elde edilen asimetrik hibrit kord ipliği.

7.2.2. Kord İpliğinde Büküm Sayısının Belirlenmesi

İplikler, kendini oluşturan lifleri veya iplikleri bir arada tutmak için bükülür. Büküm sayısı arttıkça ipliğin uzama miktarı daima, ipliğin mukavemeti ise belli bir dereceye kadar artar. İpliğin daha fazla bükülmesi mukavemetin azalmasına neden olur. Bununla birlikte iplikteki sinirliliği bastırmak, uzamayı artırmak ya da ipliğin görünümünü değiştirmek için büküm sayısı artırılabilir.

Bir ipliğin düz bir bölümündeki bükümün sayısının belirlenmesi göründüğü kadar basit bir işlem değildir. Çünkü iplik üretildikten sonra ipliğe uygulanan işlemler büküm sayısını değiştirir. Büküm sayısını, ipliğin bobinlere sarılması sırasında maruz kaldığı gerilim, sarım yönü, sarım sayısı ve bobin çapı etkiler. Birden çok ipliğin bir arada bükülmesi (katlı büküm) ve ipliklerin dokunması da orjinal ipliklerin büküm sayısının değişmesine neden olur. Dokunmuş ipliklerde ve birden fazla kat içeren ipliklerde katların büküm sayısının belirlenmesi için yapılan testlerden elde edilen sonuçların yaklaşık sonuçlar olarak değerlendirilmesi gerekir. Ayrıca test sırasında uygulanan prosedürler de büküm sayısını etkileyebilir. Bu nedenle test özenli ve dikkatli bir biçimde uygulanmalıdır.

Büküm sayısı belirlenirken belli uzunluktaki kord ipliği büküm test cihazına monte edilir (Görsel 7.2). İpin bir ucu sabit dururken diğer uç sarım yönüne bağlı olarak, belli bir yönde döndürülerek tüm bükümlerin açılması sağlanır. Büküm test cihazı, kaç tur döndüğünü kaydeden bir mekanik veya elektronik sayaca sahiptir. Tüm bükümler açıldıktan sonra büküm test cihazının kaç tur döndüğü sayaç okunarak belirlenir. Test sırasında kullanılan ipin uzunluğu ve büküm test cihazının dönüş sayısı yardımıyla büküm sayısı hesaplanır.



Görsel 7.2: Büküm test cihazı

Büküm testi 21∓1°C sıcaklıkta ve %65∓2 bağıl nemde, tekstil testi için standart atmosferde yapılmalıdır. Büküm test cihazındaki ölçü uzunluğu kelepçeler yardımıyla 250 milimetreye sabitlenir ve cihazın sayacı sıfırlanır. Numune test cihazına bağlanır ve numuneye 0,25∓0,05 cN/tex [ipin bir birim tex cinsinden doğrusal yoğunluğu başına 0,25 santiNewton (1/100 Newton)] gerilim uygulayacak biçimde uygun öngerme kütleleri eklenir. İpliklerin yapısına, doğrusal yoğunluğuna bağlı olarak öngerme kütleleri için Tablo 7.2'den faydalanılabilir ya da iki katlı ipliklerde ipliğin dtex değeri 0,05 ile çarpılarak öngerme kütlesinin gram cinsinden değeri hesaplanabilir. İpteki fazlalıklar, numunenin bağlandığı kelepçelerde 25 milimetreden daha az uzantı kalacak biçimde kesilir. Kelepçeler arasındaki uzunluk en yakın 0,5 mm'ye kadar ölçülür ve ilk uzunluk (L) olarak kaydedilir. İpliğin sarım yönü belirlenerek kaydedilir ve iplikteki tüm bükümler açılıncaya ve ipliğin bileşenleri paralel hâle gelinceye kadar döner kıskaç döndürülür. Bir kalem ya da iğ kullanılarak ipliğin bileşenlerinin tamamen paralel olduğu, çeneler arasında hiç büküm kalmadığı gerekirse bir büyüteç kullanılarak kontrol edilir. En yakın 0,1 dönüşe kadar toplam dönüş sayısı (R) kaydedilir. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak bir metredeki büküm sayısı (tpm) hesaplanır.

$$T = \frac{L}{R}$$

T: bir metredeki büküm sayısı (tpm)
R: dönüş sayısı
L: ilk uzunluk (m)

Tablo 7.2: Büküm Testinde Kord İpliklerinin Doğrusal Yoğunluğuna ve Yapısına Bağlı Öngerme Kütleleri

Doğrusal Yoğunluk (dtex) ve Yapı	Öngerme Ağırlığı (g)
235x1x2	12
940x1x2	47
1100x1x2	55
1400x1x2	72
1880x1x2	96
2100x1x2	105



Örnek

İlk uzunluğu 256 mm olan bir kord ipliği, büküm test cihazında 76,9 tur döndürüldüğünde tüm bükümlerin açıldığı ve bileşenlerinin tamamının paralel hâle geldiği gözlemleniyor. **Bu ipliğin büküm sayısını hesaplayınız.**

Çözüm

İpliğin ilk uzunluğu metreye dönüştürülerek (256 mm = 0,256 m) aşağıdaki eşitlikte yerine yazılır.

$$T = \frac{L}{R}$$

$$T = \frac{76,9}{0,256}$$

$$T = 300$$

İpliğin büküm sayısı, 300 tpm olarak hesaplanır.



1. Sıra Sizde

İlk uzunluğu 261 mm olan bir kord ipliği, büküm test cihazında 143,6 tur döndürüldüğünde tüm bükümlerin açıldığı ve bileşenlerinin tamamının paralel hâle geldiği gözlemleniyor. **Bu ipliğin büküm sayısını hesaplayınız.**

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
BÜKÜM TESTİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Kord ipliğinin büküm sayısını belirlemek.

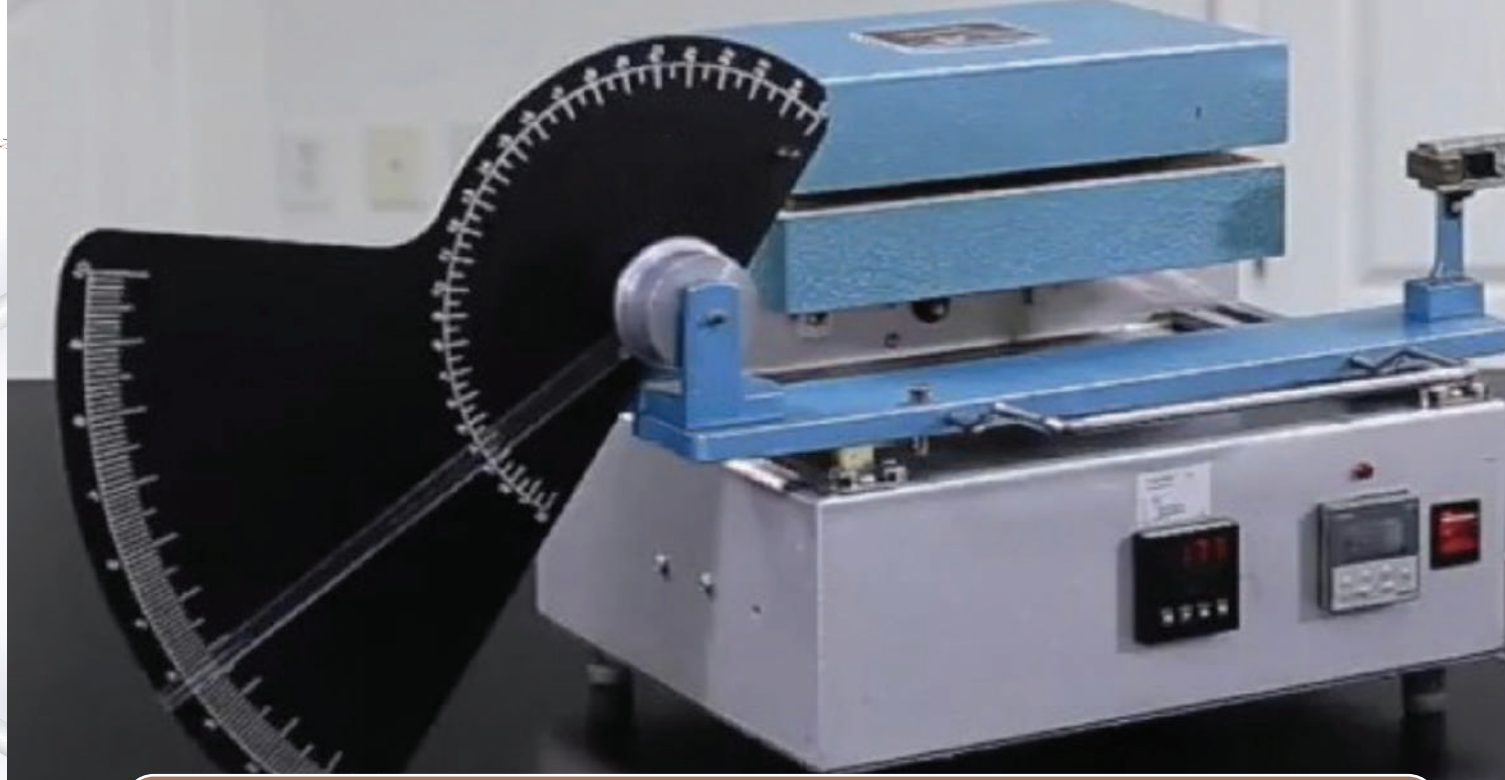
Araç Gereç: Büküm test cihazı, kord ipliği ya da kord bezi, makas, iğ ya da kalem, ayaklı büyüteç, ağırlık takımı.

Uygulamanın Yapılışı

1. Test numunesi iplik makarasından değil de kord bezinden alınacaksa kord bezinden yeterli uzunlukta bir iplik ayırınız. İpliğin büküm sayısını değiştirecek işlemlerden kaçınınız.
2. Test cihazının çeneleri arasındaki mesafeyi 250 mm olacak biçimde ayarlayıp, hareketli kısmı sabitleyerek cihazın sayacını sıfırlayınız.
3. Numuneyi test cihazına bağlayınız ve Tablo 7.2'den faydalanarak kordun doğrusal yoğunluğuna uygun öngerme kütlesini askı aparatına takınız. Numunenin kelepçeler arasındaki uzunluğunu belirleyerek ilk uzunluk (L) olarak kaydediniz.
4. Numunenin kelepçelerden dışa doğru uzanan kısımlarını 25 milimetreden kısa olacak biçimde kesiniz.
5. Numunenin sarım yönünü belirleyerek not ediniz. Bükümlerin açılması için test cihazını uygun yönde dönecek biçimde çalıştırınız.
6. Numunenin tüm bileşenleri birbirine paralel hâle geldiğinde cihazı durdurunuz. Bir kalem ya da iğ yardımıyla bileşenlerin tamamen açılıp açılmadığını kontrol ediniz. Gerekiyorsa test cihazını uygun yönde bir miktar döndürünüz. Numune bileşenleri tamamen ayrıldığında 0,1 birim hassasiyetle dönüş sayısını (R) not ediniz.
7. Numunenin 1 metresindeki büküm sayısını (tpm) hesaplayıp sarım yönü ile birlikte raporlayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Numuneyi büküm test cihazına bağlar.	20	15	10	5
3	Büküm sayısını hesaplar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



7.3. KORD BEZİNİN KISALMA ORANI VE YAPI TAYİNİ

Kord iplikleri ve kord bezleri ısıtıldıklarında belli bir miktar büzülür. Bu duruma neden olan etkiye **termal büzülme** denir. Termal büzülme testi; test sıcaklığında kalıcı zarar görmeyen, doğrusal yoğunlukları 200 ile 7000 dtex arasında olan naylon, polyester ve diğer polimer iplikler için uygulanabilir.

7.3.1. Termal Büzülme Testi

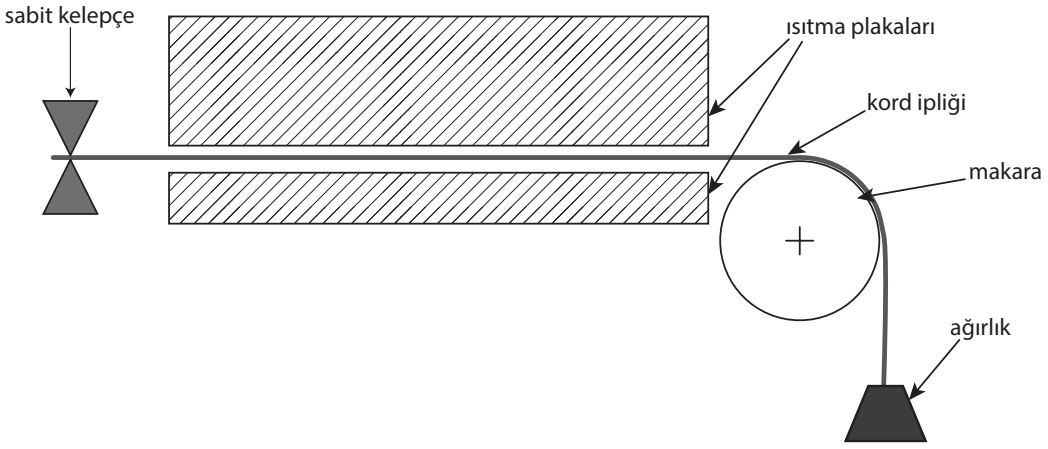
Termal büzülme oranı, lastik üretiminde kullanılan kord bezlerinin boyutlarının doğru bir şekilde belirlenebilmesi için kritik öneme sahiptir. Kord bezi, termal büzülme oranı dikkate alınmadan boyutlandırılırsa kürleme esnasındaki büzülme, üretilen lastiğin deforme olmasına neden olabilir.

Kord iplikleri ve kord bezleri belli bir gerilim ile sarılarak paketlenmiştir. Makara ve rulolardan çözülen ve gevşek hâlde bekletilen kord iplikleri ve kord bezleri, üzerlerindeki gerilim ortadan kalktığı için bir miktar kısalır. Bu durum **gevşeme büzülmesi** olarak adlandırılır.

Gevşeme büzülmesinin test sırasında meydana gelmesini engellemek için makaradan çözülen ya da kord bezinden sökülen test numuneleri iki gün boyunca %95-100 bağıl nem içeren oda koşullarında gevşemeleri için bekletilir. Bu işleme **koşullandırma** denir. Koşullandırma sırasında büküm sayısının değişmesine neden olacak işlemlerden kaçınılması gerekir. Numuneler koşullandırılmadan acil olarak yapılan termal büzülme testleri, gevşeme büzülmesinden ötürü daha yüksek termal büzülme oranlarının kaydedilmesine neden olur.

Termal büzülme testi için termal büzülme fırını kullanılır. Fırın; paralel iki ısıtma plakası, kord ipliğini tutan sabit kelepçe, belli bir gerilim uygulanmış kord ipliğini taşıyan ve serbestçe dönebilen bir makaradan oluşur. Makara, ipin uzunluğundaki değişiklikleri ölçebilen mekanik ya da elektronik sensöre bağlıdır. Isıtma plakalarının etrafının açık olması durumunda fırının içindeki sıcaklık, ayarlanan sıcaklığa eşit olmayabilir. Bu nedenle fırının etrafını kaplayan ısı kalkanlarının bulunması gerekir.

Termal büzülme testi için kullanılan fırının basitleştirilmiş şeması Şekil 7.6'da verilmiştir.



Şekil 7.6: Termal büzülme fırınının basitleştirilmiş şeması

Testten en az beş dakika önce fırın sıcaklığı 177 ∓ 2 ^{0}C'a ayarlanır. Şartlandırılmış kord numunesinin bir ucu sabit kelepçeye sabitlenir. Numune, makara üzerinden geçirilir. Numunenin serbest ucuna 5,0 ∓ 0,2 mN/tex gerilim oluşturacak şekilde uygun bir kütle asılır. İpliklerin yapısına ve doğrusal yoğunluklarına bağlı olarak değişen öngerme kütleleri için Tablo 7.3'ten faydalanılabilir ya da iki katlı ipliklerde ipliğin dtex değeri 0,09 ile çarpılarak öngerilimi oluşturacak kütlenin miktarı gram cinsinden hesaplanabilir. Numune üzerinde, serbest asılı kütlenin dönmesi durumunda büküm sayısı değişir. Böyle bir durumda serbest asılı kütlenin dönmesini engellemek için kürdan gibi bir cisim kullanılabilir. Sonraki aşamada cihaz üzerindeki gösterge sıfırlanır ve test başlayıncaya kadar sıfırı göstermesi sağlanır. Kızak itilerek numune ısıtma plakaları arasına yerleştirilir, ısı kalkanları kapatılır ve aynı anda zamanlayıcı çalıştırılır. Numune 120 ∓ 10 saniye boyunca fırında ısıtılır. Süre sonunda numunedeki kısalma oranı 0,1 hassasiyetle cihaz üzerindeki göstergeden okunur.

Test sonucu raporlanırken kısalma oranıyla birlikte, testin acil olarak yapılıp yapılmadığı, kordun tanımlama bilgileri, öngerilim için kullanılan kütle miktarı belirtilir. Ayrıca test sırasında büzülmeden önce uzunluk artışı meydana geldiyse uzama yüzdesi de raporlanır.

Tablo 7.3: Termal Büzülme Testinde Kord İpliklerinin Doğrusal Yoğunluğuna ve Yapısına Bağlı Öngerme Kütleleri

Doğrusal Yoğunluk (dtex) ve Yapı	Öngerme Ağırlığı (g)
940x1x2	84
1100x1x2	100
1400x1x2	126
1870x1x2	168
2100x1x2	189

7.3.2. Kord Bezinde Yapı Tayini

Kord bezinin yapısı denince bezin sıklığı, bezi oluşturan kord ipliğinin doğrusal yoğunluğu, kaç kattan oluştuğu, büküm sayısı ve yönü gibi özellikler akla gelir. Büküm testi ile kord ipliğinin büküm sayısı, adım uzunluğu ve kaç kattan oluştuğu belirlenebilir. Doğrusal yoğunluk ise belli uzunluktaki ipliğin kütlesi belirlenerek hesaplanabilir. Kord bezinin sıklığı birim uzunluktaki atkı ve çözgüler sayılarak belirlenebilir.

Kord bezinin hangi malzemeden üretildiği ise kabaca korddan alınan ipliklerin yakılması ile anlaşılabilir. Naylon ve polyester yandığında erir ancak polyester isli bir alevle yanar. Reyon ise yandığında kül bırakır.

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
TERMAL BÜZÜLME TESTİ

Güvenlik İşaretleri



Amaç: Kord ipliğinin termal büzülme oranını belirlemek.

Araç Gereç: Termal büzülme fırını, kord ipliği ya da kord bezi, makas, ağırlık takımı.

Uygulamanın Yapılışı

1. Test numunesi iplik makarasından değil de kord bezinden alınacaksa kord bezinden yeterli uzunlukta bir iplik ayırınız. Test acil yapılmayacaksa ipliği uygun şekilde şartlandırınız. Tüm bu işlemler sırasında ipliğin büküm sayısını değiştirecek uygulamalardan kaçınınız.
2. Test fırınının sıcaklığını 177 ^{o}C'a ayarlayarak çalıştırınız ve en az beş dakika cihazın ısınmasını bekleyiniz.
3. Test numunesinin bir ucunu sabit kelepçeye kelepçeleyiniz. Numuneyi makaradan geçiriniz ve serbest ucuna Tablo 7.3'ten faydalanarak yeterli öngerme kütlesini asınız.
4. Cihaz üzerindeki göstergeyi sıfırlayınız ve test başlayıncaya kadar sıfırı gösterdiğinden emin olunuz.
5. Numuneyi fırının içine alıp ısı kalkanlarını kapatınız. Isı kalkanlarını kapattığınız anda zamanlayıcıyı çalıştırınız.
6. Test numunesini 120 saniye boyunca fırında bekletiniz. Süre dolduğunda numuneyi fırından alınız ve kısalma oranını göstergeden 0,1 hassasiyetle okuyunuz.
7. Testin acil olarak yapılıp yapılmadığını, numunenin yapısal özelliklerini, öngerme için kullanılan kütle miktarını ve numunenin kısalma oranını raporlayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Ölçütler		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Numuneyi büküm test cihazına bağlar.	20	15	10	5
3	Uygun öngerme kütlesini kullanır.	20	15	10	5
4	Kısalma oranını belirler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

A. Aşağıdaki ifadeler doğru ise önündeki kutucuğa (√), yanlış ise (X) işaretini koyunuz. Yanlış ifadelerin doğrusunu altındaki boşluğa yazınız.

1. ☐ Kord bezi, lastiğe esneklik ve mukavemet kazandırmak için kullanılır.

.....

2. ☐ Kord bezinde kenara paralel uzanan ipliklere atkı denir.

.....

3. ☐ Belli genişlikteki bir kord bezinde çözgü sayısı arttıkça sıklık azalır.

.....

4. ☐ Yapışma testi, kord bezi ile kauçuk arasındaki yapışma kuvvetini ölçer.

.....

5. ☐ Sıcaklık, yapışma testinin sonucunu etkiler.

.....

6. ☐ Bir metre kord ipliğindeki büküm sayısı tpm birimi ile ifade edilir.

.....

7. ☐ Büküm sayısı arttıkça adım uzunluğu kısalır.

.....

8. ☐ Kord ipliğinin bir metresinin gram cinsinden kütlesi dtex birimi ile ifade edilir.

.....

9. ☐ Büküm sayısı sadece kord ipliğinin uzunluğuna bağlıdır.

.....

10. ☐ Genellikle kord iplikleri ısıtıldıklarında boyları kısalır.

.....

B. Aşağıdaki soruların doğru cevabını işaretleyiniz.

1. **Kord bezi ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi yanlıştır?**
   A) Lastik üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılır.
   B) Genellikle polyester, naylon, aramid ve rayondan üretilir.
   C) Belli genişlikteki atkı sayısı arttıkça kord bezinin sıklığı artar.
   D) Atkı ipinin çözgü ipleri arasından geçirilmesiyle dokunur.
   E) Çoğunlukla üretim sırasında özel bir yapıştırıcı ile kaplanır.

2. **Aşağıdaki faktörlerden hangisi kord bezinin kauçuğa yapışmasını en az etkiler?**
   A) Kauçuğun kürlenme koşulları
   B) Kullanılan kauçuğun özellikleri
   C) Kord bezindeki yapıştırıcının türü
   D) Kord bezinin yapısal özellikleri
   E) Kord ipliğinin büküm yönü

3. Yapısı NY6.6 1440x1x2, 300 tpm şeklinde kodlanan bir kord ipliği ile ilgili aşağıdaki bilgilerden hangisi doğrudur?

A) Katlı büküme sahiptir.

B) 1000 metresi 1440 gramdır.

C) Polyesterden üretilmiştir.

D) Hibrit yapılı bir iptir.

E) Adım uzunluğu 300 mm'dir.

4. İlk uzunluğu 252 mm olan bir kord ipliği, büküm test cihazında 63 tur döndürüldüğünde tüm bükümlerin açıldığı ve bileşenlerinin tamamının paralel hâle geldiği gözlemleniyor. **Bu ipliğin büküm sayısı kaçtır?**

A) 600 B) 550 C) 500 D) 300 E) 250

5. Büküm sayısı 450 ve ilk uzunluğu 180 mm olan bir kord ipliği, büküm test cihazında kaç tur döndürülürse tüm bükümlerin açıldığı ve bileşenlerinin tamamının paralel hâle geldiği gözlemlenir?

A) 25 B) 81 C) 222 D) 250 E) 364

6. Kord bezinin kısalma oranı ve yapı tayini için verilen bilgilerden hangisi doğrudur?

A) Koşullandırma, büküm sayısının değişmesini sağlamak için yapılır.

B) Termal büzülme testi bütün naylon ve polyester materyallere uygulanabilir.

C) Koşullandırma; kord iplikleri ve bezlerinin gevşemelerine izin vermek için bekletilme işlemidir.

D) Büzülme testleri, koşullandırma işlemi yapılmadan hızlıca yapılmalıdır.

E) Kord iplikleri ve kord bezleri ısıtılma işlemi sırasında büzülme göstermeyen maddelerdir.

7. I. Sarım yönü
II. Katlı büküm yapılması
III. Bobin çapı
IV. Sarım sayısı

Yukarıda verilenlerden hangileri kord ipliğinde büküm sayısının değişmesine neden olur?

A) I ve II B) III ve IV C) I, II ve IV D) II, III ve IV E) I, II, III ve IV

8. PET 1880x1x2 250 tpm koduyla ifade edilen kord ipliğinin özellikleri ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?

A) Naylon 6 liflerin bükülmesiyle elde edilen, doğrusal yoğunluğu 1880 tex olan iki ipin bir metresinde 500 büküm olacak şekilde sarılmasıyla elde edilmiştir.

B) Naylon 6.6 liflerin bükülmesiyle elde edilen, doğrusal yoğunluğu 3760 tex olan iki ipin bir metresinde 250 büküm olacak şekilde sarılmasıyla elde edilmiştir.

C) Polyester liflerin bükülmesiyle elde edilen, doğrusal yoğunluğu 1880 tex olan iki ipin bir metresinde 250 büküm olacak şekilde sarılmasıyla elde edilmiştir.

D) Polyester liflerin bükülmesiyle elde edilen, doğrusal yoğunluğu 3760 tex olan iki ipin bir metresinde 500 büküm olacak şekilde sarılmasıyla elde edilmiştir.

E) Aramid liflerin bükülmesiyle elde edilen, doğrusal yoğunluğu 1880 tex olan tek bir ipin bir metresinde 250 büküm olacak şekilde sarılmasıyla elde edilmiştir.

1. ÖĞRENME BİRİMİ

SIRA SİZDE

1. Sıra Sizde: 200 gram

2. Sıra Sizde: 100 gram

3. Sıra Sizde: %20

4. Sıra Sizde: onbinde kirlilik 16

5. Sıra Sizde: 0,18 gram

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A.

1. Doğru

2. Yanlış, cis-poliizopren'dir.

3. Yanlış, kükürt ile ısıtılması işlemi vulkanizasyondur.

4. Doğru

5. Doğru

6. Yanlış, aseton kullanılır.

7. Doğru

8. Yanlış, viskozite azalır.

9. Yanlış, Viskozite Mooney cihazı kullanılır. İçerisinde dönen bir mil bulunur, milin dönme hızıyla viskozite ölçülür.

10. Doğru

B.

1. E 2. C 3. A 4. C 5. E 6. C 7. D 8. E 9. C 10. C

SIRA SİZDE

1. Sıra Sizde: 200 gram

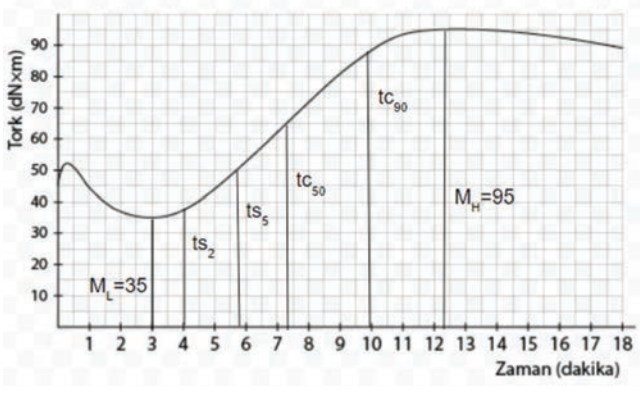
2. Sıra Sizde: 1. Firma = %20, 2. Firma = %14.4, 3. Firma = %12 olduğuna göre 2. ve 3. firmalar ihale şartnamesine uygundur.

3. Sıra Sizde: 1. Örnek = %5, 2. Örnek = %3, 3. Örnek = %10 olduğuna göre 1. Örnek uygundur.

4. Sıra Sizde: a) 7 dakika b) 1. dakikada c) 6. dakikada ç) en büyük viskozite 75, en küçük viskozite 55 Money

5. Sıra Sizde: a) ML = 35 Tork MH = 95 Tork

b) ts_2 = 4 dakika ts_5 = 5,8 dakika c) tc_{50} = 7,3 dakika tc_{90} =10 dakika



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A.

1. Doğru

2. Yanlış, sentetik kauçuğun direnci daha yüksektir.

3. Doğru

4. Doğru

5. Yanlış, Mooney viskozimetre cihazları ile belirlenir.

6. Yanlış, sabit kaynama noktalı karışımlardır, damıtılarak ayrıştırılamaz.

7. Doğru

8. Doğru

9. Yanlış, reoloji denir.

10. Yanlış, sentetik kauçuk üretimi daha fazladır.

B.

1. E 2. B 3. E 4. B 5. C 6. C 7. D 8. D

SIRA SİZDE

1. Sıra Sizde:

10 numaralı elekte %20, 18 numaralı elekte %12,5, 35 numaralı elekte %16,7,

60 numaralı elekte %21,7, 120 numaralı elekte %20,8, tavada %8,3, toplam 10'dur.

	Elek No. 10	Elek No. 18	Elek No. 35	Elek No. 60	Elek No. 120	Tava	Toplam
Karbon Karası Kütlesi (g)	24	15	20	26	25	10	120
Kütlece Yüzdesi	20	12,5	16,7	21,7	20,8	8,3	100

2. Sıra Sizde: 2.10^{-5} m^3/kg'dır.

3. Sıra Sizde: 50 gram

4. Sıra Sizde: İyot adsorpsiyon sayısı 410,2 hesaplanır. Test sırasında kullanılan oran 100:1'dir ve bu oran için beklenen adsorpsiyon 131,0-280,9 aralığında olmalıdır. Bu nedenle test, 410,2 değerini içine alan 200:1 oranı kullanılarak tekrarlanmalıdır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A.

1. Doğru

2. Yanlış, fırın siyahı lastiğe daha fazla mukavemet kazandırır.

3. Doğru

4. Doğru

5. Yanlış, toz formda iken daha fazla kirletir.

6. Doğru

7. Yanlış, malzemenin aşınmasını azaltmak, hava şartlarına karşı direncini artırmak, çeşitli etkilere karşı mukavemetini artırmak gibi amaçlarla da kullanılır.

8. Yanlış, yumuşaklığı daha fazladır.

9. Yanlış, yağ emme sayısı DBP absorbsiyonu ile belirlenir.

10. Doğru

B.

1.D 2. C 3. B 4. E 5. A 6. A 7. D 8. C 9. D 10. B 11. C

SIRA SİZDE

1. Sıra Sizde: %6

2. Sıra Sizde: 762,3 ton/m^3

3. Sıra Sizde: kinematik viskozite = 9,677 mm^2/s, dinamik viskozite = 7,122 mPa.s

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A.

1. Doğru

2. Yanlış, düz zincirli yapıdadır.

3. Doğru

4. Doğru

5. Doğru

6. Yanlış, Dean-Stark aygıtı ile belirlenir.

7. Yanlış, sıcaklık arttıkça viskozite azalır.

8. Doğru

9. Doğru

10. Yanlış, en düşük sıcaklığa denir.

B.

1. B 2. C 3. E 4. A 5. E 6. D

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A.

1. Yanlış, doğal veya yapay olarak elde edilebilir.

2. Yanlış, reçineler ve bazı kimyasallar kullanılır.

3. Doğru

4. Yanlış, güçlendirici ve yarı güçlendirici yanı sıra salt dolgu maddesi de olabilir.

5. Doğru

6. Doğru

7. Yanlış, %99,5 saflıkta, maksimum %0,5 kül içerebilir.

8. Doğru

9. Doğru

10. Doğru

11. Yanlış, organik molekülü de vardır.

12. Yanlış, kauçuğun aktivatör, hızlandırıcı ve pişiriciler ile belirli sıcaklıkta ısıtılarak elastikiyetini, dayanıklılığını artırmak amacıyla yapılan pişirilme işlemidir.

B.

1.D 2.D 3.A 4. D 5. B 6. D 7. B

SIRA SİZDE

1. Sıra Sizde: 27,55 mm

2. Sıra Sizde: 5,56 mm

3. Sıra Sizde: 21.9 mm

4. Sıra Sizde: %11,54

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A.

1. Yanlış, çelik kordlar birçok çelik telin birlikte bükülmesiyle oluşan yapılardır.

2. Yanlış, çelik kord üretimi için mangan ve yüksek oranda karbon içeren çelik teller gerekir.

3. Doğru

4. Doğru

5. Doğru

6. Yanlış, kumpas ya da mikrometre kullanılır.

7. Yanlış, milimetre cinsinden yapılan ölçümün ondalık kısmını verir.

8. Doğru

9. Doğru

10. Yanlış, azaltır.

B.

1.D 2.B 3.E 4.A 5.D 6.A

SIRA SİZDE

1. Sıra Sizde: 550 tpm

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A.

1. Doğru

2. Yanlış, çözgü denir.

3. Yanlış, çözgü sayısı sıklıktır. Çözgü sayısının artması sıklığının artmasıdır.

4. Doğru

5. Doğru

6. Doğru

7. Doğru

8. Yanlış, 10.000 metre uzunluğundaki ipin gram cinsinden kütlesi dtex birimidir.

9. Yanlış, büküm sayısı ipliğin belli bir uzunluğundaki dönüş sayısı kullanılarak belirlenir.

10. Doğru

B.

1.C 2.E 3.A 4.E 5.B 6.C 7.E 8.C

- Akcakale, N. (2019). Filling materials and properties of rubber type elastomers. Yüksek lisans tezi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu.
- Akyıldız, V. (2011). Lastikten türetilmiş yakıt pirolizi. Doktora tezi. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu. (1988). TDK , Türkçe Sözlük. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- PAY, E. (2019). Taşıt lastiklerinin tasarım ve üretim teknolojisi. Yüksek lisans tezi. FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Rubber Rheometry Meaning and use. Gutierrez, S.C. (2019). Linked in. Meksika.
- T.C. MEB, Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, Programlar ve Öğretim Materyalleri Daire Başkanlığı. (2020). Kimya Teknolojisi Alanı, Çerçeve Öğretim Programı. Ankara.
- TDK. (2012). Yazım Kılavuzu. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Vedeneev, A. V. (2012). New trends in steel cord development. Byelorussian Steel Works (BMZ) - Management Company of “Byelorussian Metallurgical Company” Holding, Steel Cord and Wire Products Research Centre. Belarus.

Bu kaynakça APA yazım kuralları ve kaynak gösterme yöntemi ile hazırlanmıştır.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI VE GÖRSEL KAYNAKÇASI

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=2132

Karekodu okutarak genel ağ kaynakçasına ve görsel kaynakçaya ulaşabilirsiniz.