

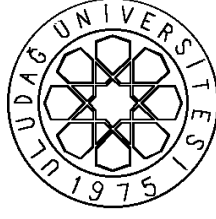
T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAUÇUK–METAL BURÇLARDA
KAUÇUK SERTLİĞİ VE ÇAPLAMA İŞLEMİNİN
KOPMA MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ragıp Evren ÖZGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAUÇUK–METAL BURÇLARDA
KAUÇUK SERTLİĞİ VE ÇAPLAMA İŞLEMİNİN
KOPMA MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ragıp Evren ÖZGÜN

Prof. Dr. Sedat ÜLKÜ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2010

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAUÇUK-METAL BURÇLARDA
KAUÇUK SERTLİĞİ VE ÇAPLAMA İŞLEMİNİN
KOPMA MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Ragıp Evren ÖZGÜN

Bu tez 12/02/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sedat ÜLKÜ
(Danışman)

Prof. Dr. Recep EREN

Yrd. Doç. Dr. Ali DURMUŞ

ÖZET

Bu çalışmada araç süspansiyon sistemlerinde sürüş konforu ve araç dayanım ömrünü arttırmak için kullanılan kauçuk-metal burçlarda kauçuk sertliği ve çaplama işleminin kopma mukavemetine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla; kimyasal kompozisyonları değiştirilerek beş farklı sertlikte doğal kauçuk üretilmiştir. Her bir kauçuk sertliği için burç üretimi sırasında farklı çaplama işlemi (dış borunun homojen olarak daraltılması işlemi) uygulanmıştır. Üretilen burçlar çekme cihazında kopma testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan testler sonucunda kopma mukavemetinin maksimum değerinin 65 Shore A kauçuk sertliği ve % 4 çaplama değerinde elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kauçuk, Doğal Kauçuk, Kauçuk-Metal Burç, Kauçuk Sertliği, Çaplama, Kopma Testi.

ABSTRACT

In this study, it is subjected to investigate the effect of rubber hardness and outer diameter calibration on rubber to metal bonded bushings in order to increase the ride comfort of the vehicle and the durability of the bushing itself. For this reason, rubber metal bushings processed with five different compound mixtures (hardness Shore A) are produced. The outer diameters of rubber metal bushings are calibrated mechanically. All the rubber metal bushings are subjected to tensile test. As a result, it was observed that the optimum mechanical performance was obtained on the bushing with 65 Shore A hardness and the calibration of outer diameter of 4 % rate.

Keywords: Rubber, Natural Rubber, Rubber-Metal Bushing, Rubber Hardness, Calibration of Outer Diameter, Failure Test.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

İÇ KAPAK.....	i
TEZ ONAY SAYFASI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL BİLGİLER	2
2.1. Kauçukların Genel Tanıtımı ve Kullanım Alanları	3
2.2. Lastik Parça Tasarımı	5
2.3. Kauçuk-Metal Burçların Tasarımı.....	6
2.4. Lastik Metal Parçaların Üretimi	7
2.5. Lastik Metal Yapışması.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Üretimi Gerçekleştirilen Kauçuk-Metal Burç	10
3.2. Kauçuk Malzemesi	11
3.3. Burç Yapımında Kullanılan Metalik Malzemeler	11
3.4. Burçların Üretimi	12
3.4.1. Burç Metallerinin Hazırlanması	12
3.4.2. Yapıştırıcı Uygulanması.....	12
3.4.3. Kalıplama İşlemi ve Üretim Prosesi.....	13
3.5. Kauçuk Testleri	14
3.6. Burçların Çaplanması	15
3.7. Burçların Kopma Testleri	16

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	17
4.1. Kauçuk Testleri	17
4.2. Burçların Kopma Testleri	17
5. GENEL SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	54
TEŞEKKÜR	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Kauçukların temel özellikler.....	3
Çizelge 3.1. Kauçukların karışım formülasyonları	11
Çizelge 3.2. Dış borunun mekanik özellikleri.....	11
Çizelge 3.3. Alüminyum boru malzemesinin kimyasal kompozisyonu (% Ağırlık) 12	12
Çizelge 3.4. Yapılan kauçuk testleri ve standartları.....	15
Çizelge 3.5. Çaplama sonrası burç dış çap ölçüleri	16
Çizelge 4.1. Kauçuk test sonuçları.....	17

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Üretilen kauçuk-metal burç (a) Kesit görünümü ve boyutlar, (b) Üretilen burç.....	10
Şekil 3.2. Burcun takılacağı salıncak kolu.....	11
Şekil 3.3. Burç üretiminde kullanılan transfer kalıbı ve bölümleri.....	13
Şekil 3.4. Burç üretiminde kullanılan pres makinesi	13
Şekil 3.5. Kauçuk çekme testi numunesi (kaşık numune)	14
Şekil 3.6 Çaplama kalıbı ve kesit görünümü	15
Şekil 3.7. Kopma testlerinin yapıldığı test cihazı ve test aparatı (a) Numune bağlanmış test cihazı (b) Test aparatı.....	16
Şekil 4.1. 50 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama. 17	
Şekil 4.2. 55 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama.....	27
Şekil 4.3. 60 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama.....	32
Şekil 4.4. 65 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama.....	37
Şekil 4.5. 70 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama.....	42
Şekil 4.6. Lastikten kopan kauçuk-metal burç.....	43
Şekil 4.7. Kauçuk sertliğinin kopma yüküne etkisi (a) Çaplamasız, (b) %2 Çaplama, (c) %3 Çaplama, (d) %4 Çaplama, (e) %5 Çaplama.....	45
Şekil 4.7. Burç dış boru çaplama oranının kopma yüküne etkisi (a) – (e) Sırasıyla 50, 55, 60, 65 ve 70 Shore A sertliğindeki kauçuklar.....	47

1. GİRİŞ

Kauçuk-metal burçlar her aracın süspansiyon sisteminde bulunur. Süspansiyon elemanları birbirlerine bağlanırken, ana gövdeye de burçlar yardımıyla bağlanırlar. Burçlar, süspansiyon sistemlerinin dinamik davranışlarının belirlenmesi ve tasarlanması safhasında anahtar rol üstlenirler. Lastik burcun dinamik özelliklerinin belirlenmesi çok komplekstir bunun nedeni dinamik karakterin frekans, sıcaklık, önyükleme ve genlik gibi birçok parametreye bağlı olmasıdır.

Kauçuk-metal burçların tasarlanmasında burcun hareket mesafesi daha öncelikli bir parametre olmasına rağmen, uygulanan yükleme tipi ve şiddeti gibi kullanım şartları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Kauçuk-metal burçların üretim sonrası çaplanması önemli olmaktadır. Burçtaki dış borunun çapının azaltılması şeklinde tarif edebileceğimiz bu çaplama işlemiyle esasen burcun monte edileceği yere sıkı geçme ile yerleştirilmesi aşamasında boyutsal toleransların sağlanması ve sıkı geçme şartlarının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Diğer taraftan çaplama işleminin kauçuk-metal bağlantı dayanımına ve dolayısıyla burcun mekanik özelliklerine etkisi üzerine çalışmalar yapılması ihtiyacı bulunmaktadır.

Bu çalışmada değişik sertlikte üretilen kauçuklar ve farklı oransal çaplama (dış çap daraltma) miktarlarına bağlı olarak burçların kopma mukavemetlerinin belirlenmesi üzerine deneysel olarak çalışılmıştır. Bu şekilde burçların kopma dayanımını ve dolayısıyla parça ömrünü arttırmak için uygun kauçuk sertliği ve çaplama değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE KURAMSAL BİLGİLER

2.1. Kauçukların Genel Tanıtımı ve Kullanım Alanları

Kauçuklar polimerik malzemelerin termosetler grubuna girmekte olup doğal ve sentetik kauçuklar olarak sınıflandırılır. Günümüzde bir çok alanda sentetik kauçuklar kullanılmasına rağmen doğal kauçuklar ve kullanımları üzerine yapılan çalışmalar da önem taşımaktadır. Kauçukların yüksek sıcaklıklarda yumuşama, düşük sıcaklarda sertleşme durumlarını önlemek için çapraz bağlanmayı sağlayacak vulkanizasyon işlemi uygulanmaktadır.

Çapraz bağlanabilme özelliği vulkanizasyonla açıklanabilir. Vulkanizasyon, kauçuğun kimyasal yapı değişikliğine uğrayarak (çapraz bağlanma reaksiyonu) ve geri dönüşümsüz olarak elastik özelliklere sahip bir duruma gelmesi ve getirilmesi işlemidir. Kauçuklar çapraz bağlanmamış, ama çapraz bağlanabilme özelliğine sahip yani vulkanize olabilen polimerlerdir. Yüksek sıcaklıkta ve deforme edici kuvvet etkisi altında koyu sıvımsı akış özelliği gösterirler. Böylece uygun şartlar altında şekillendirilebilirler. Vulkanizasyon öncesi yüksek plastik özellikler, vulkanizasyon sonrası, yerini yüksek elastik özelliklere bırakır (Khairi,1993).

Başlıca kauçuk çeşitleri; doğal kauçuk (NR), nitril kauçuk (NBR), stiren butadien kauçuk (SBR), etilen propilen kauçuk (EPM, EPDM), poliakrilik kauçuk (ACM), kloropren kauçuk (CR), silikon kauçuk (MQ, VMQ, PVMQ), florokarbon kauçuk (FKM), politetrafloroetilen (PTFE), hidrojene nitril kauçuk (HNBR), epiklorohidrin kauçuk (CO, ECO), isopren kauçuk (IR), termoplastik poliüretan (TPU), poliamid (PA) şeklinde sıralanabilir.

Ençok kullanılan kauçukların temel özellikleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir .

Çizelge 2.1. Kauçukların temel özellikleri

	NR	EPDM	NBR	SBR	CR	BR
Yoğunluk (g/cm ³)	0,93	0,86	1	0,94	1,23	0,94
Sertlik (Shore A)	30-100	40-95	20-100	40-100	40-95	45-80
Kopma Mukavemeti (MPa)	>30	>21	>24	>24	>28	>21
Max. Çalışma Sıcaklığı (°C)	100	145	105	100	100	100
Min. Çalışma Sıcaklığı (°C)	-60	-40	-30	-50	-45	-40

Doğal kauçuklar, kauçuk ağacından elde edilirler. Kauçuk özsuğu veya latex dediğimiz yapı uzun molekülüdür. Oksijen veya kükürt ile tepkimeye girerek daha sağlam ve sert bir yapıya dönüşür. Dünyada kullanılmakta olan tabii kauçuğun %91 i Malezya dan temin edilmektedir. 1875 yıllarına kadar tabii kauçuk vahşi ormanlardan toplanmıştır. Daha sonra ise özel yetiştirilen ormanlardan elde edilmektedir. Günümüzde tabii kauçuk 33 kg'lık balyalar halinde seri üretimde kullanılmaktadır. Tabii kauçuğun özellikleri şu şekilde sıralanabilir. Pişmemiş halde; Meşin gibi sağlamdır, yumuşatmak için millemek gerekir. Kolay işlenir fakat çabuk pişer, iyi yapışır kopma mukavemeti iyidir (kristalleşmemiştir). Pişmiş Halde; kolay deforme olduğundan içindeki ısı birikimi azdır, yüksek kopma mukavemeti gösterir, yırtılma mukavemeti iyidir, ozona karşı mukavemeti düşüktür (anti ozonanta ihtiyaç duyar), ısıya mukavemeti düşüktür (anti oksidant ve doğru hızlandırıcı ister) (Johnson,2001).

Doğal kauçuğun kullanım alanlar; vibrasyon, ses ve şok emici malzemeler (tampon, amortisör parçaları, motor ve makine takozları), otomotiv parçaları (contalar, köpükler, cam silecekleri,paspaslar), konveyör bantlar, hortumlar, ayakkabı tabanları, kablolar, yer döşemeleri, demiryolu destekleri, diyaframlar, membranlar, yapışkan imalatı, silindir kaplama, sünger imalatı, gıda sanayi contaları, sağlık ürünleri, ebonit malzemeler, lateks üretimleri (eldiven, bebek emzikleri, balonlar) (Johnson, 2001).

Vulkanizasyon , polimerin serbest haldeki moleküler zincirlerinin kimyasal olarak

çapraz bağ kurma yoluyla, üç boyutlu polimer zincirlerine dönüşme işlemidir (Bhowmick,2001). Vulkanizasyon 1839 yılında Charles Goodyear (Amerika) ve Thomas Hancock (İngiltere) tarafından bulunmuştur. Her ikisi de vulkanizasyon işlemi için sülfür ve beyaz dolgu kullanmıştır. Kauçukların sadece kükürt ile vulkanize olmaları yavaş ve verimsiz bir prosestir. Kükürt ve kauçuk hidrokarbonları arasındaki kimyasal reaksiyon $C=C$ çift bağ atılması şeklinde olur ve bağlanma işlemi 40-55 atom sayesinde gerçekleşir. Bu işlem 140 °C sıcaklık ve 6 saatlik bir sürede gerçekleşir. Bu durum ekonomik değildir. Belirli fonksiyonları yerine getirebilecek ürünler için hem ekonomik hem de fiziksel özellikleri yüksek kauçuk karışımlara ihtiyaç duyulmaktadır (Bhowmick, 2001).

Kauçuk karışımı istenilen özelliklere göre ayarlanmış, kauçuk ve diğer hammaddeler ile katkı maddelerinden oluşan, vulkanize edilebilen karışımlardır. (Annicelli ve ark. 1990). Bu amaçla bir kauçuk karışımından beklenen özellikleri şu şekilde sıralamışlardır; Bitmiş mamulün çalışacağı ortama uygun özelliklerin yaratılması, karışımın uygulanacağı proses metot ve makinelere uygun olması, rekabet edilebilmesi için maliyet özelliklerinin belirlenmesi, bitmiş üründen istenilen özelliklerin sağlanabilmesi için uygun kauçuk (polimer) ve hammaddeler ile katkı maddelerinin seçilebilmesi ve birbirleriyle karıştırılmasıdır. Maksada uygun olarak seçilmiş ve birbirleriyle oransal bir bütünlük sağlamış maddeler topluluğu reçete veya formül olarak adlandırılır.

Annicelli ve arkadaşları (1990) bir başka çalışmada kauçuk teknolojisindeki oranların, ana hammadde olan polimerin (kauçuk) ağırlıkça yüz birim kabul edildiği bir esasa dayandırmışlardır. Bu formül şu şekilde gösterilebilir; Polimer (100), dolgu maddeleri (50), kükürt (2,25), yumuşatıcılar (6,50), stabilizanlar (2,50), aktivatörler (5), hızlandırıcılar (akseleratör) (1), geciktiriciler (0.10).

Kauçuk karışımında kullanılan maddeler proses özellikleri, son üründen istenen özellikler ve maliyet kontrolü gibi faktörleri kontrol etmede kullanılır. Bunlar: elastomerler (doğal ya da sentetik), vulkanizasyon ajanları (kükürt, kükürt verici akseleratörler, organik peroksitler, ikincil vulkanizasyon ajanları ve metalik oksitler),

akseleratörler, akseleratör aktivatörleri ve geciktiriciler, yaşlanmaya karşı koruyucular (antioksidant ve antiozonatlar), proses yardımcıları, plastikleştiriciler, yumuşatıcılar ve yapıştırıcılar, güçlendirici pigmentler ve reçineler, inert dolgu maddeleri ve maliyet düşürücüler, özel amaçlı kullanılan maddeler (aşındırıcı, şişirici ajanlar, renklendiriciler ve kokular) (Annicelli ve ark. 1990).

2.2. Lastik Parça Tasarımı

Lastik parçalar titreşim, ses ve gürültüyü engelleyen parçalardır. Stevenson ve Campion'a göre (1980) lastik parçalar tasarlanırken parçada oluşacak nihai hataların tasarım aşamasında belirlenmesi gerekir. Çatlak oluşması, kimyasal bozulma, termal yaşlanma, yapışma hataları ve parçaya akışkan girmesi parçanın çalışması esnasında ömrünü etkileyecek faktörlerdir. Bu hataların önüne malzeme testleri yapılarak, analitik ve sonlu elemanlar analizi kullanılarak geçilebilir. Çatlak mekaniği, gerilme analizi, termal analiz ve difüzyon analizi yapılarak hata oranlarının dağılımına göre parça ömrü belirlenebilir.

Maria D. Ellul (1990) yaptığı çalışmada lastik malzemelerdeki mekanik yorulmanın fiziksel özelliklerin sürekli zayıflamasıyla beraber, dinamik yük ve deformasyonlar altında oluşan küçük çatlaklar ile başladığını ispatlamıştır. Bu esnada meydana gelen değişimlerin en önemlisi azalan rijitliktir. Yükleme, gerilim azalmasına ve elastomerlerde zamana bağlı olarak çatlama ile sonuçlanır. Belirli yük altında tabii kauçuk kristalleşir ve kristalitler çatlakların daha da artmasını engeller.

Yorulma sırasında değişik atomik ve moleküler prosesler meydana gelir. Ancak yorulma karakteristikleri genelde amirik değerlerden oluşur. Buradaki esas kabul mekanik yorulma limitidir ve mekanik yorulma hatasının oluşmadığı gerilme şartlarını temsil eder (Maria D. Ellul 1990).

Lake ve arkadaşlarına (1992) göre lastikteki yorulma çatlaklarının temel nedenleri mekanik, termal, çevresel (oksijen, ozon ve ultraviyole) ve kimyasal faktörlerdir. Oluşan tipik hatalara araba lastiği sırt ve kat ayrışmaları ile motor takozları

ve burçlarda oluşan hatalar örnek verilebilir. Çevresel kaynaklı çatlaklar küçük yüzey çatlakları şeklindedir.

2.3. Kauçuk-Metal Burçların Tasarımı

Medalia'ya (1978) göre lastik malzemelerin ömrü ve fonksiyonları birinci olarak çalıştıkları frekans ve genlik değerlerine göre değişmektedir. İkinci olarak ise Fletcher-Gent etkisidir ki bu lineer olmayan dinamik özelliklere bağlıdır. Bu durum Payne ve Wittaker (1971) tarafından bildirildiğine göre lastik içerisindeki dolgu maddelerine özellikle de karbon siyahının yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bu durum kayma modülü ve sönümlenme oranında artışa yol açar. Bu nedenle lastik metal burçlarda dinamik özelliklerin belirlenmesinde genliğe olan bağımlılık artmakta ve bu husus önem kazanmaktadır.

Morman'a (1968) göre burçların davranışları statik rijitliklerine göre sonlu elemanlar analizi yoluyla belirlenebilir. Bu metotta Fourier ve Bessel fonksiyonları (Hill 1975), prensipsel metodlar (Adkins,1954) ve üç boyutlu statik elastik teoremler (Horton 2000, 2000, 2005), radyal, konik ve torsiyonel statik rijitlik formülleri kullanılabilir. Bununla birlikte statik rijitliklerin belirlenmesinde standart deneysel çalışmalar mevcuttur (Lindley 1992, Gent 1992, Göbel 1974, Payne 1960, Freakley 1978).

Kari (2002) burçların yapısal özelliklerinin tüm eksenlerde belirlenmesi konusunda çalışmıştır. Yapılan bu çalışmaların hiçbirinde genlik bağımlılığı göz önüne alınmamıştır.

Kraus (1984) genliklerin hesaplanmasında, karbon siyahı ile diğer kimyasallar arasındaki Van der Wals bağlarının sürekli kırılması sonucunda genliklere bağımlılığın oluştuğunu savunmuştur. Ulmer (1998) ve Lion (2005) Kraus modelinin zamana bağlı formülasyonları üzerine çalışmıştır.

Fletcher-Gent etkisi aynı zamanda sürtünme modelleri yardımıyla (Gregory 1985, Coveney 1995, Kaliske 1998, Bruni2000) yay ve sönümlenme elemanı esasına

göre modellenmiş ve daha sonra genişletilmiştir (Bruni ve Collina 2000, Olsson ve Austrell 2001, Brackbill 2000).

En basit lastik parça tasarım modeli Kevin-Voight modelidir. Burada bir yay ve sönümleyici piston birbirine paralel olarak bağlanır (Knothe ve Grassie 1993). Bu model hem rijitliği hem de yüksek frekanslardaki sönümlemeyi temsil eder. Üç parametrelili Maxwell modelinde ise, sisteme paralel bir yay daha ilave edilir. Eklenen yay elemanı yüksek frekanslarda daha iyi bir rijitlik elde edilmesini sağlar (Lodhia ve Esat 1996, Betz ve Spanier 1996). Ancak bu kadar fazla parametre olması parçada kullanılacak malzemelerin temsil edilmesini zorlaştırmaktadır.

2.4. Lastik Metal Parçaların Üretimi

Lastik metal parçaların vulkanizasyonu için üç temel parametreye ihtiyaç duyulur. Bunlar sıcaklık, süre ve basınçtır. Üç farklı üretim metodu kullanılmaktadır. Bunların ilki kompresyon kalıplama metodudur. Bu metotta, parçanın şeklinin olduğu boş bir metal kalıbın içerisine ağırlığı belli miktarda kauçuk karışımı konur. Daha sonra pres yardımıyla belli surede kalıba sabit basınç uygulanır. Kauçuk hamuru vulkanize olduktan sonra kalıbın şeklini alır ve parça kalıptan çıkartılır (Fraser 1944). Üretim yönteminin avantajı sadece basit bir kalıp ve hidrolik prese ihtiyaç duyulmasıdır. Üretim, kalıbın basıncına bağlı olduğundan hidrolik basınçta düşüklük meydana gelirse kalıbın yanlarında oluşan çapak miktarı artacağından her baskıda farklı ölçülerde parça üretme dezavantajı vardır (Gerstenmaier 1953). Kalıp gözlerine gelen sıcaklık değerleri eşit olmadığı için her kalıp gözünden çıkan parçada farklı fiziksel özellikler görülebilir (Hessney 1958). Kauçuk hamurunun kalıbın içine konma zamanı ve hidrolik presin harekete geçirilmesi insana bağlı parametreler olduğundan, insan hatalarından direkt etkilenen bir üretim yöntemidir (Jurgeleit 1962).

Diğer metot ise transfer kalıplama metodudur. Transfer kalıplama yönteminde lastik kalıbının üst transfer plakasından kalıp gözüne hamur akışını sağlayacak yolluklar bulunmaktadır. Kauçuk hamuru ön ısıtma yapılarak kalıbın üst haznesine konur ve hidrolik presin basıncı kullanılarak gözlere akış sağlanır (Gregory ve O'Mahoney

1966). Transfer kalıplamada kalıp ölçüleri daha hassastır ve parçanın üretim zamanı daha fazla kontrol altındadır (Gardner 1969). Kalıbın kendinin açılması ve kauçuk hamurunun kalıp içine kesilerek konması ortadan kalktığından insana bağlı parametreler iyileştirilmiştir (Jurgeleit 1962). Metodun dezavantajı ise kalıpta yolluklardan akan kauçuk hamurunun sıcaklığının istenen şekilde ayarlanamamasıdır ve 100 °C yi geçmez (Zeppernick 1964). Günümüzde transfer kalıplama metodu küçük parça ve conta imalatında kullanılmaktadır.

Enjeksiyon kalıplama metodunda ise bir enjeksiyon üniteli hidrolik pres ve yolluk plakası bulunan bir kauçuk kalıbına ihtiyaç bulunmaktadır. Kauçuk hamuru bir burgu yardımıyla akışkan hale getirilerek hamur haznesinde biriktirilir. Ardından kalıbın içine enjekte edilir. Bu esnada kalıp kapalı olmalı ve belirli bir sıcaklıkta olmalıdır (Johnson 2001). 1941 yıllarında bazı firmalar yüksek adetlerde ve hızlı üretim yapabilmek için bu metotla çalışmaya başlamışlardır (Macht 1941). İlk enjeksiyon kalıplama üretimi II. Dünya Savaşında radar parçalarının üretimi için kullanılmıştır (Cotton 1941). Kalıp gözlerine homojen olarak dağılan kauçuk hamuru sayesinde deforme olmamış parçalar üretilmesi bu metodun zamanla gelişmesini sağlamıştır (Brydson 1970). Bu metodun avantajları arasında kauçuk hamurunun ön hazırlama, ısıtma ve tartma işlemleri olmadığı için insana bağlı parametrelerim en aza indirilmesi gösterilebilir (Anon 1965). Vulkanizasyon zamanı diğer metotlara göre kalıp sıcaklıkları ve enjeksiyon sıcaklıkları artırılarak minimum yüzde üç düşürülmüştür (Cumming 1967). Parçalarda ölçüsel farklılık ve deformasyonlar olmadığı için ürünlerin kalitesi yükselmiş ve fiziksel özellikler her parça için aynı seviyede kalmıştır (Dunlop 1967). Parçaların kenarlarında kalan fireler kalıp tarafından kesildiği için, parçalar çapaksız olarak üretilmekte ve ek işçiliklerden tasarruf sağlanmaktadır (Dunlop 1967). Çapak miktarının azaltılması ve hatalı parça sayısının azaltılması sayesinde malzeme maliyetleri düşürülmektedir (Jurgeleit 1962). Sadece enjeksiyon kalıplama metoduyla üretilebilecek parçalar mevcut olduğunda bu yöntem insanlığa hizmetin artırılması için kullanılmıştır (Jurgeleit 1962). Bu metot günümüzde hassas ve her kalıp gözünden üretilen parçaların aynı fiziksel özellikleri göstermesi avantajı sunan ve en çok kullanılan kalıplama yöntemidir.

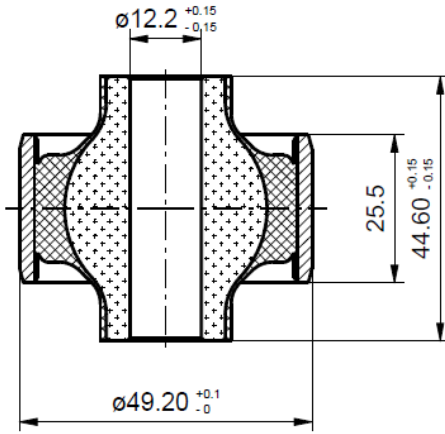
2.5. Lastik Metal Yapışması

Burçlar ve motor takozları gibi parçalar belirli et kalınlıklarına sahiptir ve genellikle metallere bağlanmaları gerekir. Bu bağlanma işlemi için kullanılacak yapıştırıcıların doğru seçilmesi ve metal yüzeyi hazırlamanın doğru yapılması gerekir (Campell 1948). Metallere tek kat veya iki kat yapıştırıcı işlemi uygulanabilir. Metal yüzeylerin yapıştırıcı uygulanmadan önce metal oksidasyonunu önlemek için kimyasal olarak temizlenmesi gerekir (Wucher 1960). Kauçuk hamuru şarjları arasında oluşan viskozite farklılıkları, pişme oranları, scorch (ön vulkanizasyon) oranları ve kauçuk hamuru kimyasallarının dağılımı yapışmayı etkiler. Dolgu maddesinin çeşitleri, pişirici sistemin farklılığı ve antiozonantlar da yapışmada etkilidir (Macbeth1960). Enjeksiyon kalıplama yapılan imalatlarda yapıştırıcı uygulanmış parçanın kauçuk hamuru metal yüzeyine ulaşınca kadar sıcaklık ile temas etmesinde herhangi bir sorun yoktur. Metal yüzeyinin pürüzlendirilmesi ile yüzeyin temizlenmesi ve yapışma yüzey alanının artırılması sonucu kauçuğun metale yapışma dayanımı artmaktadır. Bu etki en iyi olarak Chemosil yapıştırıcının kullanıldığı vulkanizasyon işlemi sırasında uygulanan yapıştırmada görülmüştür. Bunun sebebi, kauçuğun pres altında pişirilmesi sırasında (vulkanizasyon) yüzeydeki kraterleri daha iyi doldurmasıdır (Durmuş ve ark. 2005). Cox'un (1960) bildirdiğine göre yapıştırıcı uygulanmış metal parçalara 1 dakika süreyle 180 °C de, 30 saniye süreyle 190 °C de veya 30 saniye süreyle 200 °C de ön ısıtma uygulanırsa yapıştırıcılar yüzeyde tutunamazlar ve bağlayıcı özelliklerini kaybederler.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Üretimi Gerçekleştirilen Kauçuk-Metal Burç

Kauçuk sertliği ve çaplama işleminin burç kopma testlerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada kullanılan kauçuk-metal burç Şekil 3.1’de görünmektedir. Görüldüğü gibi burç; dış boru, iç boru ve aradaki kauçuk malzemeden meydana gelmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.1. Üretilen kauçuk-metal burç (a) Kesit görünümü ve boyutlar, (b) Üretilen burç

Üretilen burçlar araçların süspansiyon sistemlerindeki salıncak kolu bağlantılarında kullanılmaktadır (Şekil 3.2). Salıncak kolu üzerinde burcun takıldığı yer şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Burcun takılacağı salıncak kolu

3.2. Kauçuk Malzemesi

Çalışmada kullanılan kauçuklar farklı sertliklerde üretilen doğal kauçuklardır. Kauçuk hamurları Çizelge 3.1’de verilen formülasyonlar kullanılarak 80 kg’lık şarjlar halinde banbury (mil karıştırıcı) de üretilmiştir.

Çizelge 3.1. Kauçukların karışım formülasyonları

Malzeme	Ticari İsim	50	55	60	65	70
		Shore A	Shore A	Shore A	Shore A	Shore A
		Miktar (phr)	Miktar (phr)	Miktar (phr)	Miktar (phr)	Miktar (phr)
Doğal Kauçuk	SMR-10 CV	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Aktivatör	Çinko Oksit	6,00	5,00	6,00	5,00	5,00
	Stearik asit	1,75	1,00	1,50	1,50	1,75
Antioksidant	IPPD	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	TQM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Antiozonant	Antiozonant Wax	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Dolgu	Carbon Black HAF N330	27,00	38,00	48,00	59,00	69,00
Hızlandırıcı	MBTS	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
	TMTD	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Piştirici	Kükürt	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60

3.3. Burç Yapımında Kullanılan Metalik Malzemeler

Burç yapımında kullanılan metalik malzemeler boru şeklinde olup dışta ve içte olmak üzere iki adettir. St37’den üretilen dikişli dış boru her hangi bir ısıl işleme tabi tutulmamıştır. Dış çapı 49,20 mm, et kalınlığı 2 mm olan dış boru malzemesinin mekanik özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Dış borunun mekanik özellikleri

Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Uzama (%)
346	414	35

Soğuk çekilme yöntemiyle üretilen bu borular burçlarda kullanılmak üzere boydan kesilmek suretiyle dilimlenmiştir. Dış boru talaşlı işlemeye uygundur fakat şekillendirmeye dayanıklı değildir. Sıkı geçirilerek çakma işlemi gerçekleştirilebilir ve çakma yapıldıktan sonra dönme ve salgı yapmaz (Kalibre Boru Teknik Kataloğu 2006).

Kauçuk-metal burçların üretiminde iç boru olarak alüminyum döküm boru kullanılmıştır. Alüminyum döküm borun kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.3'de görülmektedir.

Çizelge 3.3. Alüminyum boru malzemesinin kimyasal kompozisyonu (% Ağırlık)

Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ni	Ti
85,40	8,95	0,69	3,27	0,41	0,04	0,87	0,03	0,10	0,03

3.4. Burçların Üretimi

3.4.1. Burç Metallerinin Hazırlanması

Burç üretimindeki ilk aşama Şekil 3.1.a'da verilen boyutlarda boruların kesilerek hazırlanmasıdır. Kesme işlemi sonrasında boru malzemelerin yüzeyleri fosfatlanmıştır. Fosfatlamanın iki önemli amacı bulunmaktadır. Bunlar; yüzeylerin temizlenmesi ve kauçuğa bağlanmayı kolaylaştıracak şekilde metal yüzeyine bir pürüzlülük kazandırmaktır. Fosfatlama işlemi için 65-75 °C sıcaklık aralığında 420 s'lik 2 defa yağ alma işlemi ve ardından durulama işlemi yapılmıştır. Durulanan parçalar asit banyosunda 40 s aktive edilmiş ve ardından 420 s 50-60 °C aralığında fosfatlanmıştır. Ardından tekrar durulama işlemi yapılmıştır. Gardolene D60 ile 30 s pasivasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve ardından 85-95 °C sıcaklıkta 420 s süreyle kurutularak fosfatlama işlemi sona ermiştir.

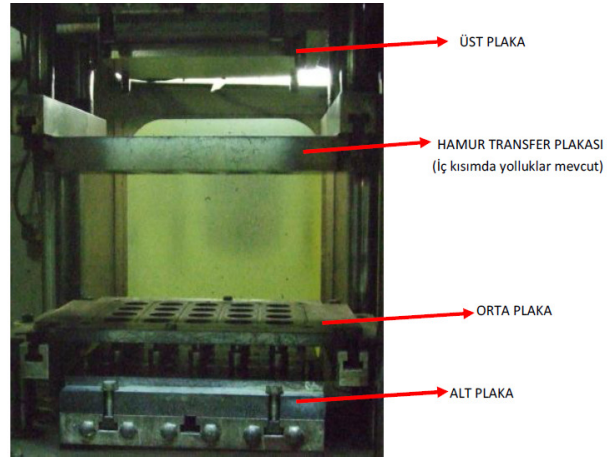
3.4.2. Yapıştırıcı Uygulanması

Kauçuk-metal yapışmasını sağlamak için kullanılan yapıştırıcı Chemosil dir. Bu yapıştırıcı çift komponentli bir yapıştırıcı olup 211 (primer) ve 411 (sekonder)

uygulanması otomatik makinede püskürtülerek yapılmıştır. Yapıştırıcı dış borunun iç yüzeyi ve iç borunun dış yüzeyine tatbik edilmiştir.

3.4.3. Kalıplama İşlemi ve Üretim Prosesi

Kauçuk-metal burçların üretiminde kullanılan kalıp 20 gözlü transfer kalıbıdır. Kullanılan kalıbın fotoğrafı Şekil 3.3’de görülmektedir. Kalıbın transfer haznesi ve orta plakası pres makinesine bağlanarak üretim yapılmıştır. Kalıp 4 parçalıdır. En üst parça üst tablaya direkt olarak bağlanmakta, 2. parça üst yanlardaki çıkarıcı silindirlere, 3. parça alt yanlardaki çıkarıcı silindirlere ve 4. parça da alt plakaya bağlanmaktadır.



Şekil 3.3. Burç üretiminde kullanılan transfer kalıbı ve bölümleri

Kullanılan makine 100 tonluk hidrolik pres olup PLC programı sayesinde tam otomatik olarak çalışmaktadır. Kullanılan presin fotoğrafı Şekil 3.4’de verilmiştir.

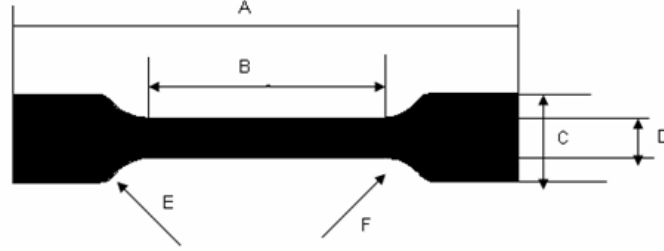


Şekil 3.4. Burç üretiminde kullanılan pres makinesi

Yapıştırıcı tatbik edilmiş dış ve iç borular transfer kalıbına yerleştirilerek 100 tonluk pres kullanılarak kauçukların kalıp boşluklarını doldurarak burçların üretimi tamamlanmıştır. Üretim şartları; sabit 100 ton basınç uygulayarak 100 °C sıcaklıkta, 8 dakika süreyle tutma şeklinde olup uygulanan vulkanizasyon işlemi kükürt vulkanizasyonudur.

3.5. Kauçuk Testleri

Çizelge 3.1.'de verilen formülasyonlar kullanılarak elde edilen kauçuklardan 20 x 20 cm boyutlarında ve 40 mm kalınlığında test plakaları kesilerek 180 °C sıcaklıkta 10 dakika ve 100 tonluk pres kullanılarak vulkanize edilmiştir. Bu test plakalarından kesici kalıplar ve el presi kullanılarak sertlik, yoğunluk ve kalıcı deformasyon test numuneleri çıkartılmıştır. Çekme testlerinde kullanılan numunelerin boyutları sırasıyla Şekil 3.5'de verilmiştir.



A: 75 mm, B :25 mm, C:12,5 mm, D : 4 mm, E: yarıçap 8 mm, F: yarıçap 12,5 mm, Kalınlık 2 mm

Şekil 3.5. Kauçuk çekme testi numunesi (kaşık numune)

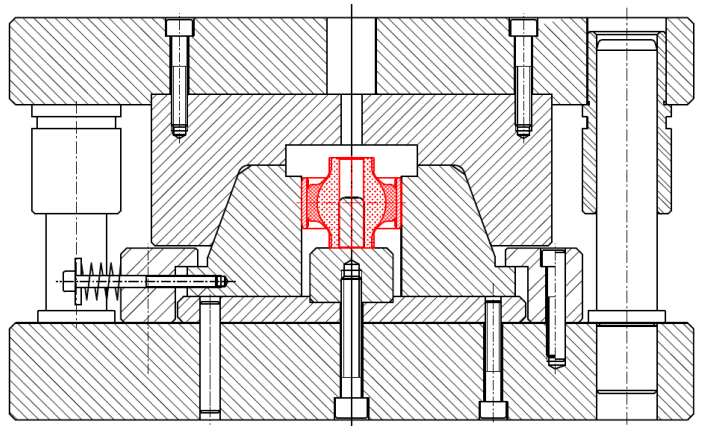
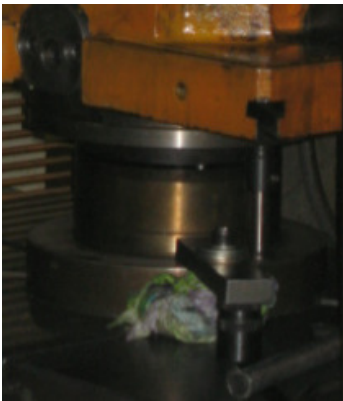
Uygulanan kauçuk testleri ve hangi standartlara göre yapıldıkları Çizelge 3.4'te belirtilmiştir. Her test için en az 4 adet ölçüm yapılmıştır.

Çizelge 3.4. Yapılan kauçuk testleri ve standartları

Uygulanan Testler	Test Standardı
Sertlik (Shore A)	ASTM D 2240
Yoğunluk (g/cm ³)	ASTM D 297
Kopma Mukavemeti (MPa)	ASTM D 412
Yırtılma Dayanımı (N/mm)	ASTM D 624
Uzama (%)	ASTM D 412
Kalıcı Deformasyon (%) 70 C° sıcaklık ve 70 saat süre için	ASTM D 392
Ozon dayanımı (çatlamanın görsel olarak izlenmesi) 72 saat,50 pphm, %10 gerdirme	ASTM C 1149

3.6. Burçların Çaplanması

Kauçuk-metal burçların dış borularına uygulanan çaplama işlemi çaplama kalıbı ve 100 tonluk eksantrik pres kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Dış borunun çapı %2, %3, %4 ve %5 oranlarında daraltma yönünde çaplama işlemine tabi tutularak deneysel çalışma parametresi oluşturulmuştur. Çaplama kalıbının fotoğrafı ve kesit görünümü Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6 Çaplama kalıbı ve kesit görünümü

Çaplama sonucunda elde edilen burç dış çap değerleri Çizelge 3.5.'de görülmektedir.

Çizelge 3.5. Çaplama sonrası burç dış çap ölçüleri

Çaplama (%)	0		2		3		4		5	
Dış Çap (mm)	49,20	+ 0,1 - 0	48,20	+ 0,1 - 0	47,72	+ 0,1 - 0	47,23	+ 0,1 - 0	46,74	+ 0,1 - 0

3.7. Burçların Kopma Testleri

Kauçuk-metal burçların kopma testleri 10 tonluk Zwick marka çekme-basma test cihazında yapılmıştır. Numune bağlanmış test cihazı ve test aparatı Şekil 3.7.'de verilmiştir. Test cihazının hareketli üst çenesine basma uygulayacak mil aparat yerleştirilmiştir. Bu mil, burcun iç borusunu alt aparatdaki boşluk içerisine basarak test gerçekleştirilmektedir. Test sırasında yük-şekil değiştirme eğrileri elde edilerek kopmanın meydana geldiği yük değerleri tespit edilmiştir. Her bir malzeme grubu için en az 5 adet burcun kopma testi yapılmıştır. Ortalama kopma yükleri hesaplanarak kauçuk sertliği ve çaplama oranının kopma performansına etkileri elde edilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.7. Kopma testlerinin yapıldığı test cihazı ve test aparatı (a) Numune bağlanmış test cihazı (b) Test aparatı

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Kauçuk Testleri

Farklı karışım formülasyonları kullanılarak elde edilen kauçuk malzemelerin Çizelge 3.4.'te belirtilen standartlar göz önünde bulundurularak fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.1.'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Kauçuk test sonuçları

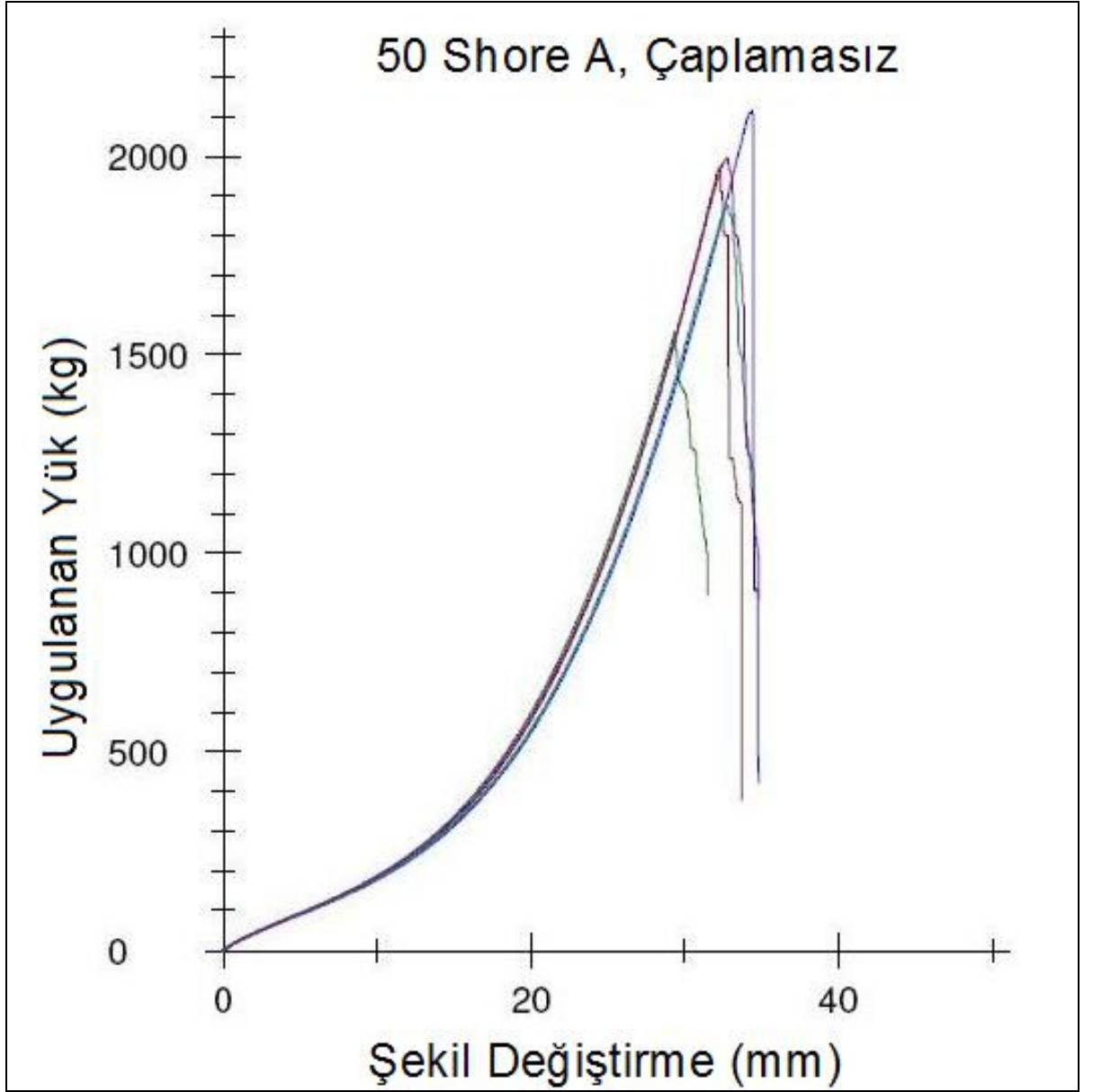
Uygulanan Test	Test Sonucu*				
	50 Shore A	55 Shore A	60 Shore A	65 Shore A	70 Shore A
Sertlik (Shore A)	48 (50±3)	56 (55±3)	59 (60±3)	67 (65±3)	70 (70±3)
Yoğunluk (g/cm ³)	1,059 (1,060 ± 0,01)	1,109 (1,107 ± 0,01)	1,117 (1,110 ± 0,01)	1,15 (1,147 ± 0,01)	1,161 (1,164 ± 0,01)
Kopma Mukavemeti (MPa)	26,49 (min. 18)	21,16 (min. 17)	22,32 (min. 18)	21,4 (min. 17)	20,49 (min. 17)
Yırtılma Dayanımı (N/mm)	114 (min. 45)	106 (min. 45)	100 (min. 45)	143 (min. 45)	105 (min. 45)
Uzama (%)	562	628	500	499	459
Kalıcı Deformasyon (%) 70 °C sıcaklık ve 70 saat süre için	2,15 (max. 3)	2,15 (max. 3)	2,31 (max. 3)	2,21 (max. 3)	2,22 (max. 3)
Ozon dayanımı (çatlamanın görsel olarak izlenmesi) 72 saat,50 pphm, %10 gerdirmeye	çatlama yok	çatlama yok	çatlama yok	çatlama yok	çatlama yok

*Parantez içerisinde verilen değerler; standartlarca tarif edilen ve olması beklenen sınır değerlerdir.

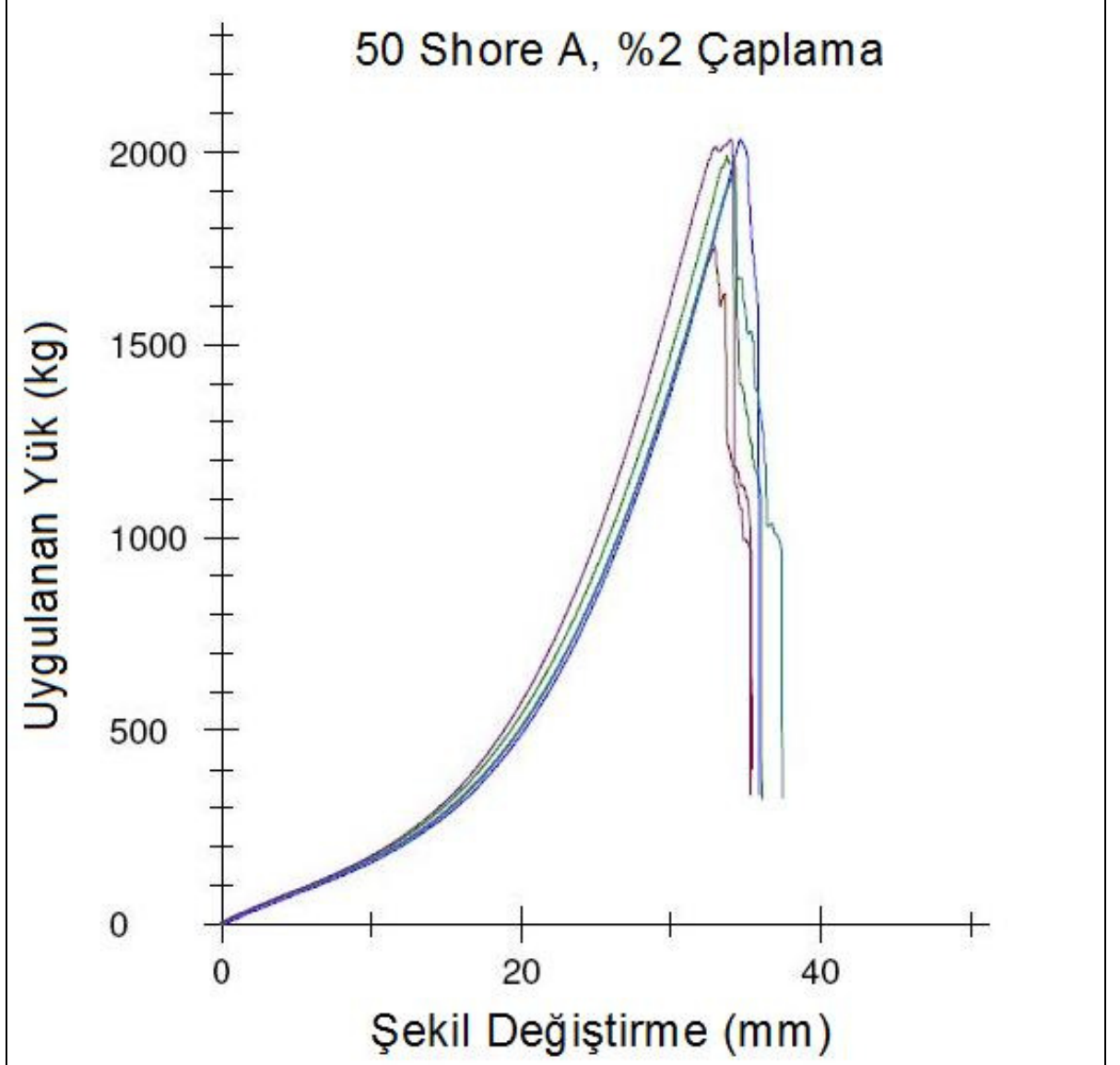
Sonuçlardan da görüldüğü gibi farklı Shore A sertliklerindeki kauçukların üretimi, diğer mekanik ve fiziksel özelliklerinde belirgin farklılıklar oluşmaksızın elde edilmiştir.

4.2. Burçların Kopma Testleri

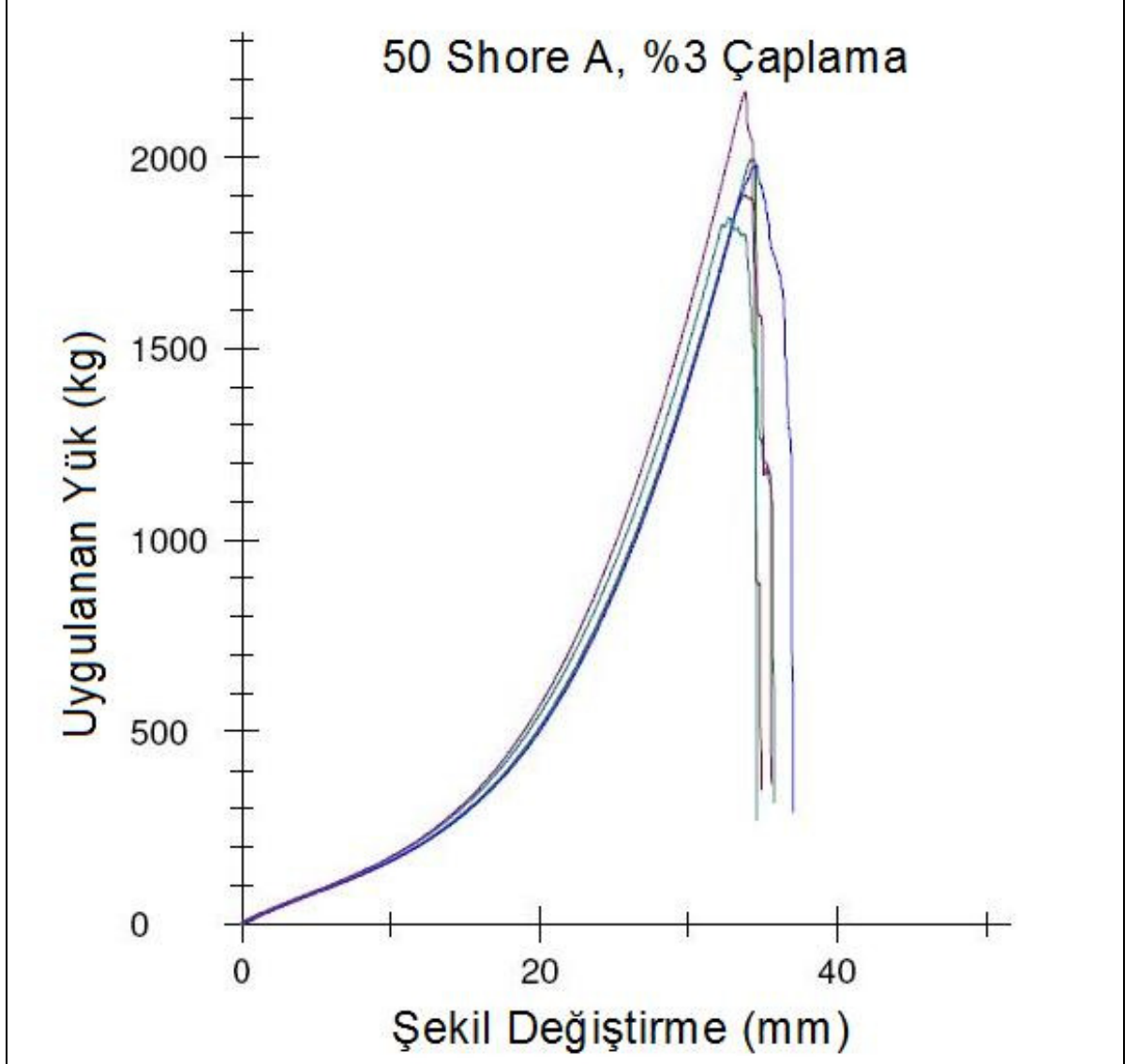
Kullanılan kauçukların sertlik değerleri ve burç dış borunun çaplama oranlarına bağlı olarak kauçuk-metal burçların kopma test sonuçları elde edilmiştir. Her bir grup için 5 adet numunenin test edildiği çalışmada uygulanan yüke bağlı olarak şekil değiştirme değerleri tespit edilerek Şekil 4.1-5'de gösterilmiştir.



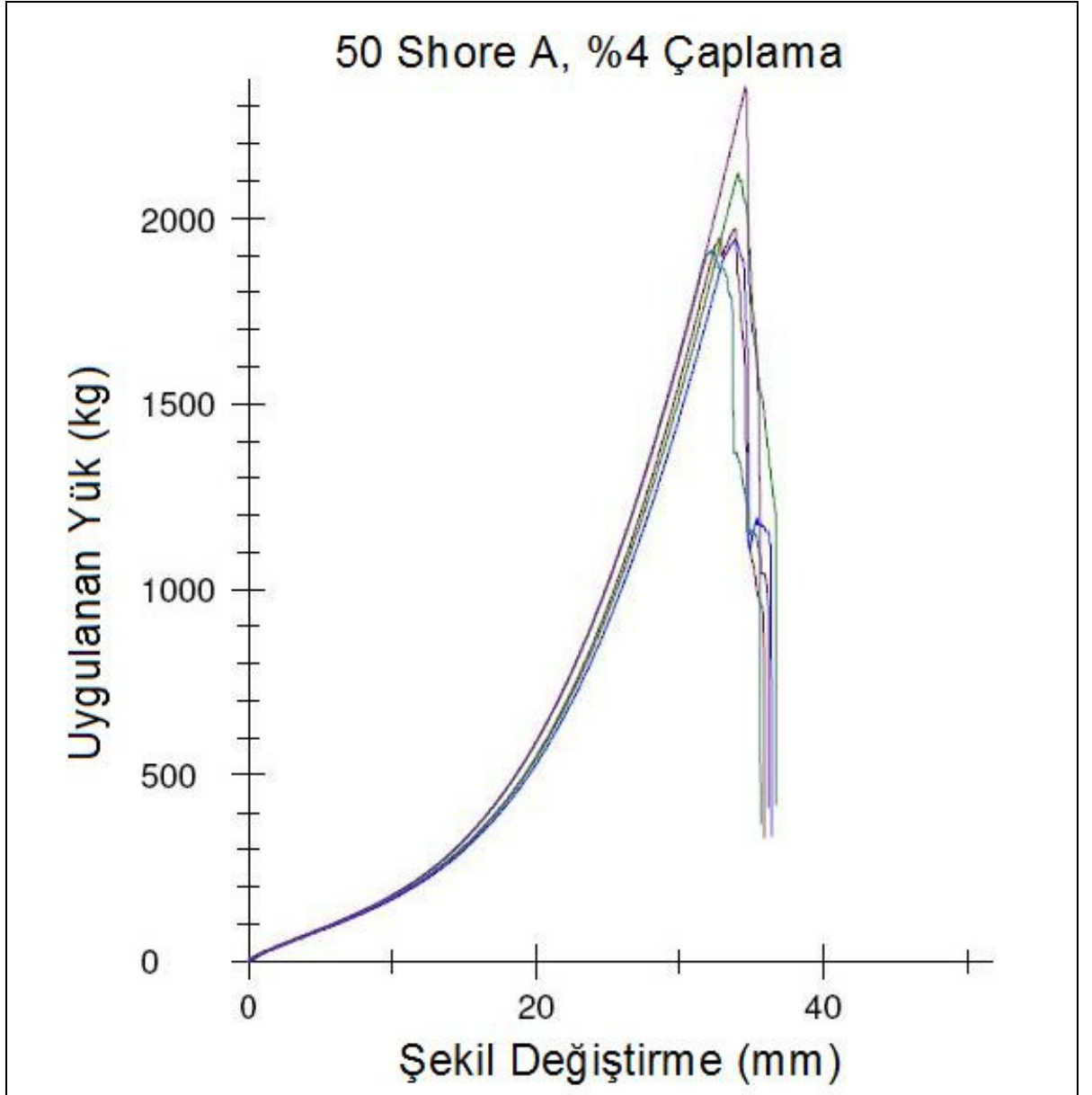
(a)



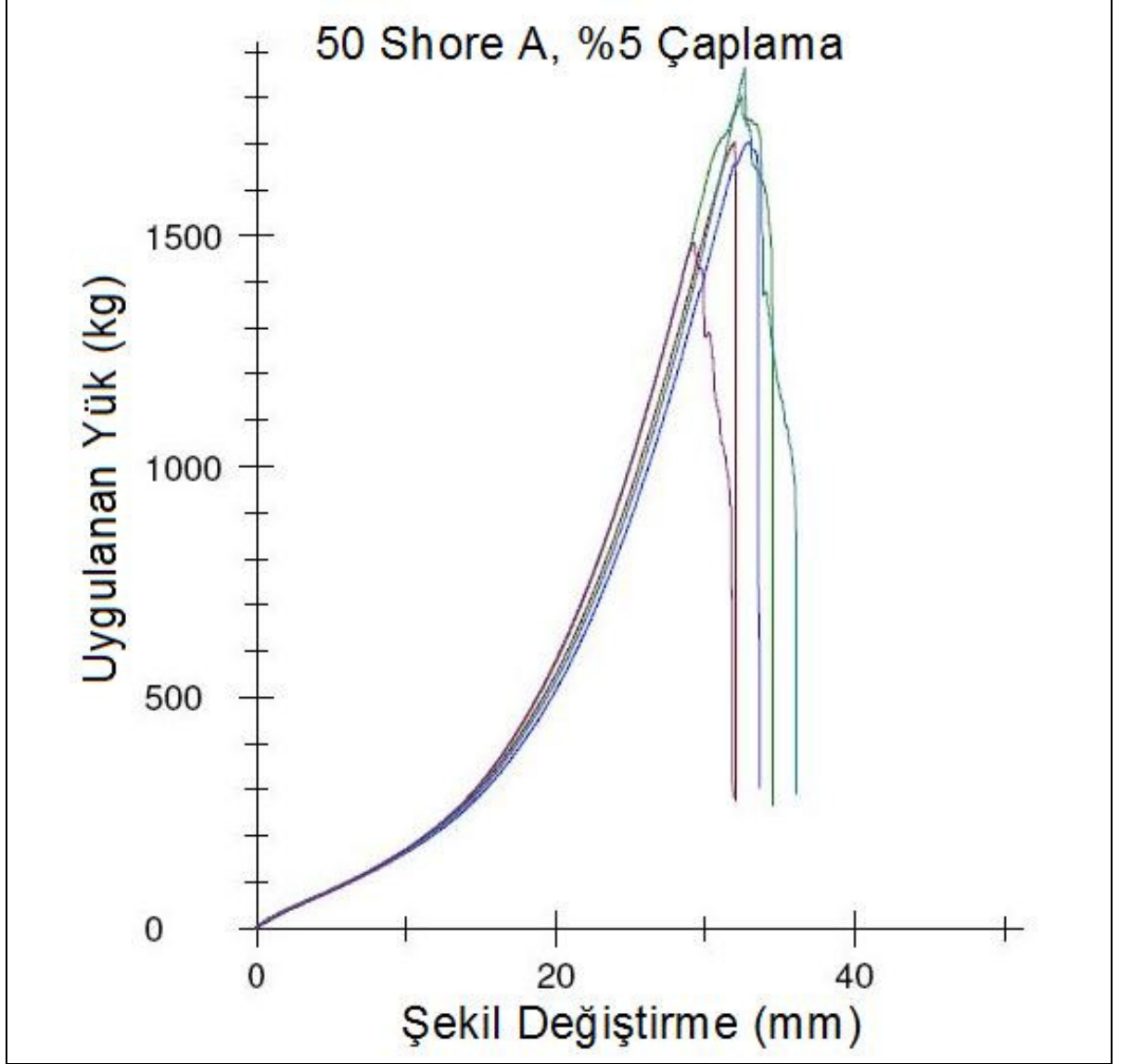
(b)



(c)

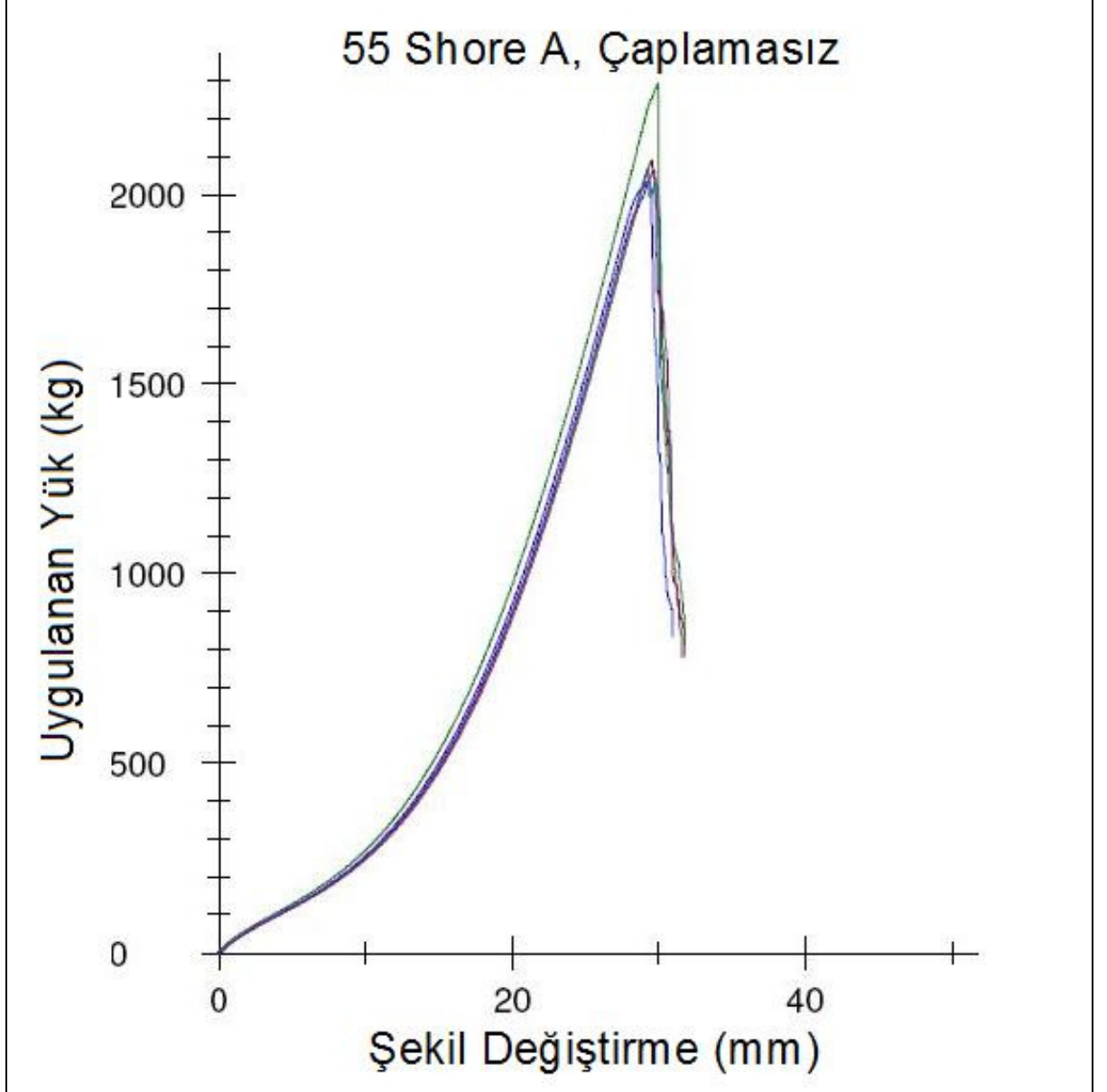


(d)

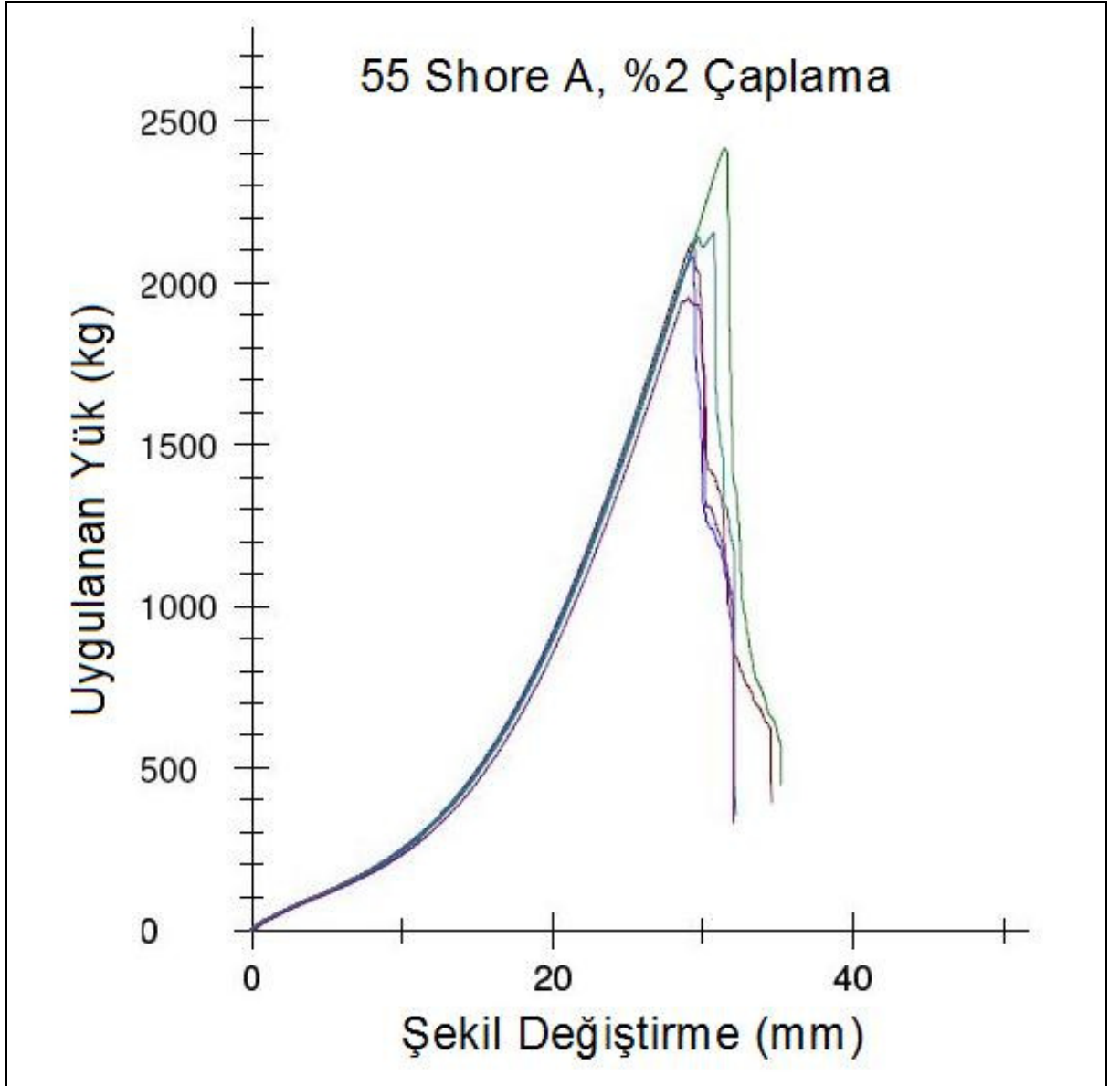


(e)

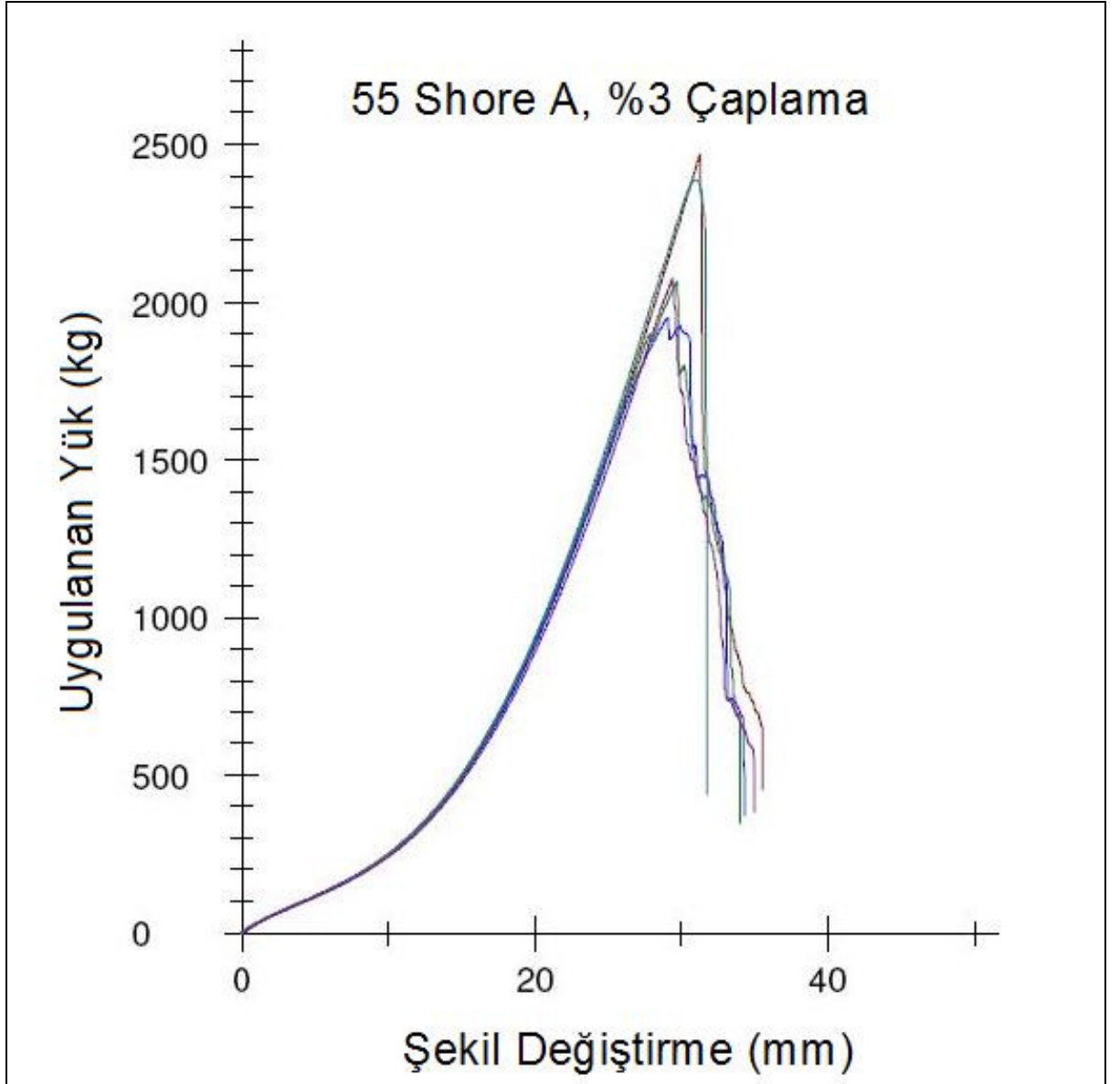
Şekil 4.1. 50 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama



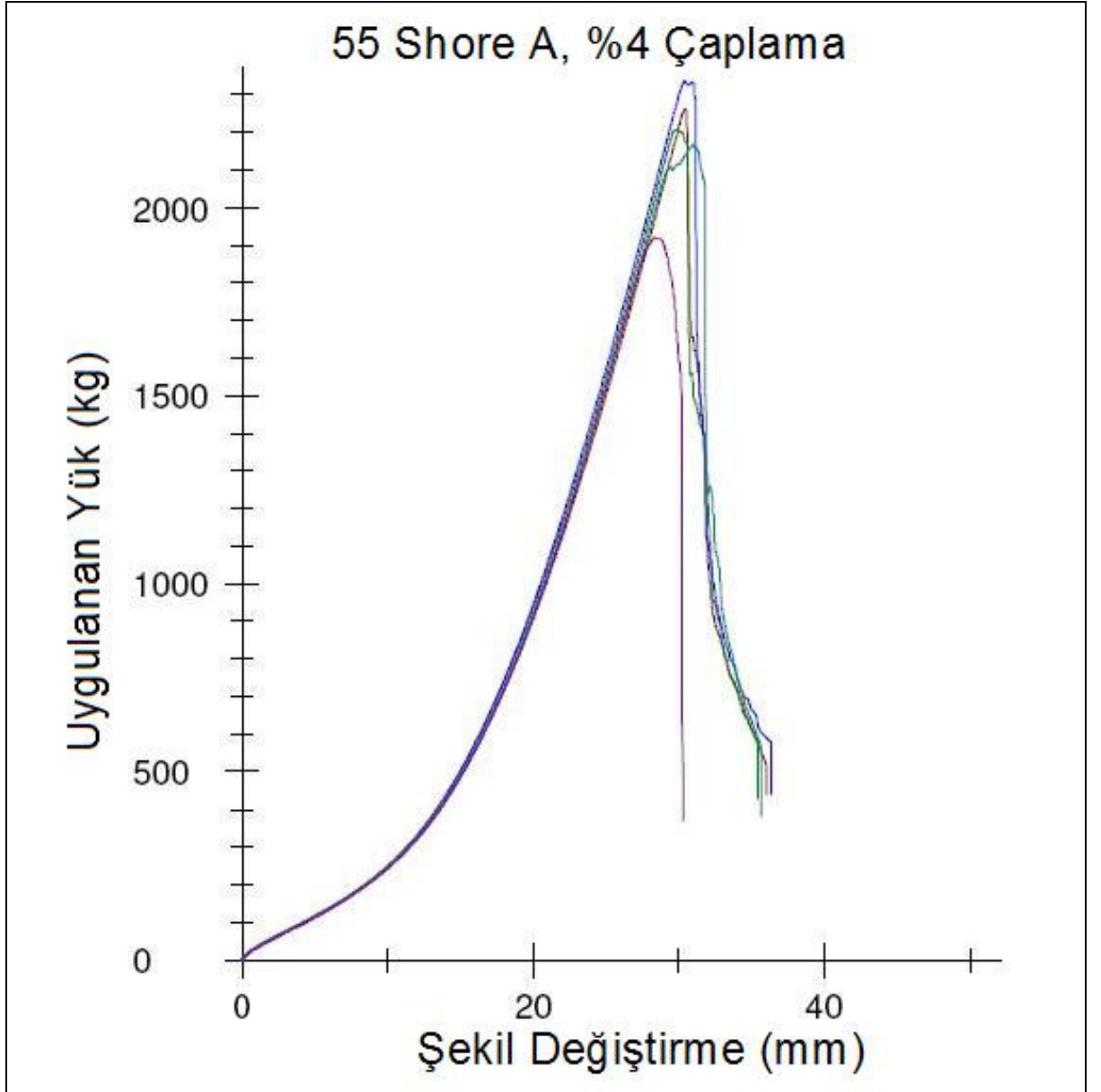
(a)



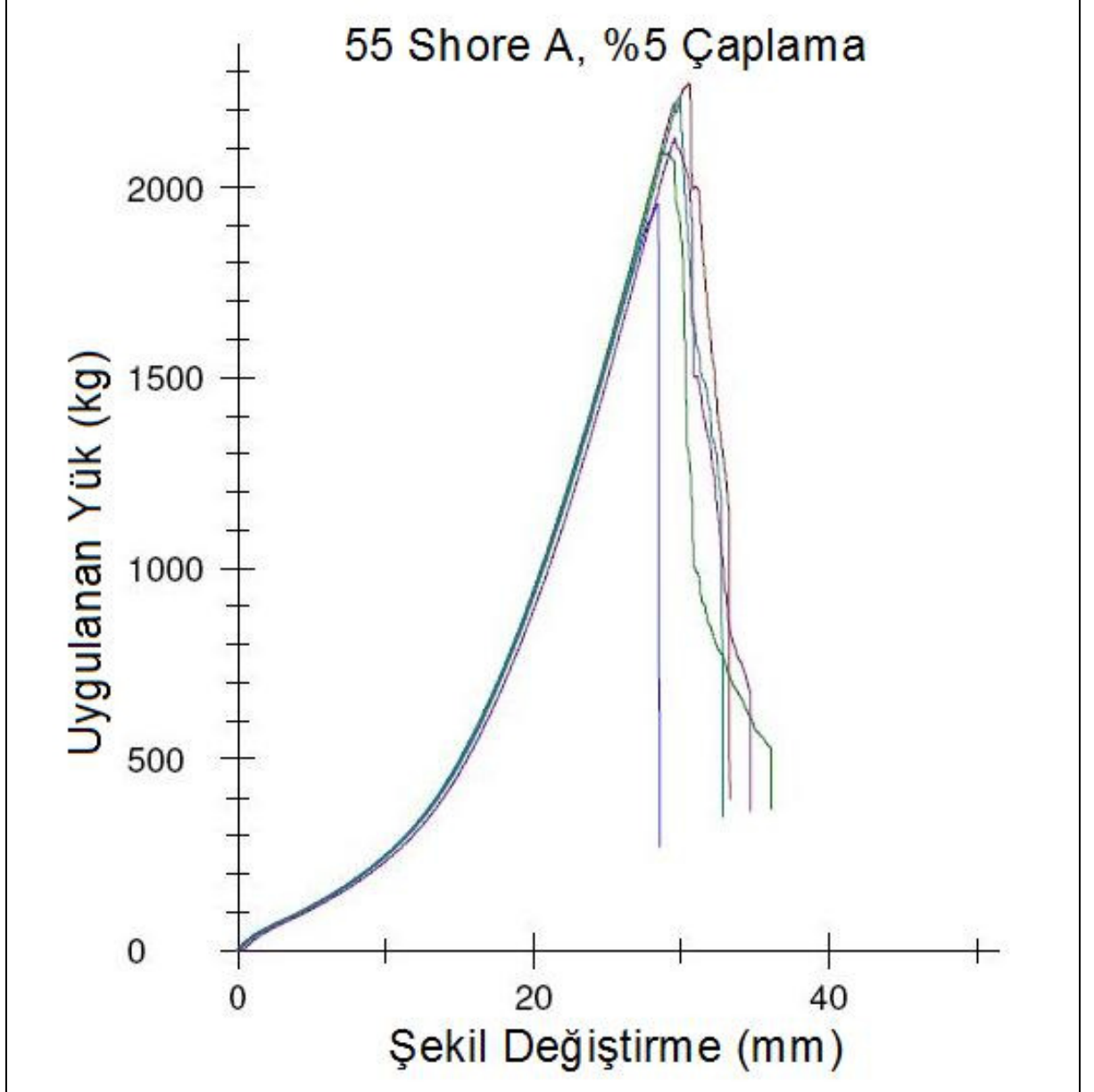
(b)



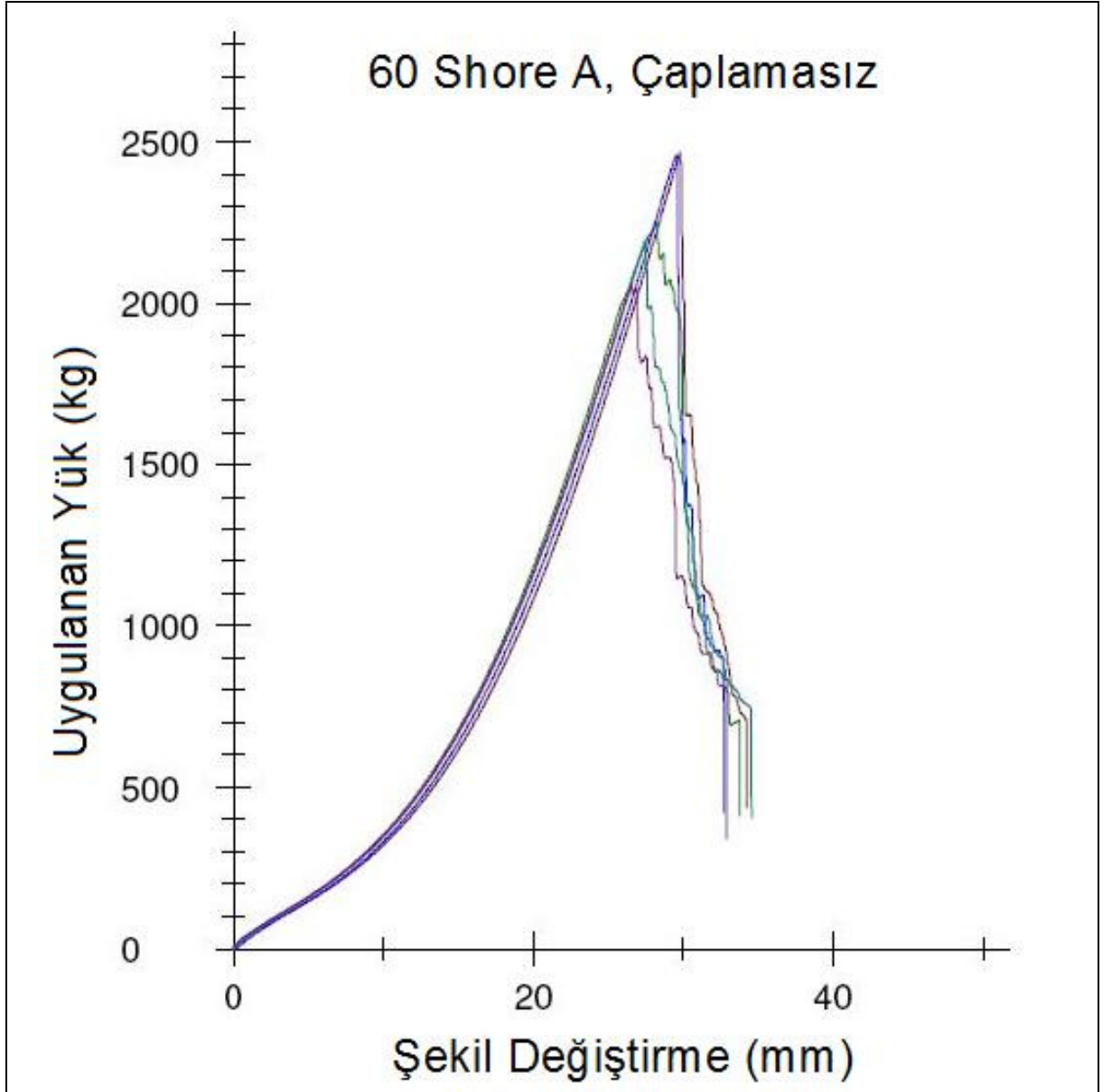
(c)



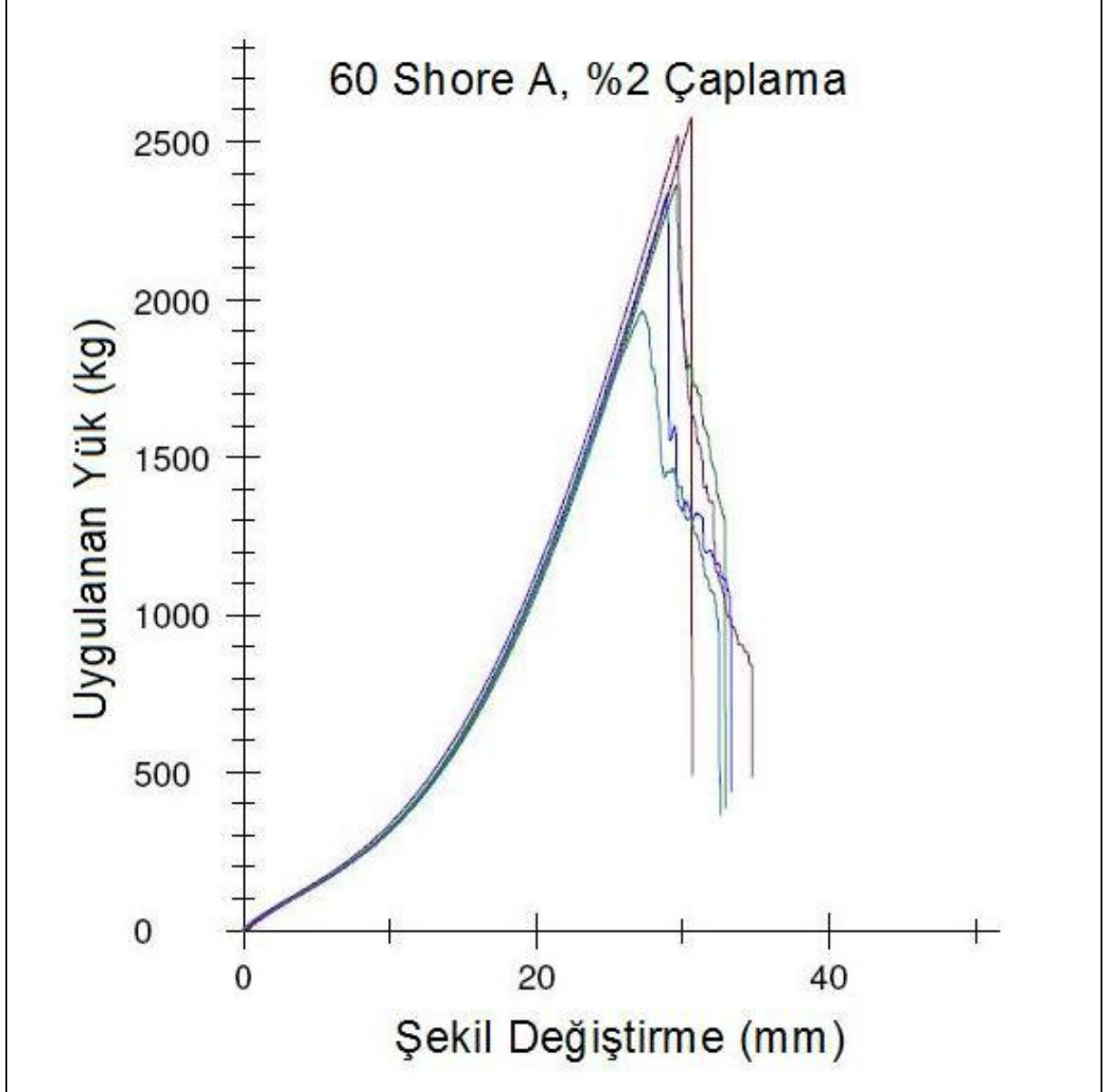
(d)



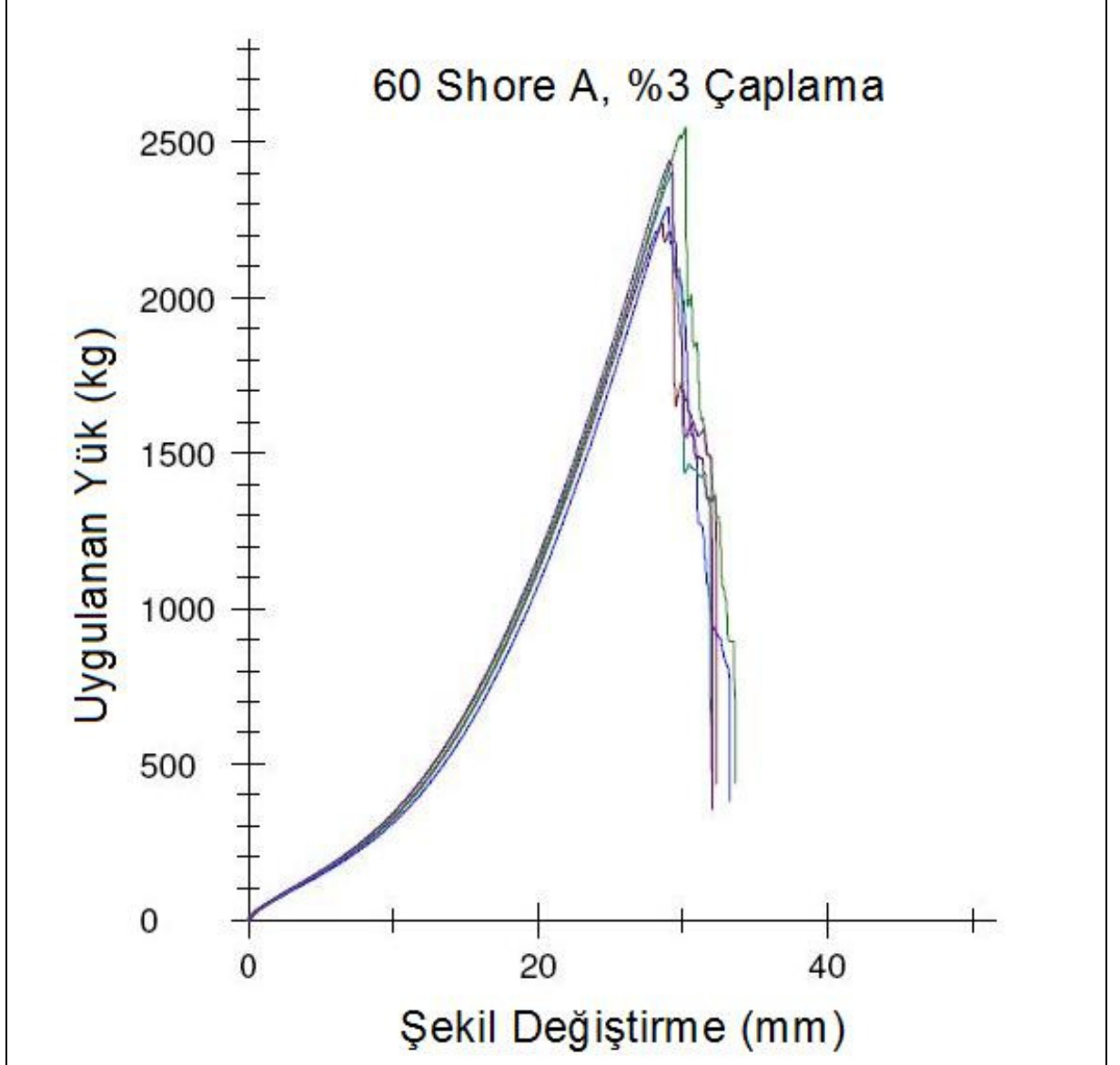
Şekil 4.2. 55 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama



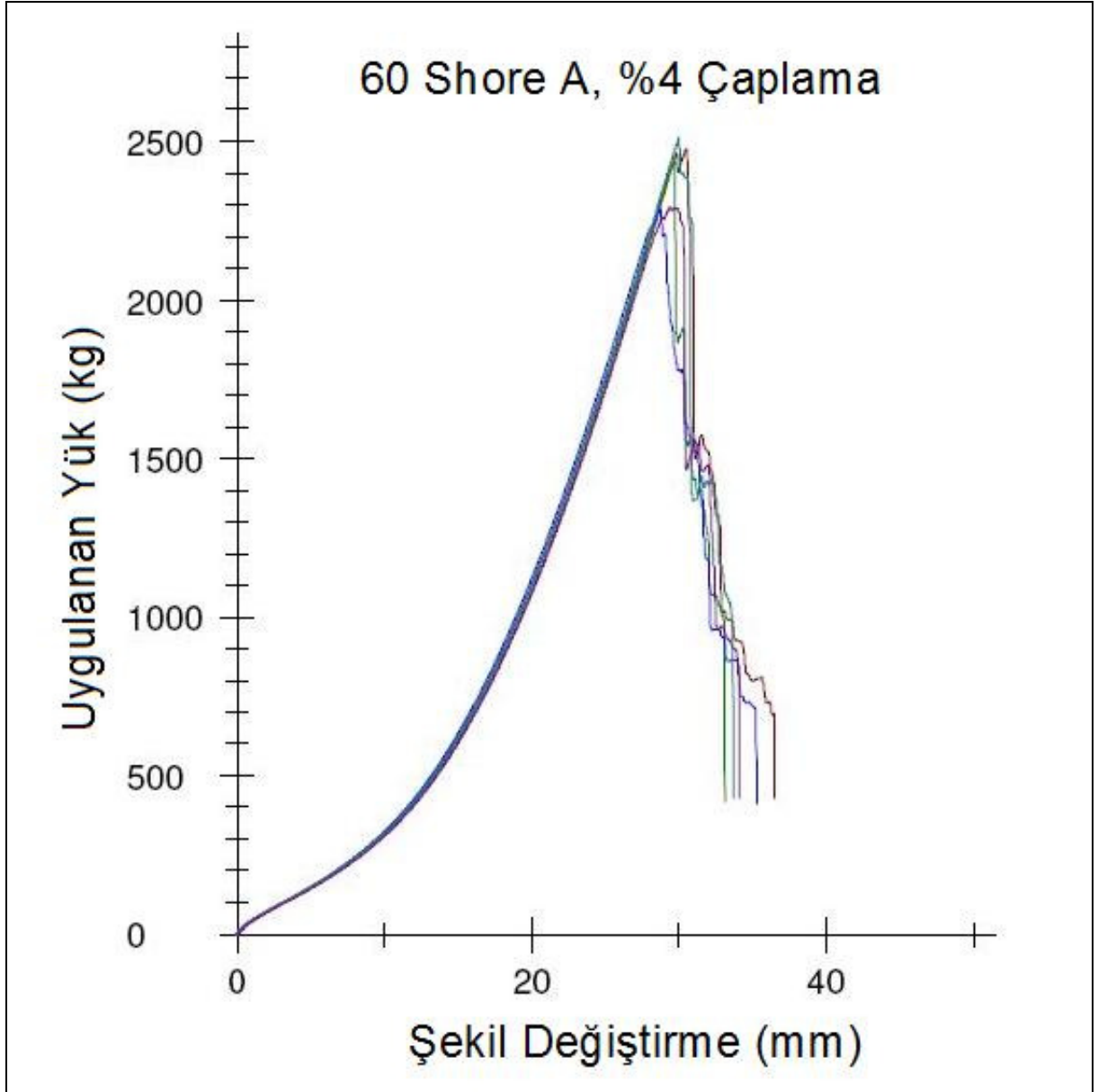
(a)



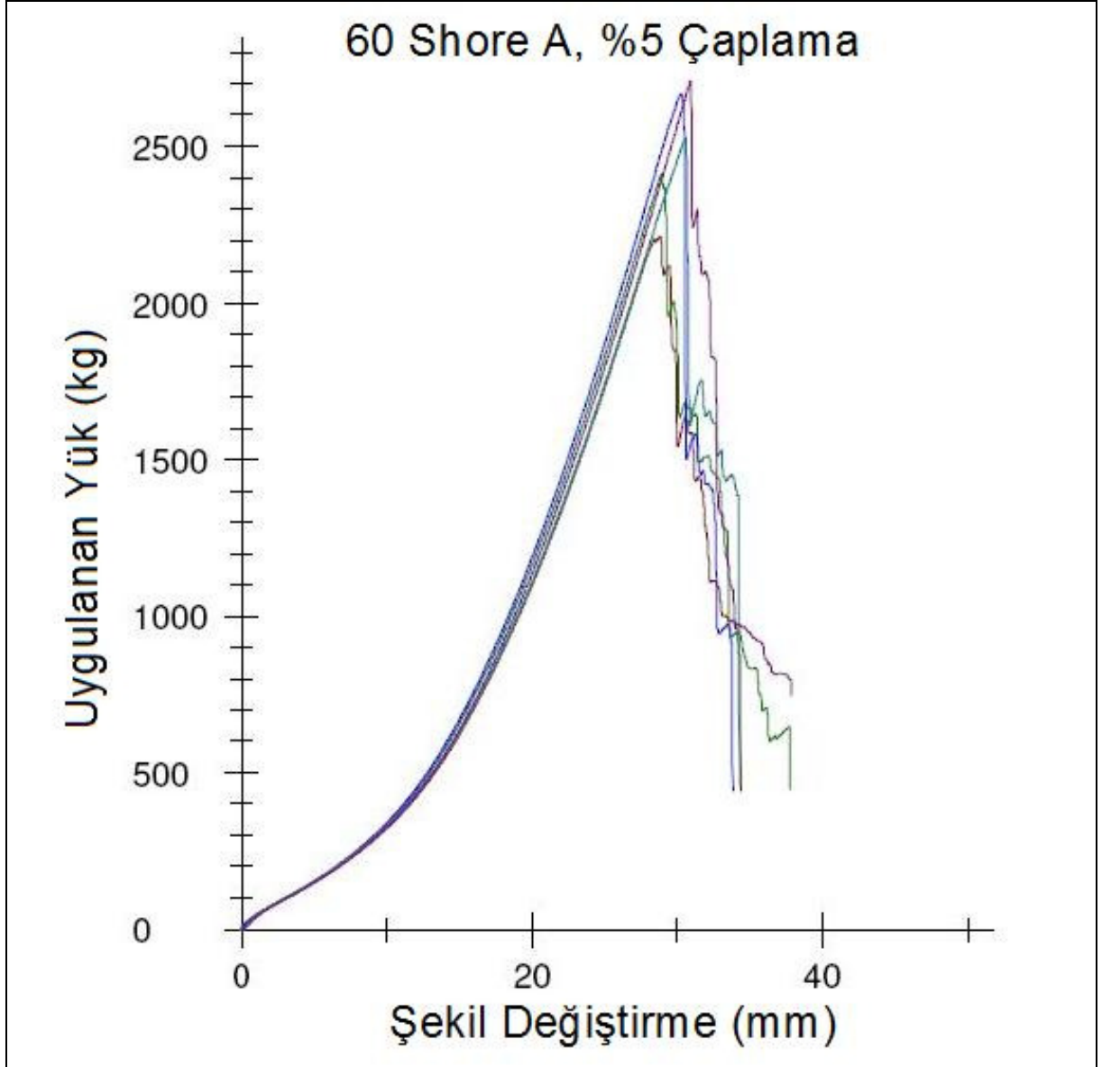
(b)



(c)

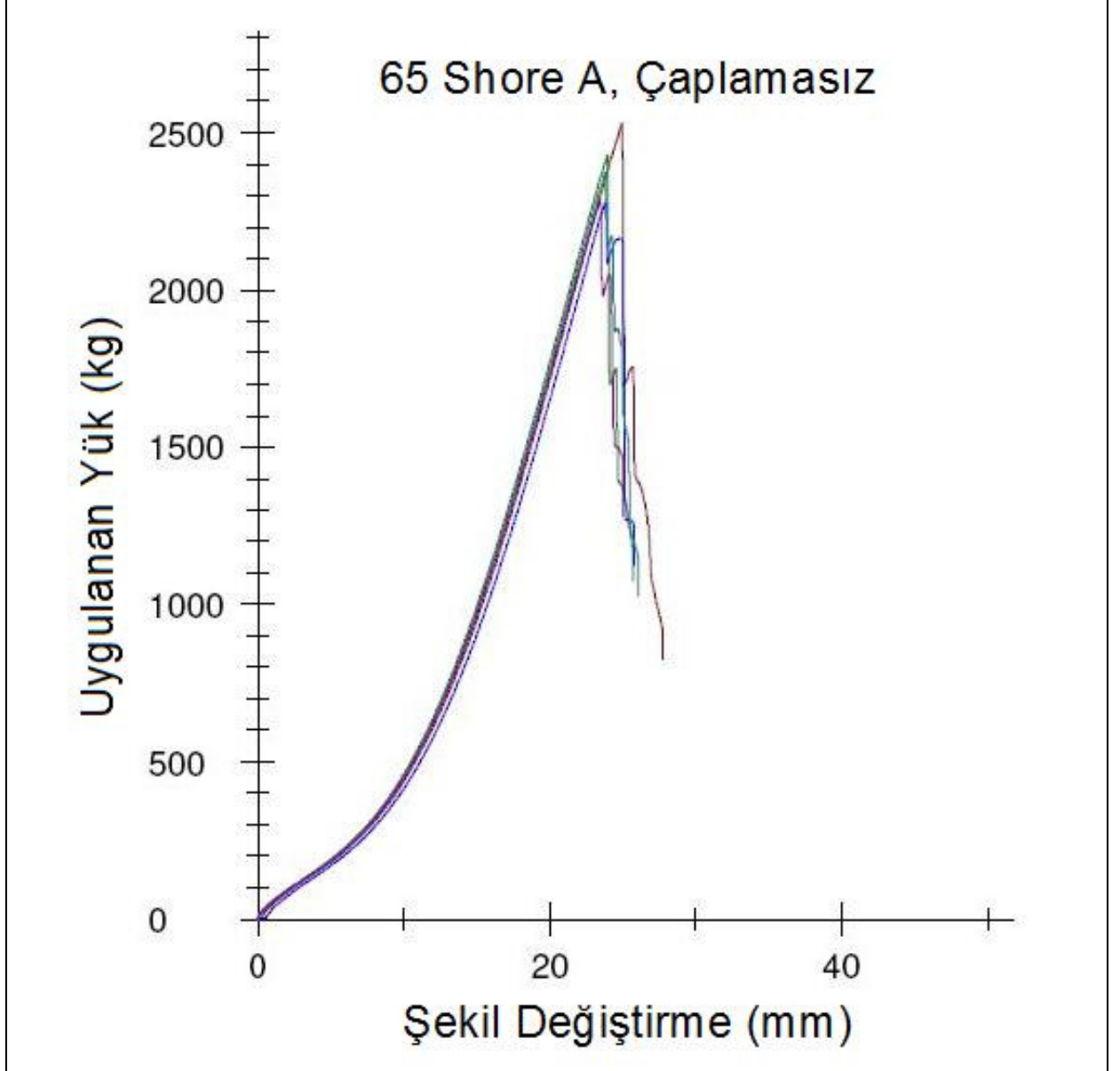


(d)

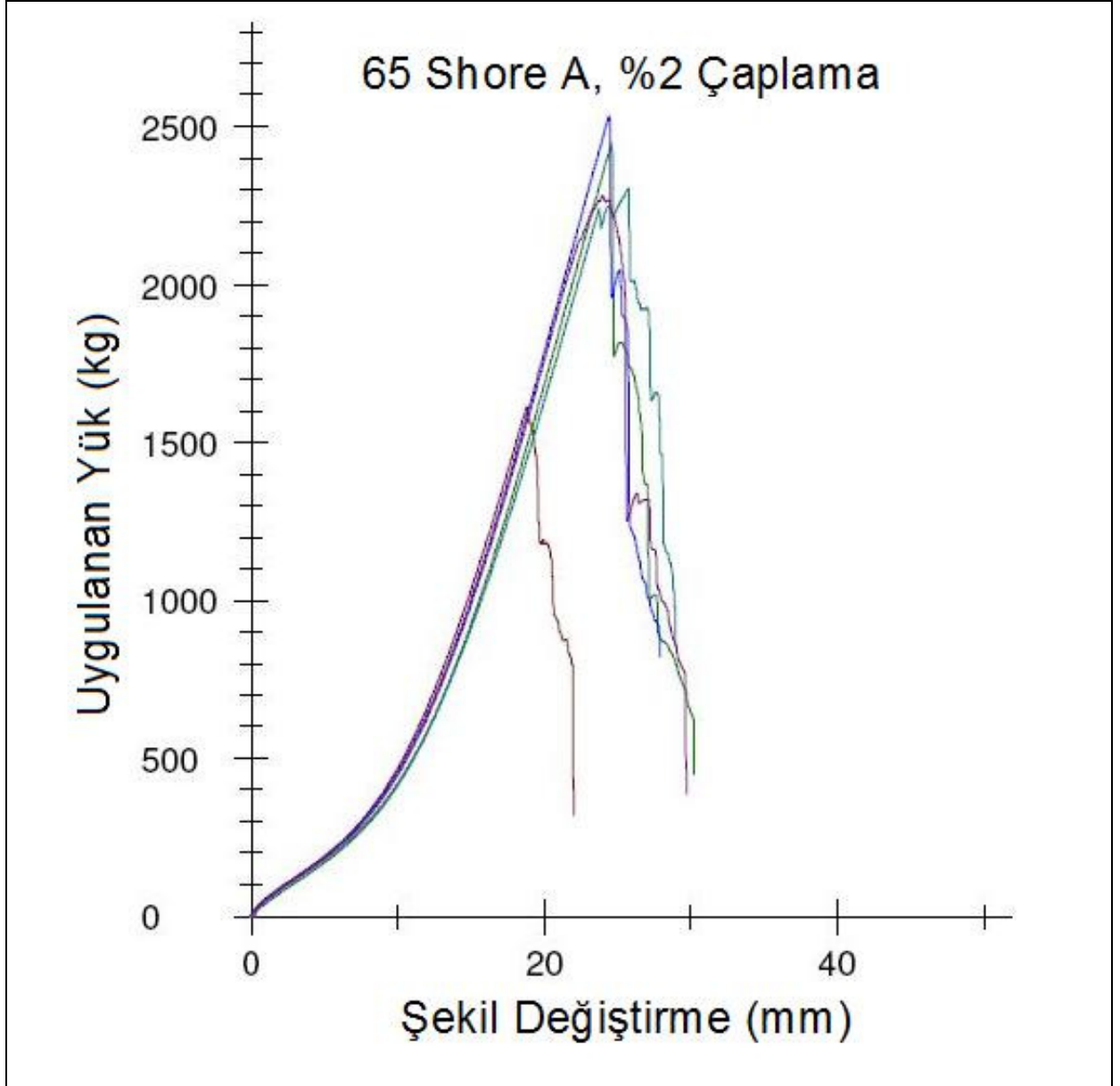


(e)

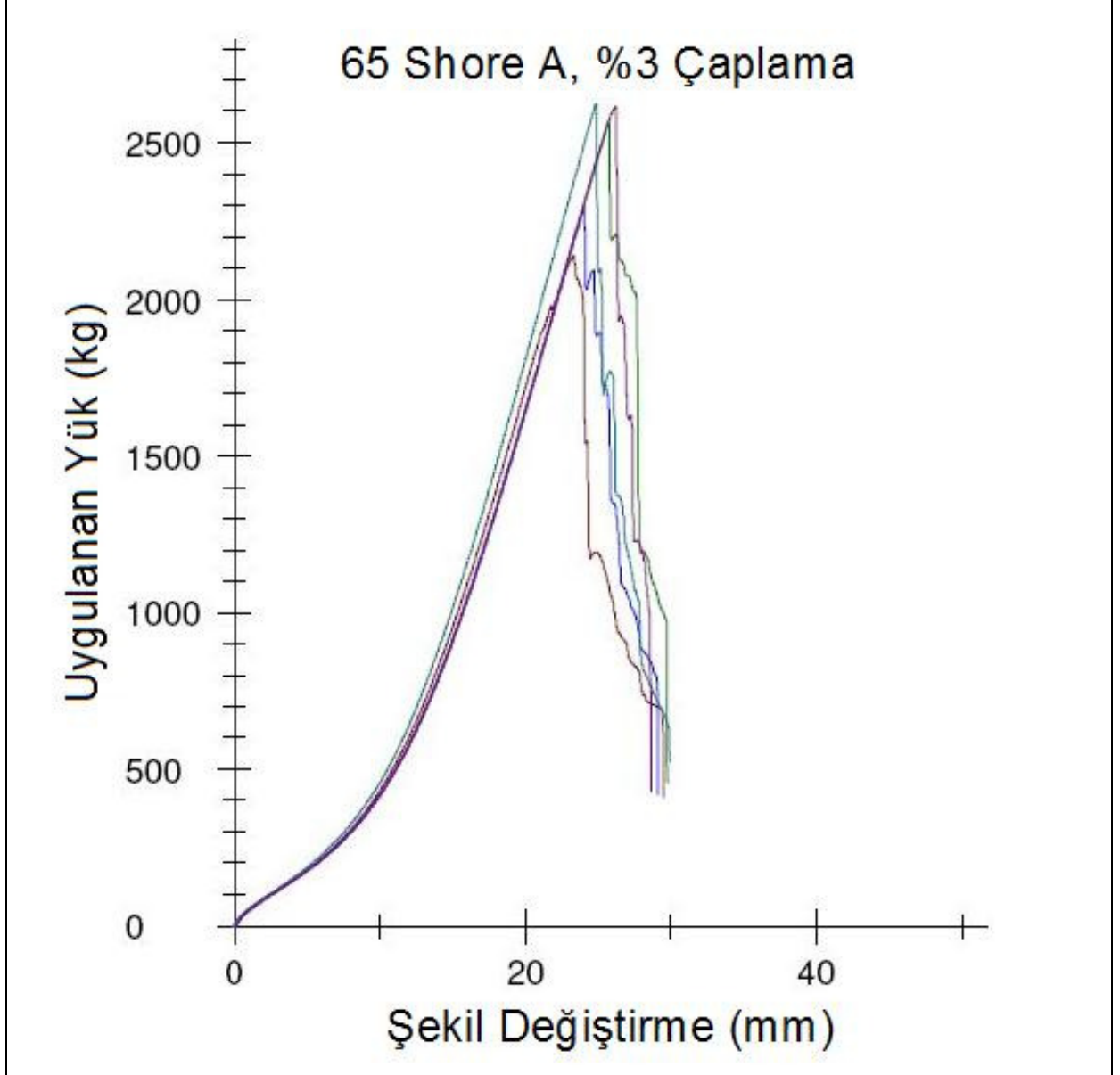
Şekil 4.3. 60 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama



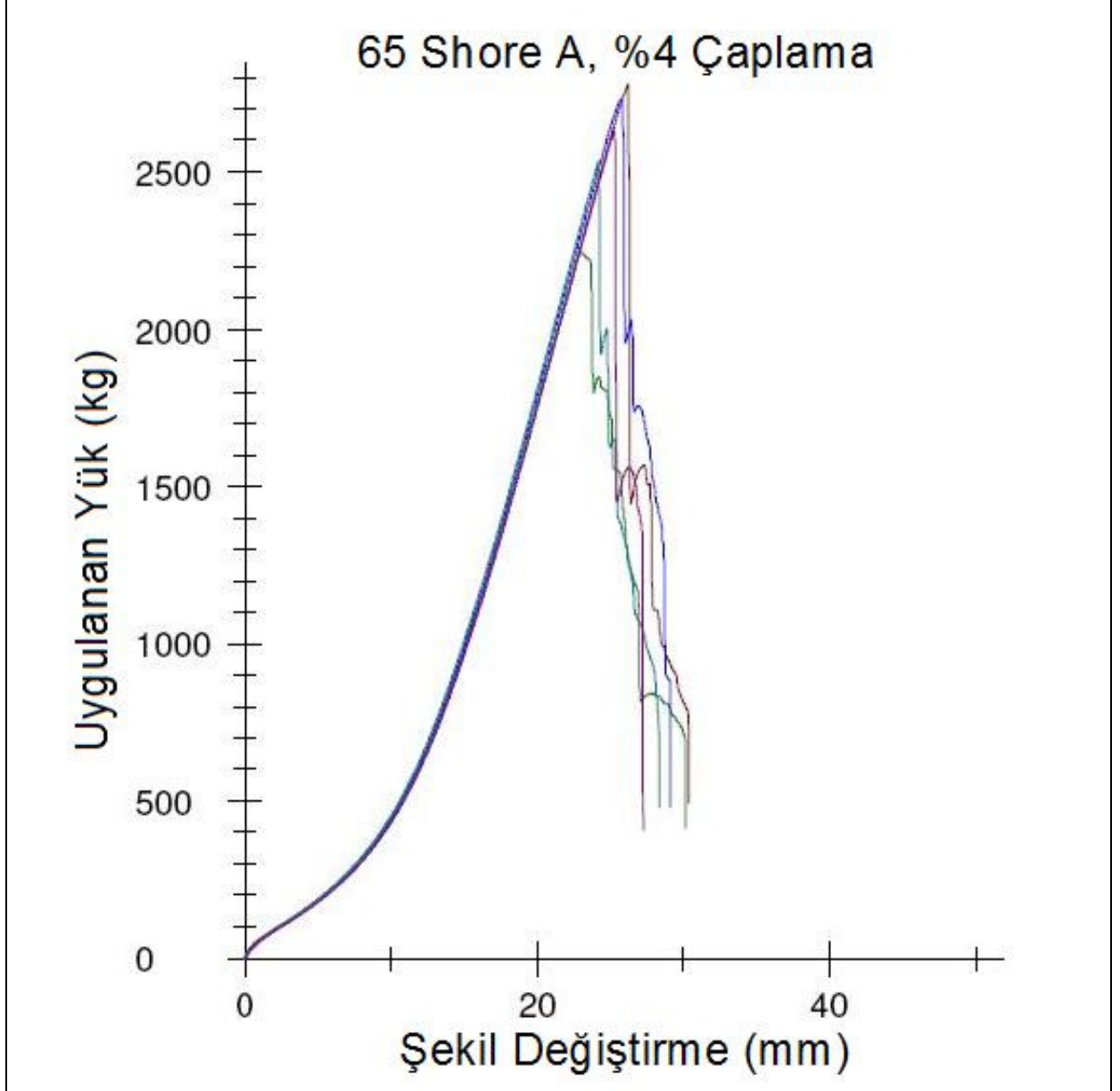
(a)



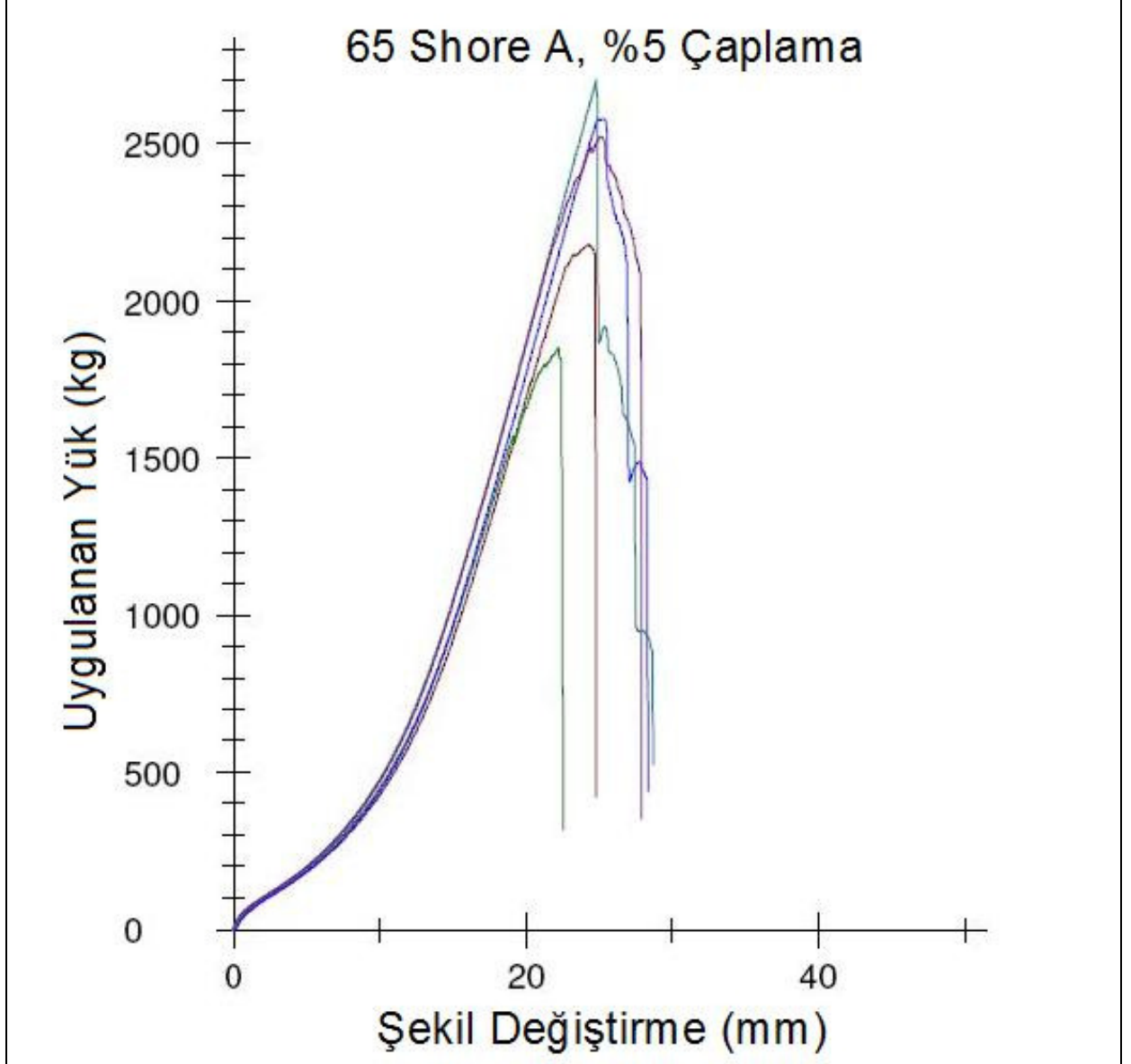
(b)



(c)

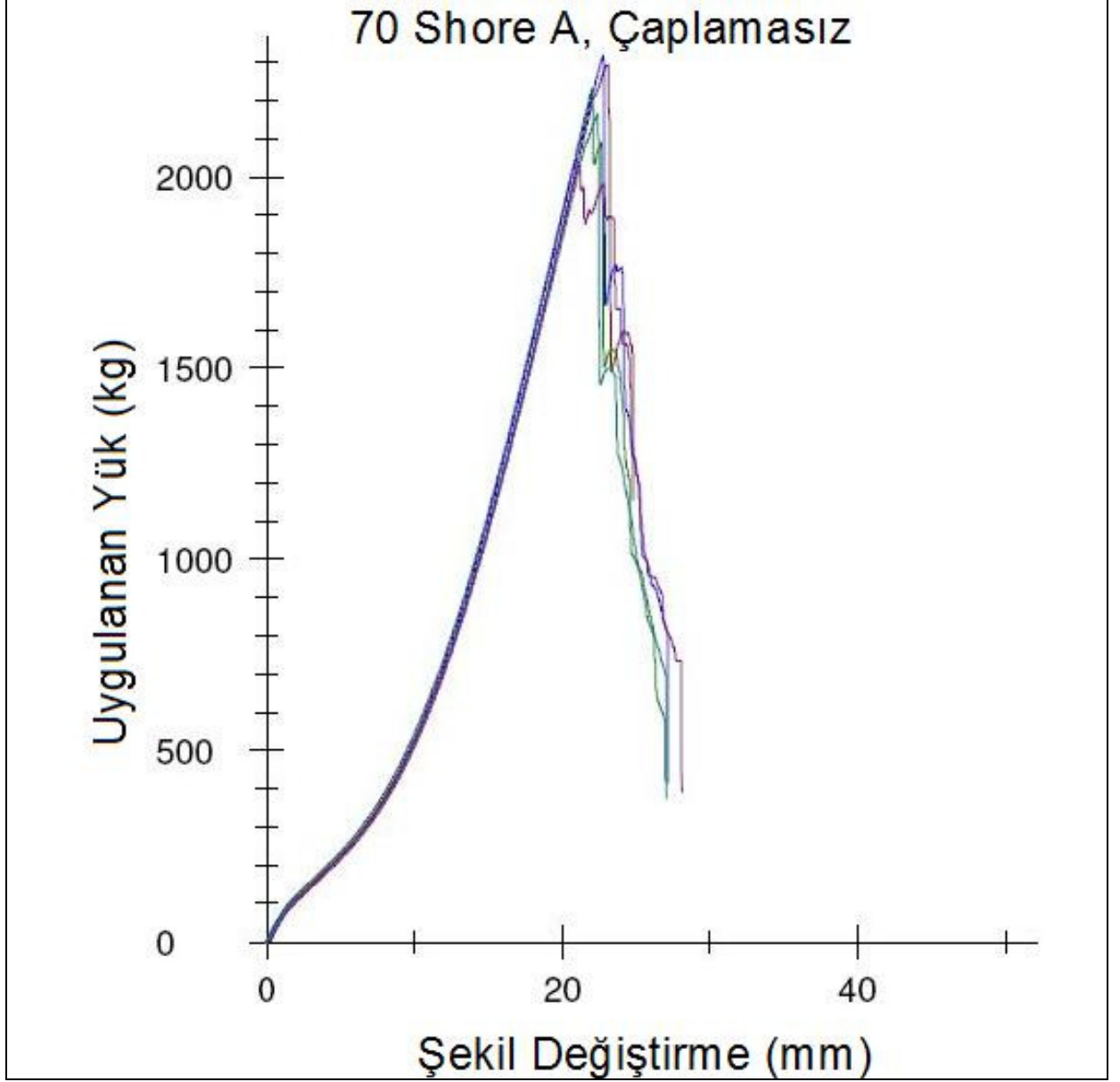


(d)

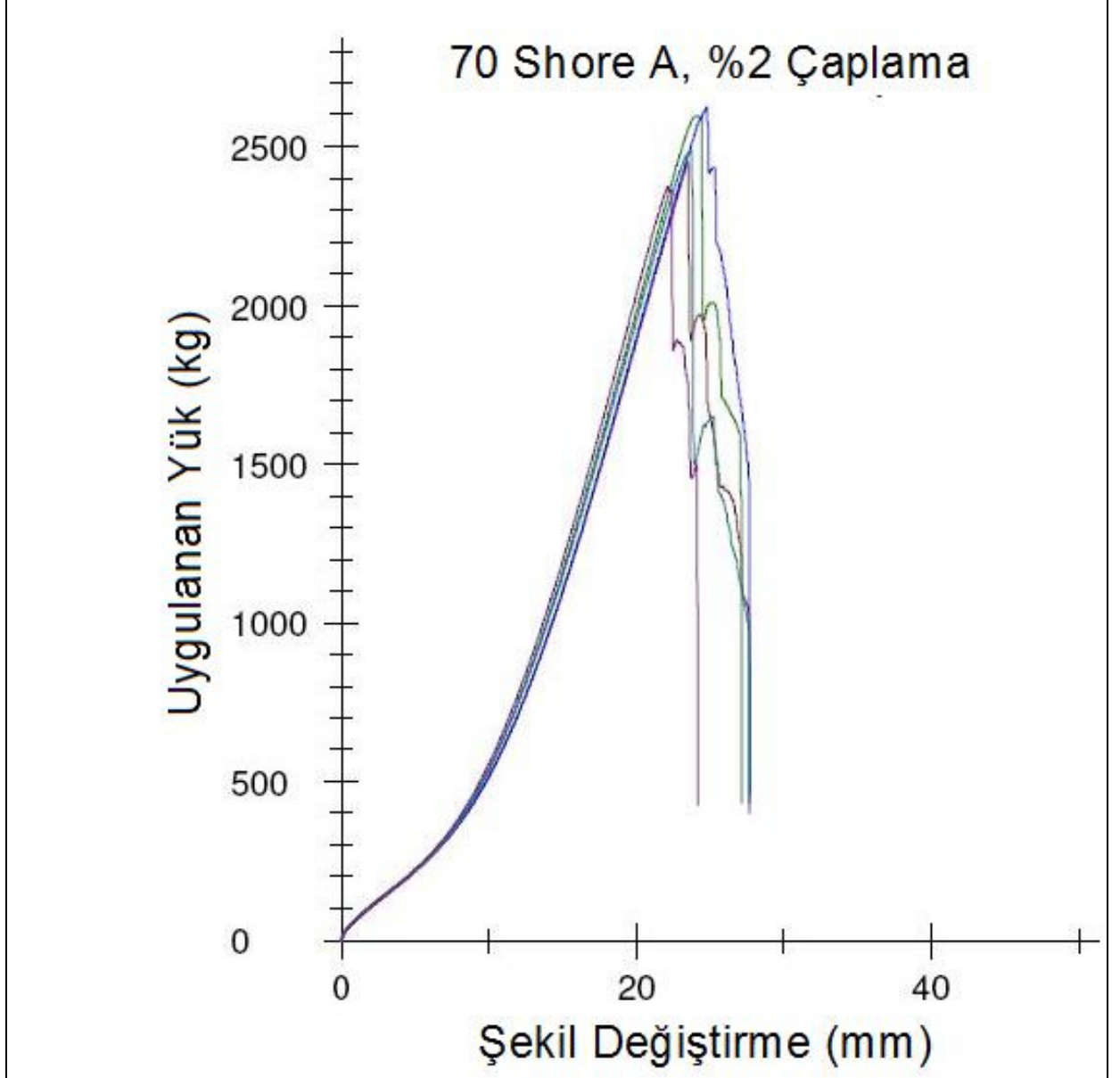


(e)

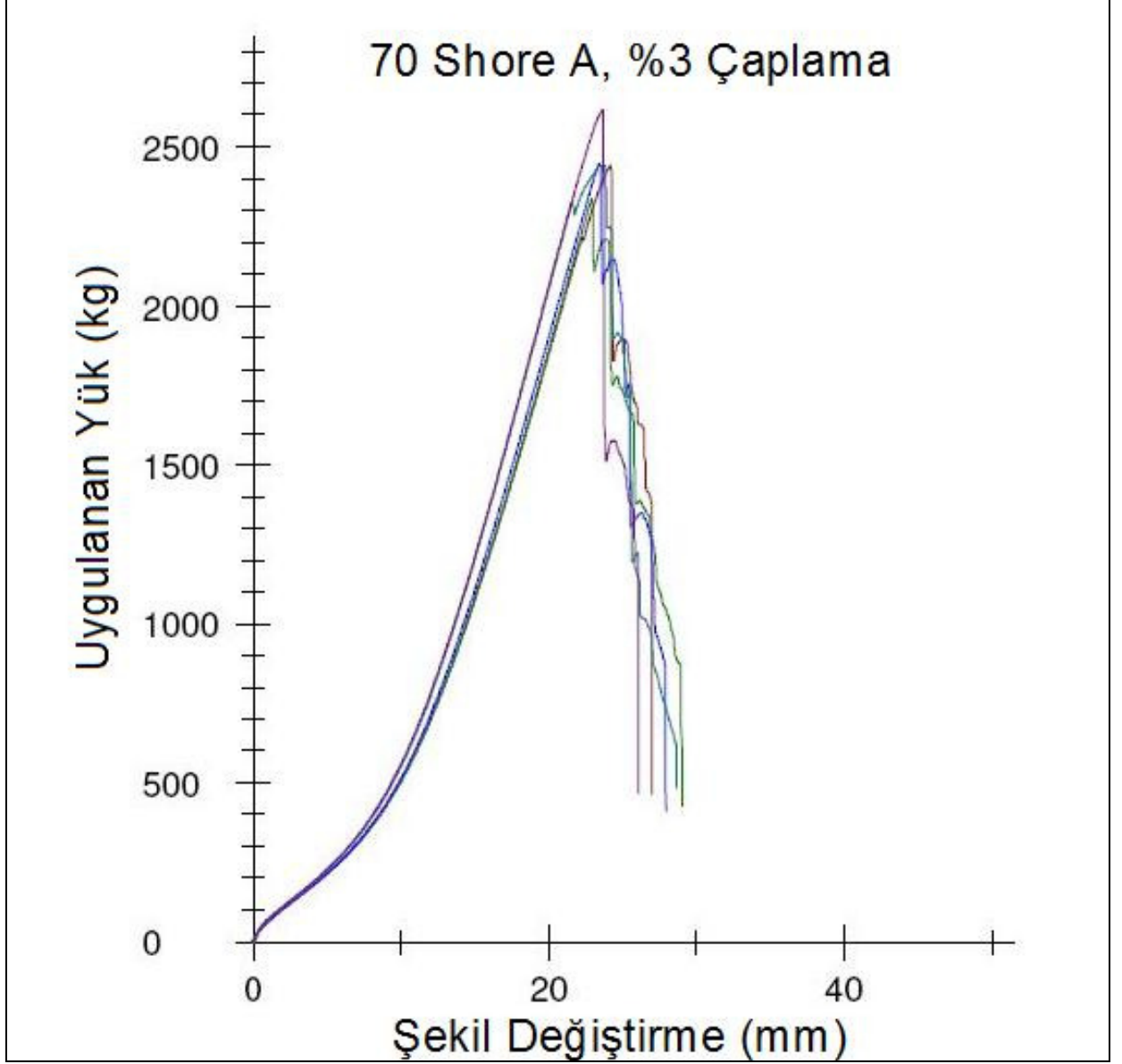
Şekil 4.4. 65 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama



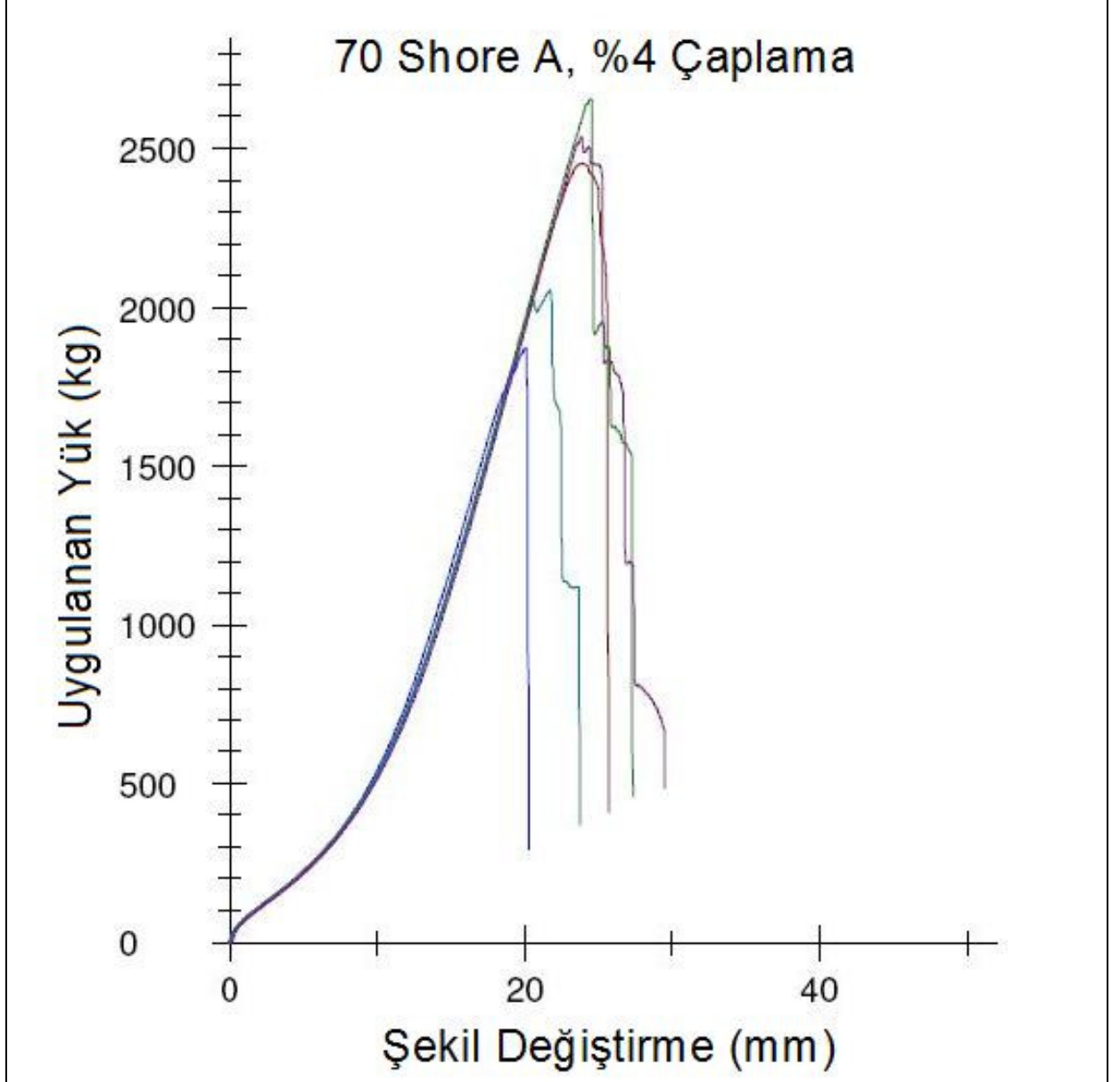
(a)



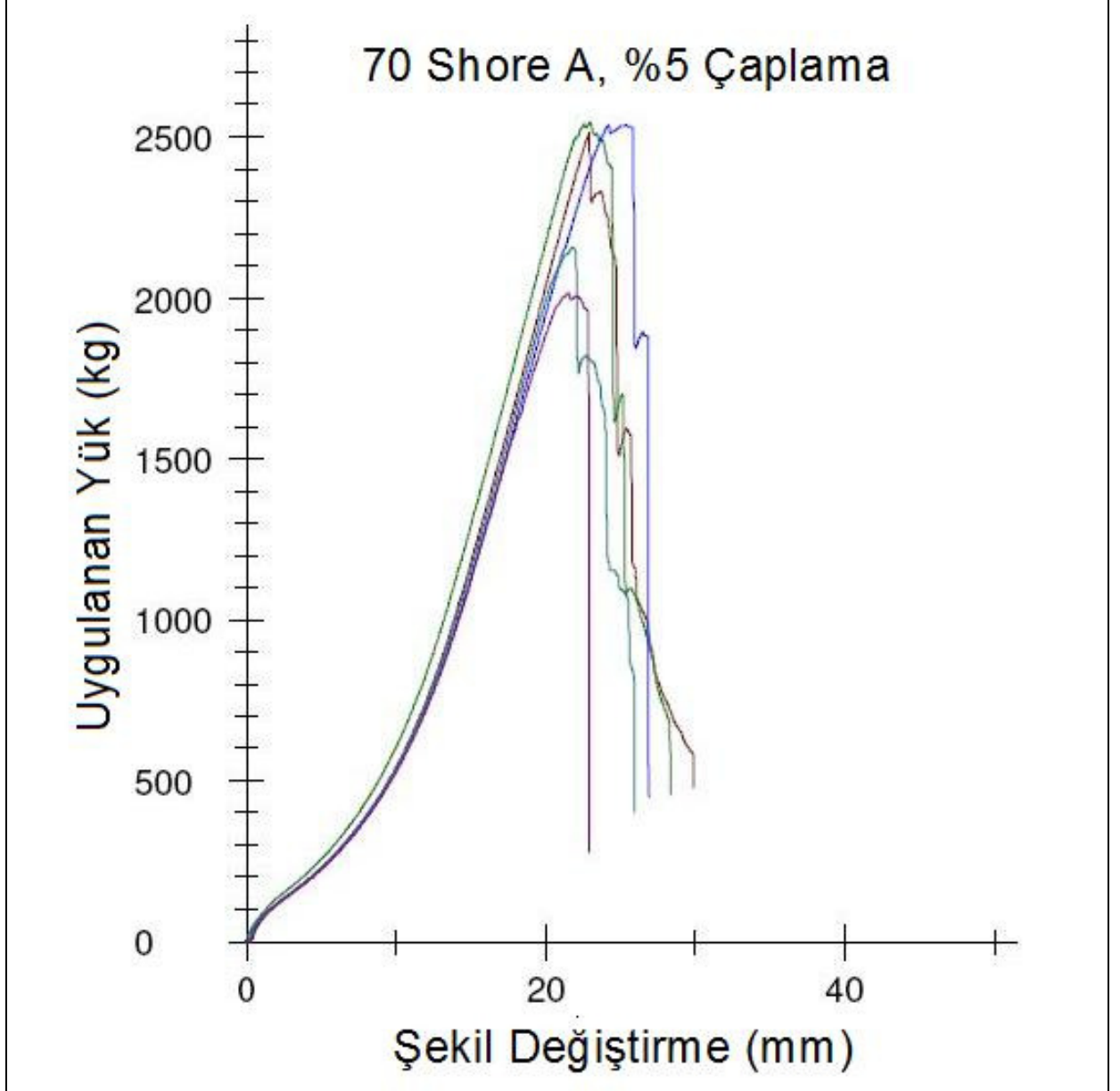
(b)



(c)



(d)



(e)

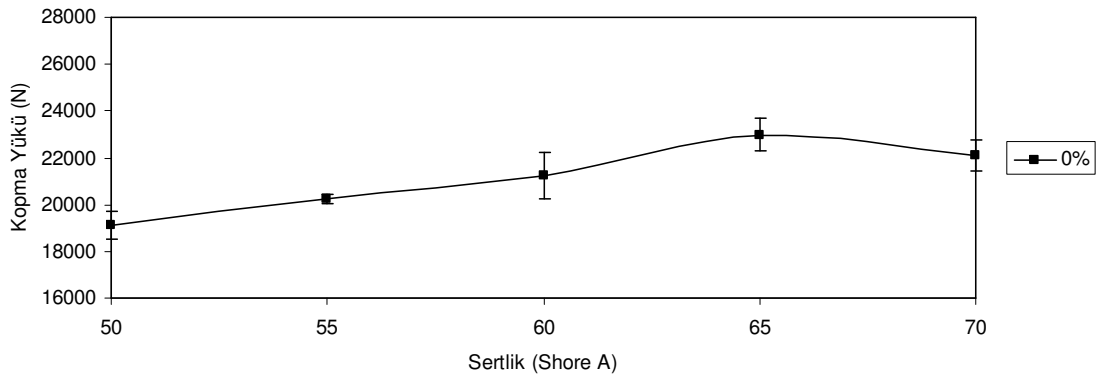
Şekil 4.5. 70 Shore A sertliğindeki kauçuğun kullanıldığı kauçuk-metal burç için kopma testi eğrileri (a) Çaplamasız, (b)-(e) sırasıyla %2, %3, %4 ve %5 Çaplama

Burçların hasar görüntüleri incelendiğinde genelde kopma şeklinin lastikten kopma şeklinde olduğu görülmektedir. Bu tarz kopmadan kastedilen kayma zorlaması sırasında kauçuğun kendi içinden koparak hasara uğramasıdır. Burç bağlantılarındaki hasarlarda kauçuğun metale yapışma yüzeyinden sıyrılarak kopması arzu edilmez. Ortalama kopma değerlerine karşılık gelen testler incelendiğinde kauçuğun kendi içerisinde koparak burçların hasara uğradığı gözlenmiştir (Şekil 4.6.). Bu durum; burç borularının fosfatlanması, Chemosil uygulaması, kauçuk kalıplama ve vulkanizasyon işlemlerinin başarılı bir şekilde uygulandığının göstergesidir.

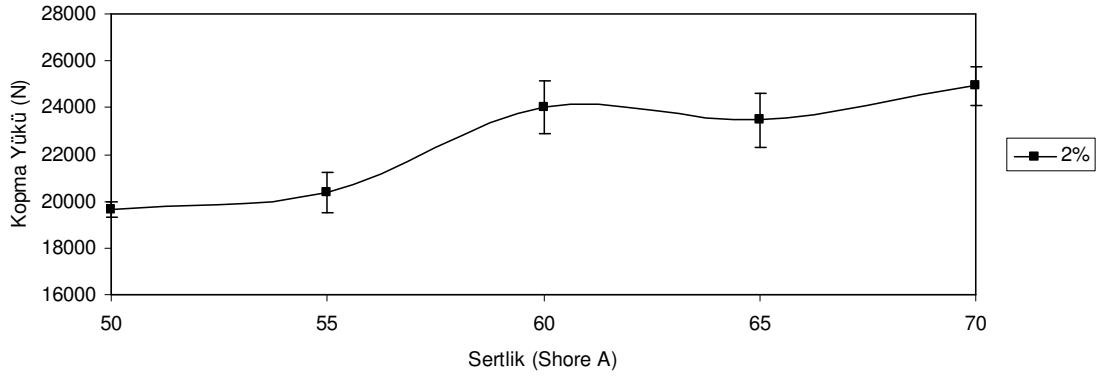


Şekil 4.6. Lastikten kopan kauçuk-metal burç

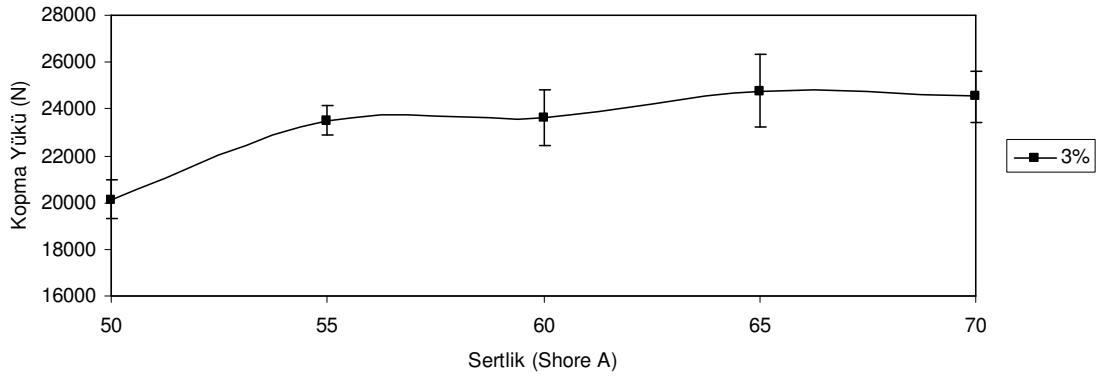
Kauçuk sertliği ve çaplama işleminin kauçuk-metal burç kopma yüküne etkisini gözlemlemek için Şekil 4.7. ve Şekil 4.8. çizilmiştir. Bu grafikler çizilirken her bir numune grubu için yapılan testlerin ortalaması alınmıştır. Ayrıca standart sapma değerleri de grafik üzerinde gösterilmiştir.



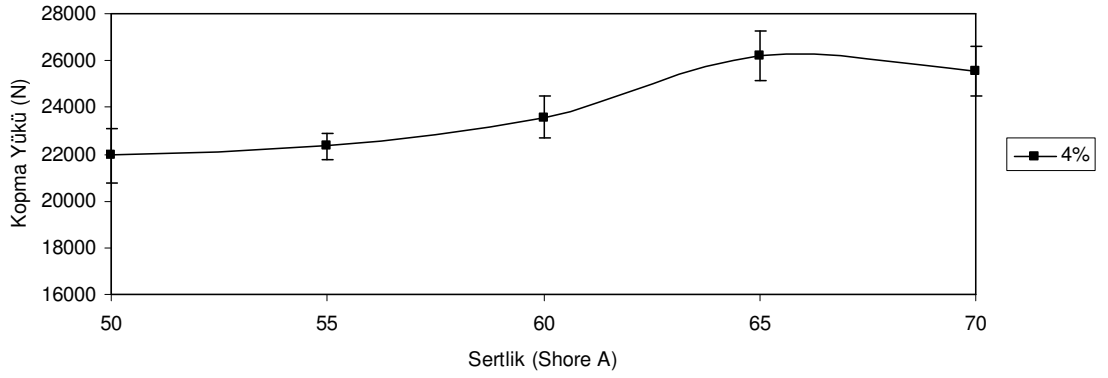
(a)



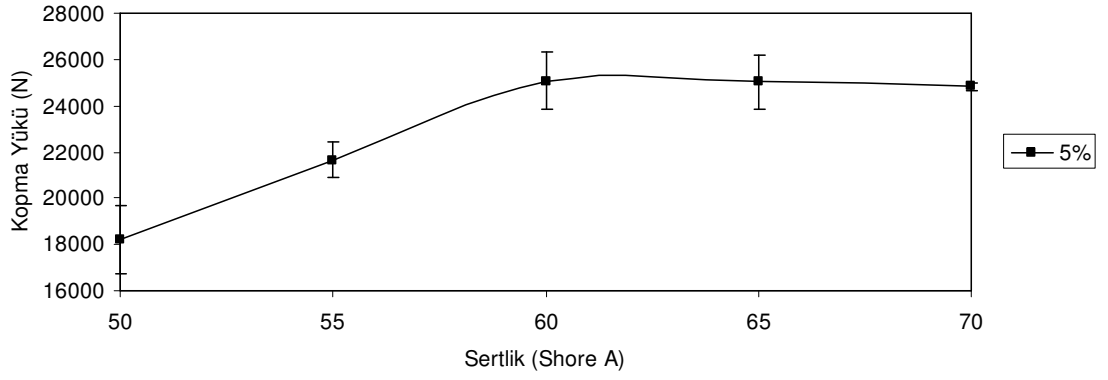
(b)



(c)



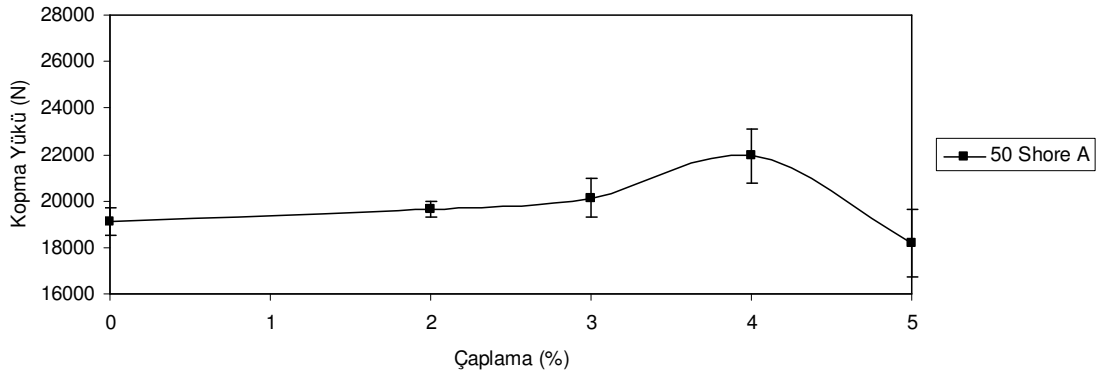
(d)



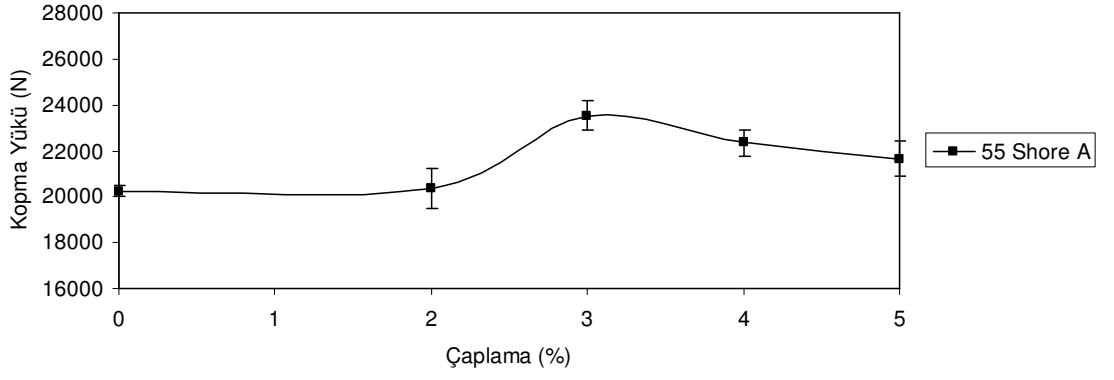
(e)

Şekil 4.7. Kauçuk sertliğinin kopma yüküne etkisi (a) Çaplamasız, (b) %2 Çaplama, (c) %3 Çaplama, (d) %4 Çaplama, (e) %5 Çaplama

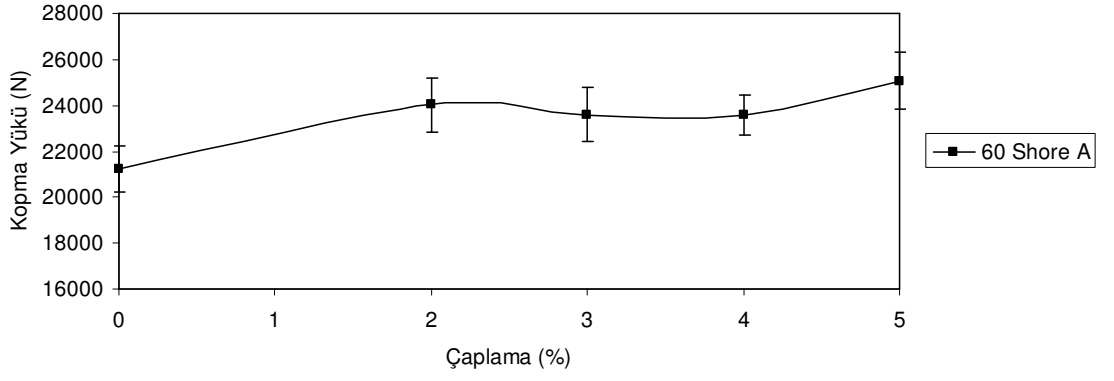
Şekil 4.7.'deki grafikler incelendiğinde kauçuk sertliğinin 50 Shore A değerinden 60 Shore A sertlik değerine çıkmasıyla kopma yüklerinde belirgin bir artış oluşurken 60 Shore A sertlik değerinden sonra burç kopma yüklerinde önemli bir değişikliğin meydana gelmediği söylenebilir.



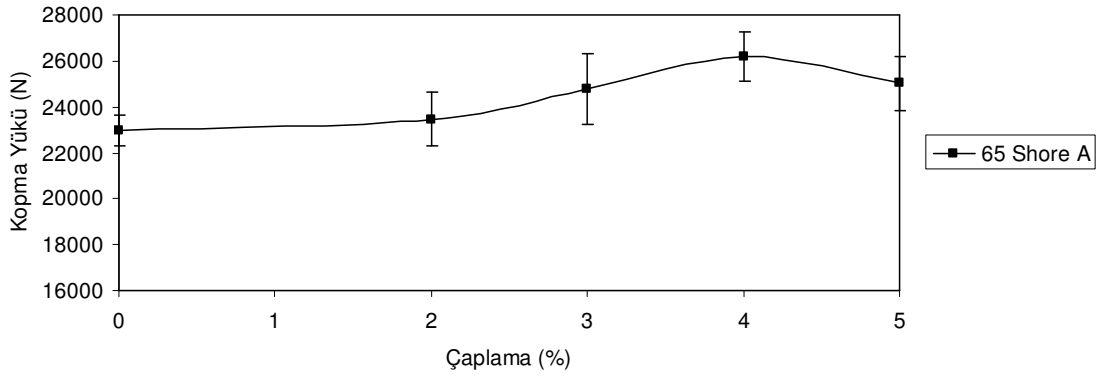
(a)



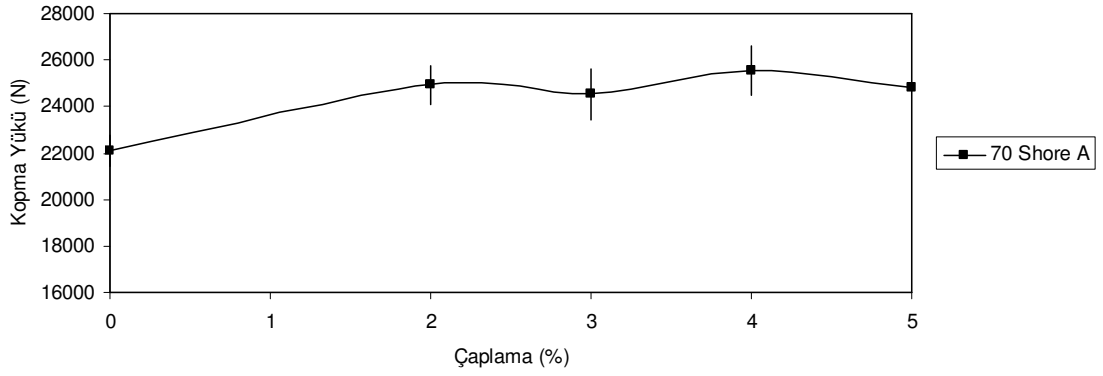
(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 4.7. Burç dış boru çaplama oranının kopma yüküne etkisi (a) – (e) Sırasıyla 50, 55, 60, 65 ve 70 Shore A sertliğindeki kauçuklar

Çaplama işleminin kopma yüküne etkisinin kullanılan kauçuğun sertliğine bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. 50 Shore A kauçuk sertliğindeki burçlarda %5 lik çaplama işleminin kopma yükünü düşürdüğü görülmektedir (Şekil 4.7.1.a). Genel olarak %3-%4'lük çaplama oranlarının kopma yükünün maksimum değerlerinin elde edilmesi bakımından en uygun çaplama oranları olduğu Şekil 4.7.'deki grafiklerden anlaşılmaktadır.

Her bir sertlik değeri için kopma yükünün maksimum değerlerinin hangi çaplama oranlarında elde edildiğine bakılacak olursa şu sonuçlar yazılabilir. 50 Shore A için kopma yükündeki artış oranı maksimum %14 olup bu değer %4 lük çaplama oranında elde edilmiştir. 55 Shore A için kopma yükündeki artış oranı maksimum %16 olup bu değer %3 lük çaplama oranında, 60 Shore A için kopma yükündeki artış oranı maksimum %18 olup bu değer %5 lik çaplama oranında, 65 Shore A için kopma yükündeki artış oranı maksimum %14 olup bu değer %4 lük çaplama oranında ve 70 Shore A sertlik değeri için kopma yükündeki artış oranı maksimum %16 olup bu değer %4 lük çaplama oranında elde edilmiştir. 50 Shore A kauçuk sertliği ve çaplama uygulanmamış burç için belirlenen kopma yükü 19 113 N iken 65 Shore A sertliğindeki burcun %4 oranındaki çaplama değeri için elde edilen bu değer 26 190 N olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu iki durum arasında kopma yükünün yaklaşık % 37 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bu artış oranlarının burçların tasarımında ve montaj işlemlerinde göz önünde bulundurulması önem teşkil etmektedir.

5. GENEL SONUÇLAR

Doğal kauçuğun sertliğinin ve burç dış boru çaplama oranının kauçuk-metal burç kopma dayanımına etkisinin incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- 1) Karışım formülasyonları değiştirilerek 50, 55, 60, 65 ve 70 Shore A sertliğindeki doğal kauçukların üretimi gerçekleştirilmiş, mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Sertlik değerlerindeki artışın daha ziyade karbon siyahı oranıyla sağlandığı görülmektedir. Kullanılan karbon siyahının (HAF N330) karışımdaki oranının 50 Shore A sertliğindeki kauçuğa nazaran yaklaşık 2,5 kat artmasıyla 70 Shore A sertlik değerindeki kauçuğun elde edildiği tespit edilmiştir.
- 2) Sertlik değerlerinin artmasıyla üretilen kauçuğun yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Bunun sebebi karışımdaki en fazla katkı miktarını oluşturan karbon siyahı oranının arttırılmasıdır.
- 3) Kauçuğun kopma mukavemeti ve yırtılma dayanımı değerlerinin kauçuk sertliğine bağlı olarak belirgin bir şekilde değişmediği görülmüştür.
- 4) Maksimum yüzde uzama değeri (%628) 55 Shore A sertlik değeri için elde edilmiştir.
- 5) Kauçuk-metal burçların kopma testlerinde, ortalama test değerlerinin olduğu numuneler için gözlenen kopma hasarı lastik içerisinden kopma şeklindedir.
- 6) Sertlik değerinin 50 Shore A değerinden 60 Shore A sertlik değerine çıkmasıyla kopma yüklerinde belirgin bir artış oluşmaktadır. 60 Shore A sertlik değerinden sonra burç kopma yüklerinde önemli bir değişikliğim meydana gelmediği söylenebilir.

- 7) Tüm testler göz önünde bulundurulursa 65 Shore A kauçuk sertliği ve %4 çaplama değeri için en yüksek kopma dayanımı (26 190 N) elde edilmiştir.
- 8) Kauçuk-metal burç kopma yükünün maksimum değerlerinin %3-%4'lük çaplama oranlarında elde edilmiştir.
- 9) Diğer lisans üstü tezler kapsamında üretilen kauçuk-metal burçların dinamik ve yorulma testlerinin yapılmasında fayda vardır. Ayrıca nümerik çalışmalarla ile deneysel test sonuçlarının doğrulanması durumunda farklı burçların tasarımı ve bu burçların çakma kuvveti gibi bağlantı şartlarının belirlenmesi yoluna gidilebilir.
- 10) Burçların tasarımı ve kullanımı esnasında sadece boyutların ve malzemelerin göz önünde bulundurulması yeterli değildir. Burçların monte edileceği bölgenin ölçüsü de göz önüne bulundurularak gerekli çaplama işlemleri de yapılmalıdır. Bu şekilde kopma yüklerinde artış kaydedilebilir. Kauçuk sektörü alanında burç imalatı yapan işletmelerin çaplama konusunda bilgi ve deneyimlerini arttırmaları ve bu alanda deneysel çalışmalara önem vermeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR

ADKINS J. E. and A. N. GENT. 1954. Load Deflection Relations of Rubber Bush Mountings. p.354-358.

ANNICELLI, R., BALODIS, R., BOYCE. W., COREAU, A., DAVIS, C., DVORNEK, J., DVORNEK, L., GIBBS, I., GORMAN, D., HOGAN, J., PRICE, R., SUPP, G., TAYLOR, W., WATERS, G., WILSON, W., 1990 . Vanderbilt Associates, Vanderbilt World Trade Corporation, Canada, 832 p.

ANNON J. 1965. Rubber Journal 11:64.

BETZ E. ve J. SPANIER. 1996. Spring and Daspot Models and Their Applications in The Study of The Dynamic Properties of Rubber, Mechanical and Chemical Engineering Transactions.

BHOWMICK, A. ve L.S.STEPHENS. 2001. Handbook of Elastomers, Canada, 120 p.

BRACKBILL C. R., LESIEUTRE G. A., SMITH E. C. ve L. E. RUHL. 2000. Characterization and Modelling Of The Low Strain Amplitude and Frequency Dependent Behaviour of Elastomeric Damper Materials. p.34-42.

BRUNI S. ve A. COLLINA. 2000. A Modelling of Viscoelastic Behaviour of Elastomeric Components: An Application to The Simulation of Train-Track Interaction.

BRYDSON J. 1970. Plastic and Rubber World 318:12.

CAMPION P. R., ELLUL D. M., FINNEY A. N., GENT R. G., HAMED R. G., HERTZ L. D., JAMES O. F., LAKE J. G., MILLER S. T., SCOTT W. K., SHERIDAN G. J., SOMMER G. J., STEVENSON A., SUEYASU T., THOMAZ G. A., WANG C., YEOH H. O., 2001. Engineering with Rubber , In: A. N. Gent (Editor), How to Design Rubber Components, Munich , 365 p.

CHO,D.1997.Polymer Journal, 29(9), 705 p.

COTTON F. H. 1940. Annual Reporting Programme of Rubber Technology 4:137.

COVENEY V. A., JOHNSON D. E. and D. M. TURNER. 1995. A Tribolastic Model for The Cyclic Behaviour of Filled Vulcanizates. p.660-670.

COX D. R. 1969. Rubber Journal, 4:49.

CUMMING A. P. C.1967.Rubber Journal 12:33.

DUNLOP Co. LTD. 1967. Rubber Journal. 11:60.

DURMUS A., ÜLKÜ S.,GÜDEN M. ve Otnar F. Ö. 2005. Kauçuk Metal yapışma Mukavemetinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10:1.

FRASER D. F. Ve J. V. HENDRICK. 1944. Rubber Age. p.277.

FREAKLEY P. K. ve A. R. PAYNE. 1978. Theory and Practise of Engineering with Rubber, Applied Science Publishers, London.

GARDNER H. M. 1969. Injection Molding of Elastomers W. S. PEN (Editör), Applied Science Publisers, Barking.

GENT A. N. 1992. Engineering with Rubber, Hanser Publishers,Munich.

GERSTENMAIER J. H. Ve F. J. FETTER. 1953. India Rubber World, Mechanical Engineering, 128:761.

GÖBEL E. F. 1974. Rubber Spring Design, Newnes-Butterworths, London.

GREGORY C. H. ve J. F. O'MAHONEY. 1966. Rubber Journal, 10:104.

GREGORY M. J. 1985. Dynamic Properties of Rubber in Automotive Engineering. p.19-24.

HESSNEY G. C. 1958. Rubber Age 83 :825.

HILL J. M. 1975. Radical Deflections of Rubber Bush mountings of Finite Lengths.. Interscience Publishers, New York, p.407-422.

JOHNSON, P.S., 2001. Rubber Processing. Hanser Publishers, Munich, 145 p.

JURGELEIT H. F. 1958. Rubber Age 5:763.

KALISKE M. and H. ROTHERT. 1998. Constitutive Approach to Rate-Independent Properties Of Filled Elastomers. P.2057-271.

Kalibre Boru Teknik Kataloğu, 2006, Kalibre Boru Sanayi ve Ticaret A.Ş., Kocaeli.

KARI L. 2002. Dynamic Stiffness Matrix of a Long Rubber Bush Mounting ,

KHAIRI, N. 1993. Rubber as Engineering Material. Hanser Publisers, Munich, Vienna, New York, Barcelona, 15-16 p.

KNOTHE K. L. ve S. L. GRASSIE. 1993. Modelling of Railway Track and Vehicle Interaction at High Frequencies. P.209-262.

KRAUS G. 1984. Mechanical Losses in Carbon Black Filled Rubbers. Journal for Application of Polymer Science. p.75-92.

LINDLEY P. B. 1992. Engineering Design with Natural Rubber, The Malaysian Rubber Producer's Research Assosiation, Brickendonbury, Malezya.

LION A. 2005. Phenomenological Modelling of Strain Induced Structural Changes In Filler Reinforced Elastomers, *Kautschuk Gummi Kunststoff*. p.157-162.

LODHIA B. B. ve I. I. ESAT. 1996. Vibration Simulation of Systems Incorporating Linear Viscoelastic Mounts Using Prony Series Formulation, ASME, Engineering System Design and Analysis Conference p.171-176.

MACBETH G. 1960. *British Petrol Journal* Article 832698.

MACHT L. M., PAINE H. W. ve W. E. RAHM. 1941. *Industrial Engineering Chemistry* 33:563.

MEDALIA, A. I. 1978. Effects of Carbon Black on Dynamic Properties of Rubber. Cabot Corporation, Pennsylvania. 437-523 p.

MORMAN K. N. and T. Y. PAN. 1988. Application of Finite-Element Analysis in The Design of Automotive Elastomeric Components. p.503-533.

OLSSON A. K. ve P. E. AUSTRELL. 2001. A Fitting Procedure for a ViscoelasticElastoplastic Material Model. Second European Conference on Constitutive Models for Rubber. p.747-770.

PAYNE A. R. ve J. R. SCOTT. 1960. *Engineering Design with Rubber*.

PAYNE A. R., and R. E. WHITTAKER. 1971. Low Strain Dynamic Properties of Filled Rubbers. p.440-478.

ULMER J. D. 1998. Strain Dependence of Dynamical Mechanical Properties of Carbon Black Filled Rubber Compounds. *Rubber Chemical Technologies*. p.637-667.

WÜCHER R. 1960. *British Petrol Journal* article 831192-3.

ZEPPERNIK F. 1964. *Kautschuk Gummi* 4:200.

ÖZGEÇMİŞ

Ragıp Evren Özgün 1975 Çanakkale doğumludur. Hazırlık sınıfını İzmir Fatih Kolejinde, ilk ve orta öğrenimini 1994'de Çanakkale'de tamamladı. 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olarak Makine Mühendisi unvanını aldı. 2007 yılından beri WOCO Polymer Systems San. ve Tic. A.Ş. firmasında Genel Müdür pozisyonunda çalışmaktadır. Halen Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans çalışmasına devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımnda yakın ilgi ve desteğini gördüğüm danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sedat ÜLKÜ'ye, tezin bir çok aşamasında üstün yardım ve katkıları bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali DURMUŞ 'a teşekkürlerimi sunarım.

Deneyisel çalıőmalarım sırasında emeği geçen tüm Bayrak Plastik firması yetkililerine başta firma sahibi Zekeriya BAYRAK olmak üzere teşekkür ederim.

Çalıőmalarım sırasında bilgi ve deneyimini benden esirgemeyen WOCO firması personeline teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana maddi manevi desteğini esirgemeyen aileme ve eşime sonsuz teşekkür ederim.