



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KOMPOZİT YAMA İLE YAPIŞTIRILARAK
YAMANMIŞ ELİPTİK DELİKLİ
ALÜMİNYUM PLAKALARIN EĞME
DAVRANIŞINA ETKİSİNİN SAYISAL
İNCELENMESİ**

Yasemen KARAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2017
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Yasemen KARAMAN tarafından hazırlanan “Kompozit Yama ile Yapıştırılarak Yamanmış Eliptik Delikli Alüminyum Plakaların Eğme Davranışına Etkisinin Sayısal İncelenmesi” adlı tez çalışması 09/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ

.....

Üye

Doç. Dr. Hamit ADİN

.....

Üye

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin DENİZ

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Bahattin İŞCAN
FBE Müdür Vekili

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Yasemen KARAMAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOMPOZİT YAMA İLE YAPIŞTIRILARAK YAMANMIŞ ELİPTİK DELİKLİ ALÜMİNYUM PLAKALARIN EĞME DAVRANIŞINA ETKİSİNİN SAYISAL İNCELENMESİ

Yasemen KARAMAN

**Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Hamit ADİN

2017, 249 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ

Doç. Dr. Hamit ADİN

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Emin DENİZ

Uzay, havacılık ve otomotiv sanayinde oluşan malzeme hasarlarında özellikle küçük çaplı hasarlarda tüm malzemeyi değiştirmek yerine maliyet, işçilik, zaman gibi sebeplerden dolayı hasarın tamiratına başvurulur. Malzemede oluşan hasarlı bölgeye yapacağımız tamirat yöntemlerinden biri de kompozit malzeme kullanılarak çift taraflı yapıştırma bağlantıları oluşturmaktır.

Bu çalışmada eliptik delikli AA-5083 alüminyum levhaların çift taraflı bindirme bağlantısının eğme yükü altındaki davranışları nümerik olarak hesaplanmıştır. Bindirme bağlantısı olarak cam elyaf takviyeli kompozit malzeme kullanılmıştır. Bağlantılar DP460 yapıştırıcı malzemesi kullanılarak oluşturulmuştur. Nümerik analizler için sonlu elemanlar analiz programı olan ANSYS 14,5 kullanılmıştır. Bu analizde bindirme uzunluğu(H), elips büyük yarıçapı(R), elips küçük yarıçapı(r) değişimlerinin eğme davranışına etkisi incelenmiştir. Her numune için hasar yükleri bulunmuştur. σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} , τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{xz} gerilme dağılımları incelenmiş ve grafiklerle gösterilmiştir. Yamalı ve yamasız numuneler karşılaştırıldığında yamalı numunelerin daha fazla yük taşıdığı görülmüştür. Yama uzunluğu arttıkça yapışma yüzeyi arttığı için numunelerin mukavemeti artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bindirme Bağlantıları, Gerilme Dağılımları, Kompozit, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Yapıştırıcılar.

ABSTRACT

MS THESIS

NUMERICAL INVESTIGATION OF EFFECT OF BENDING BEHAVIOUR ON ALUMINIUM PLATES WITH ELLIPTICAL HOLES PATCHED BY STICKING A COMPOSITE PATCHES

Yasemen KARAMAN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / IN MECHANICAL
ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hamit ADİN

2017, 249 Pages

Jury

Prof. Dr. Şemsettin TEMİZ

Assoc. Prof. Dr. Hamit ADİN

Asst. Prof. Dr. Mehmet Emin DENİZ

As in the case of material damages in space, aviation and automotive industry, especially in minor damages, repairing is applied instead of replacing all material due to many reasons such as cost, labour and time. One of the repair methods we will apply to the damaged piece of material is double sided bounding using composite material.

In this study, the behaviours of double sided lap joints of AA-5083 plates with elliptical holes under bending loads were numerically calculated. Fiberglass reinforced composite material was used as the lap joint. Connections were carried out using DP460 adhesive material. The finite analysis program ANSYS 14.5 was used for numerical analyses. In these analyses, the effect of lap length (H), ellipse large radius (R), ellipse small radius (r) changes on bending behaviour was investigated. Damage loads were found for each sample. The stress distributions of σ_x , σ_y , σ_z , σ_{eqv} , τ_{xy} , τ_{yz} , τ_{xz} were investigated and shown in graphics. When patched and unpatched samples were compared, it was found out that patched samples could carry more loads. As the patch length increased, strength of the samples also increased due to the increase in the adhesion surface.

Key Words: Double-Sided Lap Joints, Stress Distributions, Composite, Finite Element Method, Adhesives.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamın planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçlandırılmasında engin bilgi, tecrübe ve yönlendirmeleriyle çok değerli katkılarda bulunan hiçbir zaman benden yardımını esirgemeyen danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Hamit ADİN' e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam sürecinde sayısal çalışmaların yürütülmesinde yardımcı olan Arş. Gör. Raşit Koray ERGÜN' e ve maddi, manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Yasemen KARAMAN
BATMAN-2017

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
TABLolar LİSTESİ	xxvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Kompozit Malzemeler	3
1.1.1 Kompozit malzemelerin avantajları.....	3
1.1.2 Kompozit malzemelerin dezavantajları	4
1.2 Kompozit Malzeme Türleri	4
1.2.1 Polimer kompozitler	4
1.2.2 Metal kompozitler.....	5
1.2.3 Seramik kompozitler.....	5
1.3 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması	5
1.3.1 Elyafli kompozitler	5
1.3.2 Parçacıklı kompozitler	6
1.3.3 Tabakalı kompozitler	6
1.3.4 Karma (Hibrit) kompozitler	6
2. YAPIŞMA VE YAPIŞTIRICILAR.....	7
2.2 Yapışma	7
2.2.1 Adhezyon.....	7
2.2.2 Kohezyon.....	9
2.2.3 Islanabilirlik.....	10
2.3 Yapıştırıcı ile Birleştirme Şekilleri	11

2.4 Yapıştırıcı Bağlantılarında Karşılaşılan Gerilmeler	13
2.5 Yapıştırma Bağlantılarının Diğer Çözümeyen Bağlantılarla Karşılaştırılması .	16
2.5.1 Perçin Bağlantıları	16
2.5.2 Kaynak Bağlantıları	16
2.5.3 Lehim Bağlantıları	17
2.5.4 Vida ve Cıvata ile Yapılan Bağlantıları	17
2.5.5 Sıkı Geçme Bağlantıları.....	17
3. ALÜMİNYUM VE ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI	18
3.1 Alüminyumun Genel Özellikleri	18
3.2 Alüminyumun Kullanımları.....	19
3.3 Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarının Kaynağı	19
4. SONLU ELEMENLAR METODU.....	20
4.1 Ansys	21
4.2 Maksimum Biçim Değiştirme Enerjisi (von mises)	22
5. MATERYAL VE METOD	23
5.1 Nümerik Çalışma	23
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	29
6.1 Sayısal Sonuçlar.....	29
6.1.1 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	29
6.1.2 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	33
6.1.3 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	36

6.1.4 Yamasız, elips Büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	40
6.1.5 Yamasız, elips Büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	43
6.1.6 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	46
6.1.7 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r =5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	50
6.1.8 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r =5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	54
6.1.10 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r =5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	60
6.1.11 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r =5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	64
6.1.12 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r =5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	67
6.1.13 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r =5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	70
6.1.14 Çift tarafı $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r =5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	74

6.1.15 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	77
6.1.16 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	80
6.1.17 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	84
6.1.18 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	87
6.1.19 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	90
6.1.20 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	93
5.Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması	97
6.1.21 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	100
6.1.22 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	104
6.1.23 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	107

6.1.24 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	110
6.1.25 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	113
6.1.26 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	116
6.1.27 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	119
6.1.28 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	123
6.1.29 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	126
6.1.30 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	129
6.1.31 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	132
6.1.32 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	136
6.1.33 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	139

6.1.34 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	142
6.1.35 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	146
6.1.36 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	149
6.1.37 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	152
6.1.38 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	156
6.1.39 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	159
6.1.40 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	162
6.1.41 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	166
6.1.42 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	169
6.1.42 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	173

6.1.43 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	176
6.1.44 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	179
6.1.45 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	182
6.1.46 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	186
6.1.47 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması	189
6.1.48 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması	193
6.1.49 Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması	196
6.1.50 Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması	200
6.1.51 Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması	203

6.1.52 Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	207
6.1.53 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	210
6.1.54 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması.....	214
7. DEĞERLENDİRME	218
8. KAYNAKLAR	220
ÖZGEÇMİŞ	222

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

- D : Elips büyük çap
- d : Elips küçük çap
- E_x : X yönündeki elastisite modülü
- E_y : Y yönündeki elastisite modülü
- E_z : Z yönündeki elastisite modülü
- G_{xy} : XY düzlemindeki kayma modülü
- G_{xz} : XZ düzlemindeki kayma modülü
- G_{yz} : YZ düzlemindeki kayma modülü
- ν_{xy} : XY düzlemindeki poisson oranı
- ν_{xz} : XZ düzlemindeki poisson oranı
- ν_{yz} : YZ düzlemindeki poisson oranı
- R : Elips büyük yarıçap
- r : Elips küçük yarıçap
- W : Yama genişliği
- H : Yama yüksekliği
- Θ : AB hattı boyunca açı
- L : BC hattı boyunca 1 birimlik mesafe
- σ_x : X eksenindeki gerilmeler
- σ_y : Y eksenindeki gerilmeler
- σ_z : Z eksenindeki gerilmeler
- τ_{xy} : XY düzlemindeki kayma gerilmeleri
- τ_{xz} : XZ düzlemindeki kayma gerilmeleri
- σ_{eqv} : Eş değer gerilmeler

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Kompozit malzemenin temel şekli.....	3
Şekil 2.1 Yapıştırma ek yerindeki kuvvetler.....	8
Şekil 2.2 Islanabilirlik testi. a) Yapıştırma yüzey hazırlığı yetersiz b) Yapıştırma yüzey hazırlığı yeterli.....	10
Şekil 2.3 Yaygın olarak kullanılan bağlantı şekilleri.....	12
Şekil 2.4 Tek tesirli bindirme bağlantısının şekil değiştirmeden önce ve şekil değiştirdikten sonraki görünümü.....	12
Şekil 2.5 Yüklenmiş haldeki tek tesirli bindirme bağlantısının deforme olmuş hali ve kayma gerilmesi dağılımı. (a) Rijit malzeme, (b) Elastik malzeme.....	14
Şekil 2.6 Yüklenmiş haldeki çift tesirli bindirme bağlantısında ve yapıştırıcıda oluşan gerilmeler.....	14
Şekil 2.7 En yaygın yük tipleri ve bindirme bölgesindeki gerilme dağılımları.....	15
Şekil 5.1 AA-5083 gerilme-şekil değiştirme davranışı.....	24
Şekil 5.2 DP-460 gerilme-şekil değiştirme davranışı.....	24
Şekil 5.3 Eğme Yüküne Maruz Bırakılmış Sonlu Elemana Bölünmüş ve Sınır Şartları Uygulanmış Model (a. Yamasız, b. Yamalı).....	25
Şekil 5.4 ANSYS ile modellenmiş AA-5083 alüminyum alaşımı boyutları (a) ve yama boyutları (b).....	26
Şekil 5.5 Sonlu Elemanlar Analizi İçin Kullanılan Eleman Tipi (Solid 185).....	26
Şekil 5.6 $R=10,5$ mm, $r=5,5$ mm yarıçap değerlerine sahip yamasız ve 32 mm yama uzunluğuna sahip yamalı numunelerin von-Mises gerilme dağılımı (a. Yamasız, b. Yamalı).....	28
Şekil 6.1 Nümerik analizde incelenen yörüngeler.....	29
Şekil 6.2 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	31
Şekil 6.3 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	32
Şekil 6.4 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	34

Şekil 6.5 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	36
Şekil 6.6 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	38
Şekil 6.7 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	39
Şekil 6.8 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	41
Şekil 6.9 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	43
Şekil 6.10 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	45
Şekil 6.11 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	46
Şekil 6.12 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	48
Şekil 6.13 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	49
Şekil 6.14 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r = 5,5$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	51
Şekil 6.15 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r = 5,5$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	53
Şekil 6.16 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r = 5,5$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	55

Şekil 6.17 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	56
Şekil 6.18 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	58
Şekil 6.19 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	59
Şekil 6.20 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	61
Şekil 6.21 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	63
Şekil 6.22 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	65
Şekil 6.23 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	66
Şekil 6.24 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	68
Şekil 6.25 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	70
Şekil 6.26 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	72
Şekil 6.27 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	73
Şekil 6.28 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	75

Şekil 6.29 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	76
Şekil 6.30 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	78
Şekil 6.31 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	80
Şekil 6.32 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	82
Şekil 6.33 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	83
Şekil 6.34 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	85
Şekil 6.35 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	87
Şekil 6.36 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	89
Şekil 6.37 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	90
Şekil 6.38 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	92
Şekil 6.39 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	93
Şekil 6.40 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	95

Şekil 6.41 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	96
Şekil 6.42 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikler.....	98
Şekil 6.43 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	100
Şekil 6.44 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	102
Şekil 6.45 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	103
Şekil 6.46 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	105
Şekil 6.47 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	106
Şekil 6.48 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	108
Şekil 6.49 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	110
Şekil 6.50 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	112
Şekil 6.51 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	113
Şekil 6.52 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	115

Şekil 6.53 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	116
Şekil 6.54 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	118
Şekil 6.55 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	119
Şekil 6.56 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	121
Şekil 6.57 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	122
Şekil 6.58 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	124
Şekil 6.59 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	126
Şekil 6.60 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	128
Şekil 6.61 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	129
Şekil 6.62 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	131
Şekil 6.63 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	132
Şekil 6.64 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R =12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	134

Şekil 6.65 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	135
Şekil 6.66 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	137
Şekil 6.67 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	139
Şekil 6.68 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	141
Şekil 6.69 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	142
Şekil 6.70 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	144
Şekil 6.71 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	145
Şekil 6.72 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	147
Şekil 6.73 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	149
Şekil 6.74 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	151
Şekil 6.75 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	152
Şekil 6.76 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	154

Şekil 6.77 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	155
Şekil 6.78 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	157
Şekil 6.79 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	159
Şekil 6.80 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	161
Şekil 6.81 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	162
Şekil 6.82 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	164
Şekil 6.83 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	165
Şekil 6.84 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	167
Şekil 6.85 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	169
Şekil 6.86 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	171
Şekil 6.87 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	172
Şekil 6.88 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	174

Şekil 6.89 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	175
Şekil 6.90 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	177
Şekil 6.91 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	179
Şekil 6.92 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	181
Şekil 6.93 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	182
Şekil 6.94 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	184
Şekil 6.95 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	185
Şekil 6.96 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri.....	187
Şekil 6.97 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri.....	189
Şekil 6.98 Elips delikli yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları.....	191
Şekil 6.99 Elips delikli yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları.....	192
Şekil 6.100 Elips delikli yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları.....	194

Şekil 6.101 Elips delikli yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları.....196

Şekil 6.102 Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları.....198

Şekil 6.103 Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları.....199

Şekil 6.104 Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları.....201

Şekil 6.105 Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları.....203

Şekil 6.106 Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları.....205

Şekil 6.107 Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları.....206

Şekil 6.108 Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları.....208

Şekil 6.109 Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları.....210

Şekil 6.110 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları.....212

Şekil 6.111 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları.....213

Şekil 6.112 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları.....215

Şekil 6.113 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları.....217

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 5.1 Malzeme Özellikleri.....	23
Tablo 5.2 Sayısal Analiz Numune Boyutları.....	26
Tablo 5.3 Numunelerin Sayısal Hasar Yükleri.....	28

1. GİRİŞ

Günümüzde endüstride bazı malzeme ve parçalar hasara uğradığında yenilemek yerine zaman, maliyet vs. sebeplerden dolayı tamirine başvurulur. Yapılan tamiratın minimum zamanda ve minimum maliyette gerçekleşmesi hedeflenir ve tamirat yöntemi seçilirken avantaj ve dezavantajları dikkate alınmalıdır. Örneğin birleştirme, çatlak ve yırtık tamirleri göz önünde bulundurulursa malzeme cinsine, ağırlığına ve kalınlığına göre yapıştırma, kaynak veya perçin bağlantıları kullanılabilir. Kimi zaman ise hasara uğramış malzemeleri tamir etmek imkansız olur ve sadece hasarı yavaşlatabilmek için tamirata ihtiyaç duyarız. Özellikle meydana gelen hasar uzay, havacılık ve otomotiv gibi sektörlerde olup kompozit malzemeler kullanılacaksa genellikle yapıştırma bağlantıları kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı yapıştırma bağlantıları ve yapıştırıcılar üzerinde yoğunlaşmış olup bu konuda teorik ve deneysel çalışmalar çok fazladır.

Apalak yaptığı çalışmada çift destekli dik açılı T-bağlantısının gerilme ve direngenlik analizlerini gerçekleştirmiştir. Bağlantı sabit ve esnek zeminler için üç farklı yükleme ile yapıştırıcı tabakasında olan gerilme dağılımlarını araştırmıştır. Gerilme dağılım sonuçlarına bakıldığında çift destekli T-bağlantısında destek uzunluğu arttıkça bütün yükleme durumlarında yapıştırıcı tabakasında oluşan gerilme dağılımlarında azalmaların görüldüğü ve bağlantı direngenliğinin arttığını gözlemlemiştir (Apalak, 1995).

Genç yapmış olduğu çalışmada yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek yönlü tabakalı kompozit tek bindirme bağlantılarının çekme ve eğme yükleri altında bindirme bölgesi civarında ilk hasar oluşumu ve bu hasarın gelişimini incelemiştir. Deneysel sonuçları teorik analizler ile karşılaştırmıştır. Hasar analizinde, bağlantıların ilk hasarının tüm testlerde plakaların yapıştırıcı serbest uçları boyunca başladığını ve teorik tahminlere bağlı olarak ya yapıştırıcı içinden ya da plaka içinden geliştiğini gözlemlemiştir. Ayrıca, hasar analizinde malzeme özelliğini düşürme modelinde kompozit plakaların mekanik özelliklerinin aniden düşürülmesi ve yapıştırıcı ile kompozit plakaların lineer elastik kabul edilmesi nedeniyle teorikte tahmin edilen kopma yükleri test sonuçlarındaki kopma yüklerinden düşük çıktığını görmüştür (Genç, 2005).

Adin yapıştırıcı ile birleştirilmiş ters Z tipi kompozit malzeme bağlantılarının mekanik analizini deneysel ve sayısal olarak yapmıştır. Yapıştırıcı olarak Flexo Tix ve Atlac 580 olmak üzere iki farklı yapıştırıcı kullanmış olup Nümerik sonuçlar ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların uygun oldu görülmüştür. Tez sonucunda yapışma alanı arttıkça bağlantı mukavemetinin arttığı gözlemlenmiştir (Adin, 2007).

Akpınar gerçekleştirdiği yüksek lisans tezinde kaymaya maruz yapıştırıcıların mekanik özelliklerini incelemiştir. Bunun için öncelikle, yapıştırıcılardan bulk ve bağlantı numuneleri hazırlamış, hazırladığı bulk numunelerin gerilme-şekil değiştirme özelliklerini çekme deneyinden elde etmiş ve bağlantı numunelerin kayma yüküne maruz mekanik özelliklerini de deneysel olarak elde etmiştir. Daha sonra, bulk numunelerden elde edilen gerilme-şekil değiştirme özelliklerini kullanarak non-lineer sonlu eleman yöntemiyle bağlantı numunelerin kayma gerilmesi kayma şekil değişimi özelliklerini elde etmiş daha sonra deneysel olarak elde ettiği özelliklerle karşılaştırmış ve uyumlu olduğu gözlemiştir (Akpınar, 2008).

S. Mall ve D.S. Conley yapmış oldukları çalışmada kompozit yamalar kullanarak metalik panellerin çatlaklarını yapıştırma ile yamamış ve çatlakların büyümelerini tahmin etmek için iki boyutlu sonlu eleman metodu oluşturmuşlardır. Farklı kalınlıklardaki çatlak hasarı olan alüminyum plakaları yamalı ve yamasız olmak üzere iki tip numune ile yorulma analizlerini gerçekleştirmişler. Levhaların yorulma ömürlerinde önemli derecede artış olduğunu görmüşlerdir (S. Mall ve D.S. Conley, 2009).

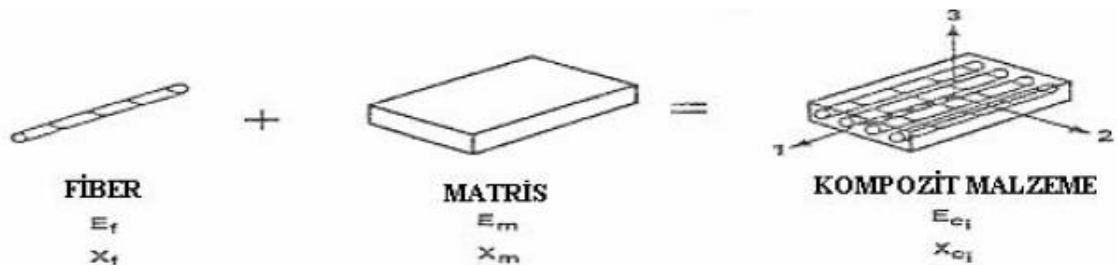
Çitil gerçekleştirmiş olduğu yüksek lisans tezinde yapıştırıcı ile birleştirilmiş çift taraflı bindirme bağlantıları oluşturulmuş bindirme noktasında yama parçaları kullanmış yamalar gömülü ve yamalar dışarda olmak üzere iki farklı numune kullanmış olup çift taraflı yapıştırma bağlantılarının deneysel ve nümerik olarak gerilme analizini yaparak mekanik davranışlarını incelemiştir. Elde ettiği sonuçlarda yapıştırılan malzemenin alın altına yapıştırılmasının, parça ve kapak kalınlığının ve bindirme uzunluğunun hasar yükü ve gerilme dağılımı üzerine önemli etkileri olduğunu görmüştür. Bağlantı tipinde bindirme uzunluğunun hasar yüküne etkisinin az olduğunu fakat yama kalınlıklarının etkisinin çok olduğunu gözlemiştir (Çitil, 2012).

Ergün yapmış olduğu yüksek lisans tezinde eliptik delikli AA-5083 alüminyum levhalar ve cam elyaf takviyeli kompozit yamalardan, DP460 yapıştırıcı malzemesi kullanılarak çift taraflı bindirme bağlantıları oluşturmuştur. Çekme yüküne maruz bırakarak hasar yüklerini ve gerilme davranışlarını, deneysel ve nümerik olarak incelenmiştir. Nümerik hasar yükleri ile deneysel hasar yüklerini karşılaştırmış ve %92 oranında yakınsama gözlemlemiştir. Yama boyutu arttıkça yapıştırılan alan da artmış ve bağlantı mukavemetinin arttığı görülmüştür (Ergün, 2014).

Kurtkan gerçekleştirdiği çalışmada tek “L” tipi bağlantıların çekme yükü altındaki davranışları sayısal ve deneysel olarak araştırmıştır. Bağlantılar alüminyum ve çelik olmak üzere iki farklı perçin ve 3M 2216 marka epoksi bazlı yapıştırıcı ile gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak tüm modeller için en mukavemetli numunelerin 20 mm bindirme mesafesine sahip numuneler olduğu görmüş ve çelik perçinli modeller alüminyum perçinli olanlara göre daha yüksek mukavemete sahip olduğunu gözlemlemiştir (Kurtkan, 2016).

1.1 Kompozit Malzemeler

Birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacıyla bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzeme sistemine kompozit malzeme denir. Cam elyafly polyester levhalar, çelik donatılı beton elemanlar, otomobil lastikleri ve seramik metal karışımı olan sermentler bunlara örnektir (Ünal, 2017).



Şekil 1.1 Kompozit malzemenin temel şekli

1.1.1 Kompozit malzemelerin avantajları

- Çatlak ilerlemesi olayı minimize edilmiştir.
- Titreşimleri absorbe edilme özelliği sağlanmıştır.
- Kompozitlerden bazıları çok yüksek akma sınırı (akma gerilmesi) değerlerine sahiptir.
- Korozyon problemi yoktur. Bunda matris ve malzemenin uygun seçilmesinin önemi büyüktür. Aksi takdirde birbirleri ile temasta bulunan malzemeler pil oluşturacak ve galvanik korozyona neden olacaktır.
- Kopma uzaması metallere göre daha yüksektir.
- Yorulma dirençleri oldukça yüksektir.
- Düşük ağırlığa sahiptirler.

1.1.2 Kompozit malzemelerin dezavantajları

- Metallere yapışmazlar.
- Fırınlamadan (pişirmeden) kullanılamazlar.
- Değişik doğrultuda değişik mekanik özelliklere sahiptir. Aynı kompozit malzemeler için çekme, basma, kesme, eğilme mukavemet değerleri farklı farklıdır. Elyaf doğrultusundaki elastik modülü, elyafa dik doğrultudaki elastik modülünden daha büyüktür.
- Üretimi nispeten pahalıdır.
- Nem ve hava zerrecikleri, kompozitlerin mekanik ve yorulma özelliklerini olumsuz yönde etkiler.
- Delik delme ve kesme türü işlemler liflerde açılmaya yol açmaktadır.

1.2 Kompozit Malzeme Türleri

1.2.1 Polimer kompozitler

Liflerle pekiştirilmiş polimer kompozitler endüstride çok geniş kullanma alanına sahiptir. Pekiştirici olarak cam, karbon kevlar ve boron lifleri kullanılır. Polimer kompozitlerde kullanılan en önemli bağlayıcı malzeme polyeester ve epoksidir. Pekiştirici liflerin miktarı arttıkça kompozitin mukavemeti yükselir. Polimer kompozitlerin en önemli özellikleri yüksek özgül mukavemet(mukavemet/özgül ağırlık)

ve özgül elastisite modülüdür. Kompozitler bu özelliklerden dolayı diğer malzemelere üstün durumundadırlar.

1.2.2 Metal kompozitler

Bir metalik fazın bazı takviye malzemeleri ile eritme vakum emdirme, sıcak presleme ve difüzyon kaynağı gibi ileri teknikler uygulanarak elde edilirler. Metal Kompozitler daha çok uzay ve havacılık alanlarında, mesela uzay teleskobu, platform taşıyıcı parçalar, uzay haberleşme cihazlarının reflektör ve destek parçaları gibi yerlerde kullanılır.

1.2.3 Seramik kompozitler

Bu amaçla yapısal ve fonksiyonel nitelikli yüksek teknoloji seramikleri kullanılmaktadır. Başlıcaları Al_2O_3 , SiC, Si_3N_4 , B_4C , CbN, TiC, TiB, TiN, AlN' dir. Bu bileşikler değişik yapılarda olup amaca göre bir ya da bir kaç bir arada kullanılarak seramik kompozitler elde edilir. Sandviç zırhlar, çeşitli askeri amaçlı parçalar imali ile uzay araçları bu ürünlerin başlıca kullanım yerleridir (Ünal, 2017).

1.3 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Yapılarında çok sayıda farklı malzeme kullanılabilen kompozitlerin gruplandırılmasında kesin sınırlar çizmek mümkün olmamakla birlikte, yapıdaki malzemelerin formuna göre bir sınıflama yapmak mümkündür.

1.3.1 Elyafli kompozitler

Bu kompozit tipi ince elyafların matris yapıda yer almasıyla meydana gelmiştir. Elyafların matris içindeki yerleşimi kompozit yapının mukavemetini etkileyen önemli bir unsurdur. Uzun elyafların matris içinde birbirlerine paralel şekilde yerleştirilmeleri ile elyaflar doğrultusunda yüksek mukavemet sağlanırken, elyaflara dik doğrultuda yerleştikleri zaman oldukça düşük mukavemet elde edilir. İki boyutlu yerleştirilmiş elyaf takviyelerle her iki yönde de eşit mukavemet sağlanırken, matris yapısında homojen dağılmış kısa elyaflarla ise izotrop bir yapı oluşturmak mümkündür. Elyafların

mukavemeti kompozit yapının mukavemeti açısından çok önemlidir. Ayrıca, elyafların uzunluk/çap oranı arttıkça matris tarafından elyaflara iletilen yük miktarı artmaktadır. Elyaf yapının hatasız olması da mukavemet açısından çok önemlidir.

1.3.2 Parçacıklı kompozitler

Bir matris malzeme içinde başka bir malzemenin parçacıklar halinde bulunması ile elde edilirler. İzotrop yapılardır yani tüm yönlerde aynı malzeme davranışı gösterirler. Yapının mukavemeti parçacıkların sertliğine bağlıdır. Partikül ve matris birbiri içinde çözülmez (makro bağlantı). En yaygın tip plastik matris içinde yer alan metal parçacıklardır. Metal parçacıklar ısı ve elektriksel iletkenlik sağlar. Metal matris içinde seramik parçacıklar içeren yapıların, sertlikleri ve sıcaklık dayanımları yüksektir. Uçakların motor parçalarının üretiminde tercih edilmektedirler.

1.3.3 Tabakalı kompozitler

Tabakalı kompozitler en eski ve en yaygın kullanım alanına sahip kompozit tipidir. Farklı elyaf yönlenmelerine sahip tabakaların bileşimi ile çok yüksek mukavemet değerleri elde edilir. Isıya ve neme dayanıklı yapılardır. Metallere göre hafif ve aynı zamanda mukavemetli olmaları nedeniyle tercih edilirler. Sürekli elyaf taviyeli tabakalı kompozitler uçak yapılarında, kanat ve kuyruk grubunda yüzey kaplama malzemesi olarak çok yaygın bir kullanıma sahiptirler.

1.3.4 Karma (Hibrit) kompozitler

Aynı kompozit yapıda iki ya da daha fazla elyaf çeşidinin bulunması olasıdır. Bu tip kompozitlere hibrit kompozitler denir. Bu alan yeni tip kompozitlerin geliştirilmesine uygun bir alandır. Örneğin, kevlar ucuz ve tok bir elyaftır ancak basma mukavemeti düşüktür. Grafit ise düşük tokluğa sahip, pahalı fakat iyi basma mukavemeti olan bir elyaftır. Bu iki elyafın kompozit yapısında hibrit kompozitin tokluğu grafit kompozitden iyi maliyeti düşük ve basma mukavemeti de kevlar elyafı kompozitten daha yüksektir (Öztürk, 2004).

2. YAPIŞMA VE YAPIŞTIRICILAR

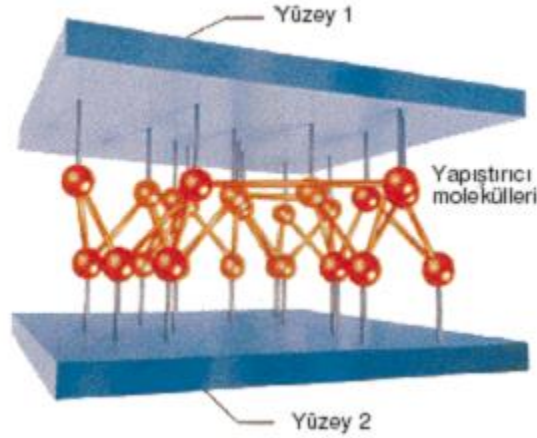
İkinci Dünya Savaşından günümüze dek, kimya sanayinde büyük gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak, plastiklerde de aynı hızda gelişmeler olmuş, değişik tür ve çeşitte plastikler üretilmiş, demir, seramik, cam, ağaç, kâğıt, deri ve tekstil gibi malzemelerin yerine plastikler kullanılmaya başlamıştır. Plastiklerin yapışkanlık özellikleri dikkate alınarak, yapıştırıcılar üretilmiş ve bu konuda da büyük ilerlemeler sağlanmıştır (Kaya, 2004).

2.2 Yapışma

Yapışma, yapıştırıcı ile yapıştırılan malzeme arasında meydana gelen adhezyon ve yapıştırıcının kendi içinde meydana gelen kohezyon kuvvetleri sonucunda oluşan fiziksel ve kimyasal bir olaydır. Yapışma olayını tam olarak anlayabilmek için adhezyon ve kohezyon kuvvetlerini daha iyi anlamak gerekir.

2.2.1 Adhezyon

“Adhezyon” iki maddenin temas yüzeylerindeki yapışma kuvvetidir. “Van der Waals kuvvetleri” olarak adlandırılan çekim ve yüzeye tutunma fiziksel kuvvetleri yapışmada en önemli faktördür. Eğer yapıştırıcı, mekanik olarak işlenmiş yüzeylerdeki pürüzlere tam olarak temas edemezse, bu moleküller arası kuvvetler oldukça zayıflar. Bu nedenle yapıştırıcının yüzey pürüzlerine tam olarak nüfuz etmesi ve bütün yüzeyi ıslatması gerekir. Dolayısıyla, yapıştırmanın kuvveti hem yüzeyin ıslatılmasına (maksimum moleküller arası temas için), hem de yüzeyin yapışma özelliklerine bağlıdır. Belirli bir yapıştırıcı yüzey gerilimi için ıslatma, yapıştırıcı sürülen yüzeyin yüzey gerilimine ve yapıştırıcının viskozitesine bağlıdır. Yüzeyde kirlerin bulunması da ıslatmayı olumsuz etkiler. Şekil 2.1 yapıştırma bölgesinde meydana gelen kuvvetleri göstermektedir (Houwink, 1965, Wake, 1986).



Şekil 2.1 Yapıştırma ek yerindeki kuvvetler (Loctite Handbook, 1998)

Yapışma (adhesion) olayı için Houwink ve arkadaşları ve Waker tarafından bu güne kadar farklı teoriler ortaya atılmıştır ve bunlardan önemli olan bir kaçına kısaca bakmak faydalı olacaktır.

Mekanik teori: Yapıştırılan malzemeler ile yapıştırıcı fazının mekanik olarak birbirine geçirilmesi ile yapışarak bileşenin oluşacağını ifade eder. Çeşitli aşındırma metotları ile yüzey pürüzsüzlüğünü (birbirine geçebilme derecesini) arttırmanın birleşme dayanımını arttırmasına rağmen genellikle bunun tek bir mekanizma olamayacağı kabul edilir.

Difüzyon Teorisi: İki komşu faz arasında molekül alışverişini kabul eder. Bu olay benzer polimerler arasında gerçekleşmesine rağmen, polimer ve metal ara yüzeylerinde nadiren olabilecek bir durumdur.

Adsorpsiyon Teorisi: Komşu yüzeylerin molekülleri arasındaki Vanderwalls kuvvetlerinin çekimiyle oluştuğunu ifade eder. Bu kuvvetlerin iki önemli tipi mevcuttur. İlki, bazı moleküllerde bulunan pozitif ve negatif şarj merkezlerinin daimi olarak ayrılması ile oluşan dipollerden (iki manyetik kutba sahip nesne) dolayı ortaya çıkar. İkincisi ise London dispersive (dağılma) kuvvetleri olarak isimlendirilir ve bir moleküldeki şarj mevkisindeki ani bir yer değişiminin komşu molekülleri de etkileyerek bir çekime sahip olması neticesinde ortaya çıkar. Her iki kuvvette yalnızca moleküller arası mesafenin 10-10'dan daha düşük olduğu zaman önemlidir ve iyi bir yüzey teması ihtiyacı gösterir.

Elektrostatik Teori: Adsorpsiyon teorisine benzerdir. Çekim kuvveti farklı iki malzeme temas ettiği zaman oluşan elektriksel dolmadan dolayı oluşur.

Kimyasal Teori: Bazı şartlar altında esas bağların yapıştırıcı ve yapıştırılan malzemeler arasında daha yüksek bağ dayanımlarına neden olabileceğini ifade eder.

2.2.2 Kohezyon

Yapıştırıcıyı meydana getiren kütle bileşenlerinin, yapıştırıcının polimerizasyonu esnasında meydana gelen kimyasal (bağ kuvvetleri) ve fiziksel (Van der Waals kuvvetleri) kuvvetler tarafından bir arada tutulması olayıdır. “Kohezyon”, yapıştırıcı molekülleri arasında bulunan ve yapıştırıcıyı bir arada tutan kuvvettir.

Van der Waals Bağı: Küçük ya da büyük bir molekül için düşünüldüğünde, molekülün farklı yüklerine tesadüf eden pozitif ve negatif kutuplar bulunabilir. Böylece her molekülden ibaret küçük mıknatıslar ortaya çıkar. Burada aynen mıknatıslarda olduğu gibi, çeşitli dipoller elektromanyetik kuvvetlerle birbirlerine kenetlenmektedir. Bu arada oluşan bağlar Van der Waals bağı olarak adlandırılmaktadır. Bu oluşan Van der Waals bağları diğer bağlar kadar kuvvetli değildir.

Kovalent Bağ: Atomlar arasında elektron köprüleri kurularak kenetlenmeleri durumunda oluşur. Buradaki kuvvetler, ortak kullanılan elektronların kendi eksenleri etrafında birbirlerine zıt yönde dönmesinden dolayı ortaya çıkan elektromanyetik kuvvetlerdir. Zıt yönde dönen elektronların oluşturduğu elektromanyetik alanlar, birbirlerini bir mıknatısın artı ve eksi kutupları gibi çekerler. Bir zincirin kuvvetinin en zayıf halkası tarafından belirlenmesi kuralına uygun olarak, yapıştırma işleminde adhezyon ve kohezyon kuvvetleri yaklaşık eşit olmalıdır. Kohezyon kuvvetleri daha ziyade yapıştırıcı malzemenin sahip olduğu özellikler ile ilişkili bir durumdur. Fakat adhezyon kuvveti aşağıdaki uygulamalar ile arttırılabilir.

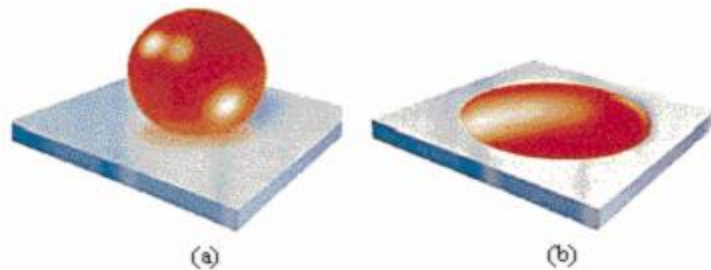
- Yağ alma veya mekanik aşındırma ile istenmeyen yüzey tabakalarının temizlenmesi,

- Primer ile kaplayarak yeni, aktif bir yüzey oluşturulması,

- Aşındırma, korona işlemi, düşük plazma işlemi vs. ile yüzey aktivitesinin değiştirilmesi. Uygun bir yüzey hazırlığı adhezyon kuvvetini ve yapışma performansını belirgin ölçüde arttırmaktadır. Doğru şekilde yüzey hazırlığı yapılmış bir parça, temiz, mekanik olarak düzgün ve uygun pürüzlülükte bir yüzeye sahiptir. Bu şekilde hazırlanmış bir yüzey, sağlam ve uzun ömürlü yapışmanın garantisidir.

2.2.3 Islanabilirlik

Yapışmaya yardım eden mekanizmaların başında ıslanabilirlik gelir. Islanabilirlik, sıvının katı yüzeye yayılabilirliğini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Atmosferde düzlem katı yüzey içinde kalan damlalardan oluşan bir sistem içindeki kuvvetlerin dengesini göz önüne alarak bir sıvı damlası yardımıyla verilen bir katının ıslanabilirliği ölçülebilir. Sistemin serbest enerjisinin net olarak azalması ile damla yüzeye tamamen yayılır ve yüzeyi ıslatır. Katı yüzey üzerindeki damla, katı ve sıvı arasında temas açısı yapar. Temas açısı θ , yüzeyin yapısına bağlıdır. Yüzeyin pürüzlülüğü, θ temas açısını azaltır. Emilmiş gazlar θ temas açısını artırır. θ temas açısı büyüdükçe, yapışma mukavemeti azalır. Yapışma yüzeyi üzerindeki leke ve kimyasal reaksiyonlar sırasında oluşacak kirlilik, ıslanabilirliği etkiler. Islanabilirlik, sıvının katıyı ıslatmasının boyutunu tanımlamak için kullanılır. Yüksek temas açısı kötü bir ıslanabilirliği temsil ederken, düşük temas açısı yüksek ıslanabilirliği temsil eder (Şekil 2.2). Yüzey hazırlıkları “su kopma testi” ile değerlendirilebilir. Temizlenmiş yüzeylere saf su damlaları bırakılır. Yetersiz temizlenmiş yüzeyde damlanın küresel şekli büyük ölçüde korunur ve yüzeyin tekrar temizlenmesi gerektiğini gösterir. Eğer su yüzeyde akıyorsa ıslatma başarılıdır, yüzey yeterli derecede temizlenmiştir. Bu yöntem alüminyum ve magnezyum üzerindeki anodik kaplamalar için uygun değildir. Su kopma testinin avantajı, “test sıvısı” olan suyun kolay bulunabilmesidir. Fakat avantajı bununla sınırlı kalır, çünkü suyun sertliği yüzey gerilimini etkiler. Bazı durumlarda, damıtılmış su bile su kopma testinde güvenilir sonuç vermez. Bu nedenle kritik uygulamalarda, belirli yüzey gerilimlerine sahip yüzey gerilim sıvıları kullanılmalıdır. Dikkat edilmesi gereken nokta, bu testin yalnızca ıslatılabilirliği gösterdiği, yapıştırılma kabiliyetini ölçmediğidir (Solmaz, 2008).

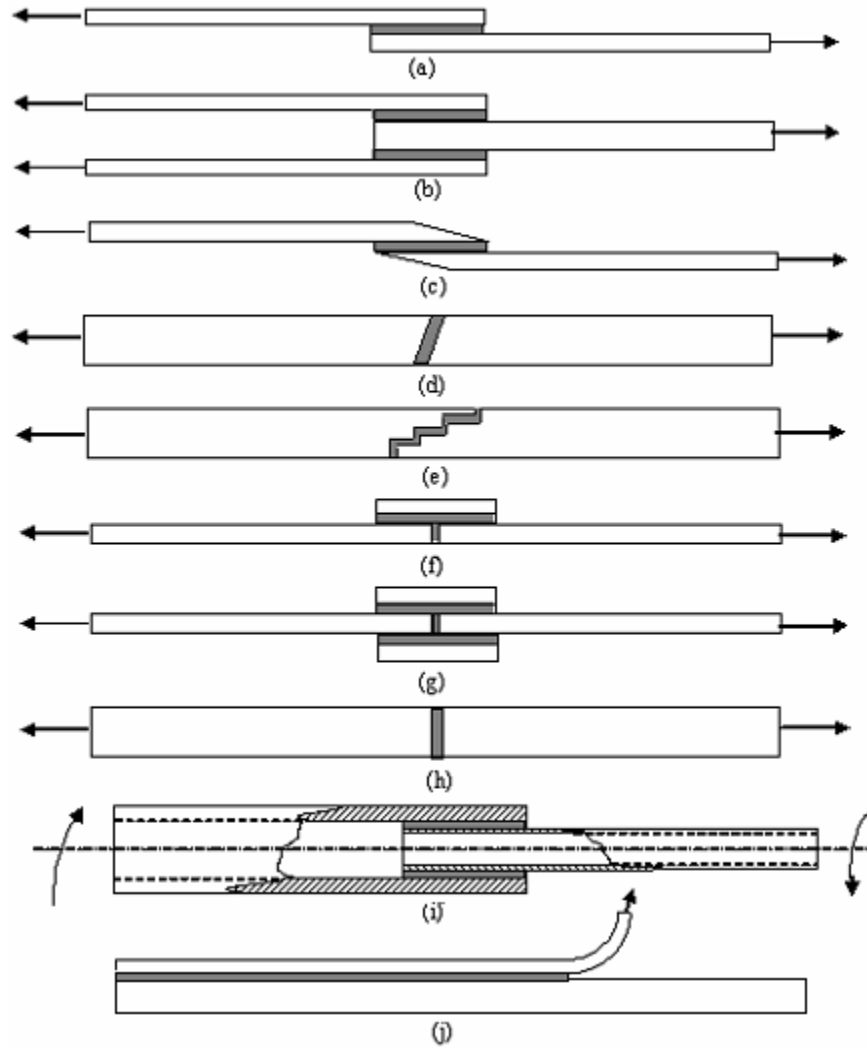


Şekil 2.2 Islanabilirlik testi. a) Yapıştırma yüzey hazırlığı yetersiz b) Yapıştırma yüzey hazırlığı yeterli (Solmaz, 2008)

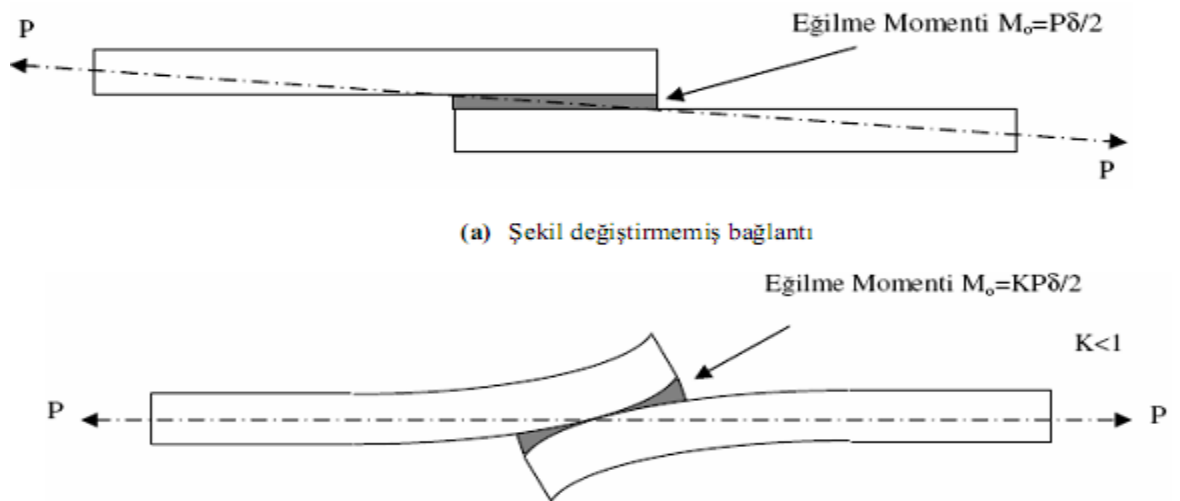
2.3 Yapıştırıcı ile Birleştirme Şekilleri

Uygun bir tasarım, yapıştırıcı bağlantılarındaki gerilme dağılımı ve bağlantının hasar mukavemeti hakkında yeterli bilgiye sahip olmayı gerektirir. Bağlantının davranışı, geometri ve malzeme davranışı gibi birçok parametreye bağlıdır. Bu bağlılık bağlantının ortalama mekanik davranışını tahmin etmeyi zorlaştırır. Karşılaşılan güçlükler özellikle yapıştırıcıların kontrol mekanizmalarının karşılaştırılmalarındaki eksikliklerden dolayıdır (Özel ve diğ., 2014).

Yapısal mühendislik tasarımın rasyonel temeli, bir yükleme durumunda yükleri belirleyebilmek ve oluşacak gerilmeleri pratik olarak hesaplayabilmek olmalıdır. Yükleme sistemi genellikle bir fonksiyon ile tanımlanır, fakat mühendis en uygun ve maliyet açısından en etkili çözüme ulaşacak en iyi malzeme ve tasarım tekniğini kullanma becerisine sahip olmalıdır. Bu da sürekli olarak teknolojiye ilerlemeyi gerektirir ve yapısal yük ve gerilmeleri ölçecek modern mühendisliğin önemini artırır. Şekil 2.3(a), tek tesirli bindirme bağlantısını göstermektedir. Bu bağlantı tipi yapıştırıcıların test edilmesinde en fazla kullanılan bağlantı tipidir. Tek tesirli bindirme bağlantıların kalite kontrolünde numuneler test edilir. Bağlantının yapılışı basittir ve elde edilen sonuçlar hem yapıştırıcı kalitesi hem de malzeme yüzey işlemleri açısından hassastır. Bununla beraber oluşan gerilme durumu karmaşıktır. Şekil 2.4’de görüldüğü gibi tek tesirli bindirme bağlantısında yük aynı doğru üzerinde etki etmemektedir. Bu yüzden eğilme momenti oluşur. Şekil 2.4’de görüldüğü gibi sistemde dönme meydana gelir. Yapıştırıcı tabakasında sadece kaymadan dolayı uzama olmaz, aynı zamanda bağlantının uçlarında yırtılma gerilmeleri de oluşur. Bağlantıda çekmeden dolayı uzama fazla olmaz, fakat eğilme oluşur. Özellikle gerilmelerin yüksek olduğu bölgelerde yapışan ve yapıştırıcının ikisi de plastik bölgeye girebilir (Adams and Wake, 1984).



Şekil 2.3 Yaygın olarak kullanılan bağlantı şekilleri (Adams and Wake, 1984)

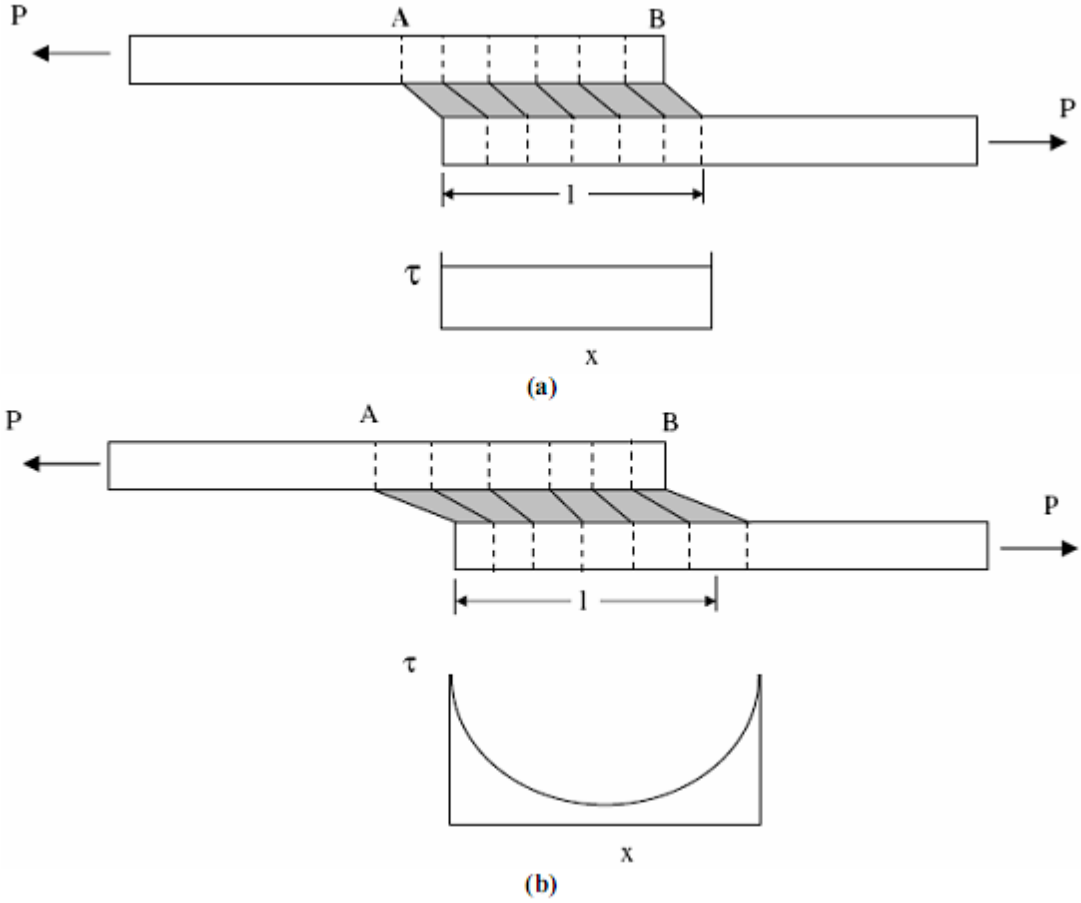


Şekil 2.4 Tek tesirli bindirme bağlantısının şekil değiştirmeden önce ve şekil değiştirdikten sonraki görünümü (Adams and Wake, 1984)

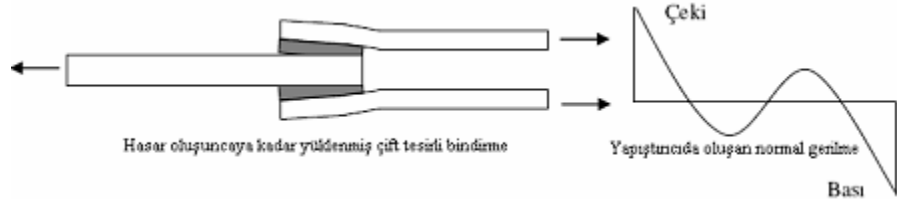
Tek tesirli bindirme bağlantıların basitleştirilmiş analizinde, malzemenin rijit ve yapıştırıcının sadece kayma yönünde şekil değiştirdiği kabul edilir (Şekil 2.5(a)). Malzemede oluşan kayma gerilmeleri A-B bindirme uzunluğu boyunca lineer azalır. Şekil 2.5(b)'de malzeme rijit yerine elastiktir. Üst levhadaki gerilme, A noktasında maksimum B noktasında ise sıfır olur. A noktasındaki şekil değiştirme, B noktasındaki şekil değiştirmeden daha büyüktür ve l uzunluğu boyunca azalır. Ara yüzey sürekli kabul edilerek, Şekil 2.5(a)'da görülen yapıştırıcının düzgün bölünmüş paralelkenarı, Şekil 2.5(b)'de görülen bozulmuş şekle döner. Bu olaya diferansiyel kayma denir. Şekil 2.3(b)'de görülen çift tesirli bindirme bağlantısı kullanılarak eğilme etkisi giderilebilir. Çift tesirli bindirme bağlantısı, iki tek tesirli bindirme bağlantısının alt alta dizilmesi ile elde edilir ve bağlantıda büyük dönmeler oluşmaz. Kalın parçanın yüklendiği tarafta çekme yırtılma gerilmesi oluşurken diğer uçta da bası gerilmesi oluşur. Şekil 2.3'deki diğer bağlantı yapılandırmaları, çoğunlukla gerilme yığılmalarını ve soyulma gerilmelerini azaltacak şekilde yükler için tasarlanmıştır. Tasarımcıların en sevmediği ve kaçındığı gerilme tipi soyulma gerilmesidir. Özellikle düşük yüklerde, tek ve çift bindirme bağlantılarında çoğunlukla kayma gerilmeleri oluşurken, Şekil 2.3(j)'deki yükleme durumu gibi, bağlantı uçlarında, yırtılmaya neden olan ve soyulma gerilmesi denen yanal normal gerilmeler oluşur. Zaten Şekil 2.3(j)'de görülen bağlantı şekli, birçok soyulma deneylerinin temelini oluşturmaktadır (Adams and Wake, 1984).

2.4 Yapıştırıcı Bağlantılarında Karşılaşılan Gerilmeler

Bir yapıştırma bağlantısına etki eden yükler farklı türde gerilimlere neden olur. Gerilmeler genel olarak N/mm^2 (MPa) cinsinden ifade edilir. Yalnızca çekme veya yalnızca sıkıştırma yüklerinde, yapışma çizgisinde gerilim dağılımı düzgündür. Dolayısıyla yapışma çizgisinin her noktası aynı yükü taşır ve gerilimi hesaplamak için etki eden kuvvet yapışma alanına bölünür. Gerçek hayatta, yalnızca çekme ve yalnızca sıkıştırma yükleri çok enderdir ve daha çok kesme, yarılma ve soyulma yükleriyle karşılaşılır. Ek yeri gerilme dağılımı, yani gerilmelerin yapışma çizgisindeki konumu, değişkendir ve hesaplaması daha zordur.



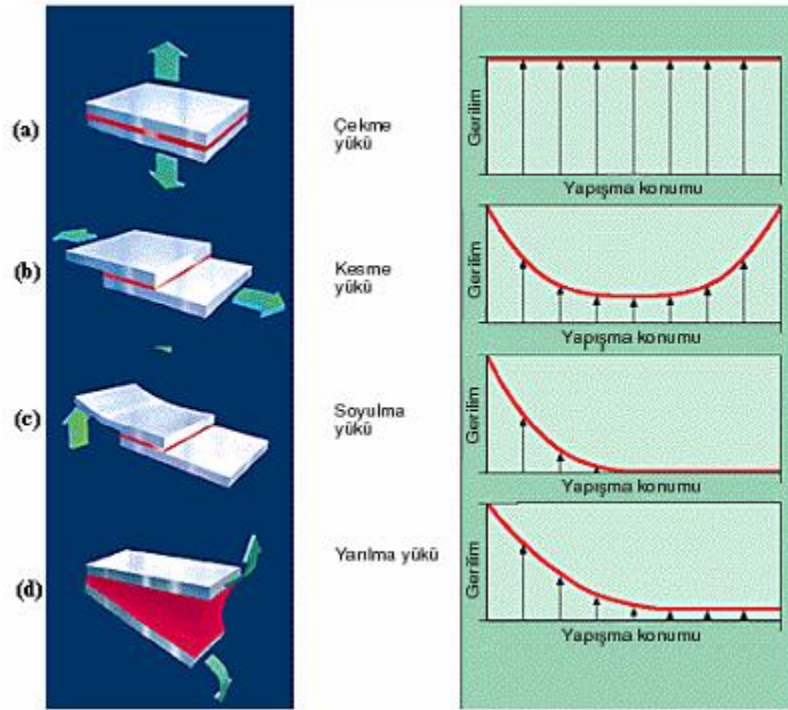
Şekil 2.5 Yüklenmiş haldeki tek tesirli bindirme bağlantısının deforme olmuş hali ve kayma gerilmesi dağılımı. (a) Rijit malzeme, (b) Elastik malzeme (Adams and Wake, 1984)



Şekil 2.6 Yüklenmiş haldeki çift tesirli bindirme bağlantısında ve yapıştırıcıda oluşan gerilmeler (Adams and Wake, 1984)

Kesme gerilmeleri, bazı noktalarda yoğunlaşmalar olacak şekilde yapışma yüzeyine dağılır. Yapışma alanının kenarları, orta noktaya göre daha yüksek gerilmeye dayanmak zorundadır. Bir ek yerine yarıma veya soyulma kuvveti uygulandığında, gerilimin çoğu bir kenarda yoğunlaşır. Ek yeri tasarımı, seçilen yapıştırıcıdan en yüksek verimi almakta en önemli parametredir. Tasarım, yapıştırıcının özelliklerine göre ayarlanmalı ve en tehlikeli yük şartları (soyulma, yarıma) engellenecek şekilde optimize edilmelidir. Şekil 2.7’de yapıştırıcı bağlantılarında meydana gelen dört önemli gerilmeyi oluşturan yükleme tipi ve bindirme bölgesindeki gerilme dağılımları

verilmiştir. Şekil 2.7(a)'da görüldüğü gibi çekme yükü altında kuvvetler yapıştırıcı tabakasına dik olarak etki etmektedir. Bu kuvvetlerden dolayı meydana gelen gerilme, yapışma alanına eşit şekilde dağılmaktadır. Ama bağlantıya sadece bu tür bir gerilmenin etkidüğinden emin olmak her zaman mümkün değildir. Eğer kuvvetler eksenden kaçık olarak etkimekte ise o zaman yapışma alanına gerilmenin eşit yayılma avantajı kaybolacak ve bağlantının bozulma ihtimali artacaktır. Önemli olan diğer bir nokta da yapıştırılan malzemenin kalın olması gerektiğidir. Maruz kaldığı yük etkisi ile yüksek oranda bir eğilme oluşmamalıdır. Eğer yüksek oranda bir eğilme oluşursa gerilme dağılımı bindirme boyunca eşit olmayacaktır (Temiz, 2003).



Şekil 2.7 En yaygın yük tipleri ve bindirme bölgesindeki gerilme dağılımları (Solmaz, 2008)

Kesme yükleri yapıştırılan alanın tümüne düzgün etki eder Şekil 2.7(b)'de verilmiştir. Bu tür yüklemelerde yapışma alanının tamamının etki altında olması bağlantı ömrünü arttırarak ekonomiklik sağlar. Eğer mümkün ise bağlantılar yükün büyük bir kısmını kesme yükü olarak iletilebilecek şekilde oluşturulmalıdır. Bu tür durumların oluşması için yapıştırılan malzemelerden biri veya her ikisi de esnek olmalıdır Şekil 2.7(c)'de verilmiştir. Bu tür yüklemelerde bağlantı sınırında oluşan gerilme çok yüksektir. Bağlantı çok geniş veya yük düşük olmadıkça yapıştırma bağlantısı çabuk bozulacaktır.

Mümkün oldukça bu tür yüklemeden kaçınılmalıdır. Şekil 2.7(d)'de görülen yükleme, ekseriyetle eksenden kaçık çekme kuvvetinin veya momentinin sonucudur. Önceki gerilmelerin aksine bu gerilme, yapışma alanına eşit olmayan şekilde etkimekte ve bağlantının bir tarafında yoğunlaşmaktadır. Bu gerilmeyi karşılamak için yeterli derecede yapışma alanına ihtiyaç vardır. Çekme veya kesme gerilmelerine göre bu alan daha fazla olduğu için bu tarz bağlantı tavsiye edilmez; çünkü maliyet artar (Kayacan, 1998).

2.5 Yapıştırma Bağlantılarının Diğer Çözölemeyen Bağlantılarla Karşılaştırılması

Yapıştırıcı ile birleştirme tekniğinin kaynak, perçinleme ve diğer mekanik bağlantıların tümünün yerini alacağını düşünölməsi yanlışır. Bu alışılmış birleştirme tekniklerinin her biri farklı şartlar altında kendine özgü üstönlöklere sahiptir (Apalak, 1998).

2.5.1 Perçin Bağlantıları

Perçin bağlantılarında gerilme yayılışı düzgün değildir. Perçin delikleri kesiti küçöltür ayrıca çentik etkisi nedeniyle deliklerin kenarlarında kritik gerilme uçları oluşur. Bindirme perçin bağlantılarında kuvvet tam ortaya etkilediği için ek olarak bir eğilme momenti de ortaya çıkabilir.

2.5.2 Kaynak Bağlantıları

Kaynak yoluyla parçalara uygun bir şekillendirme vererek, malzemelerden en iyi tarzda yararlanıp, iyi bir birleştirme yapmak mümkündür. Ancak kaynak işleminde sırasında malzemenin ergimesi ve daha sonraki soğuma şartları, malzemelerin içyapısındaki değişimler, iç gerilmelere ve düzgün olmayan gerilme dağılımlarına yol açar. Dolayısıyla da mukavemet değerlerinde bir azalma söz konusu olur. Farklı malzemelerin birbiriyle kaynak edilmesi de birçok sorunlar doğurur. Birleştirilecek malzemelerin her ikisinin de aynı tip olması durumunda kaynak mümkün olabilmektedir. Kaynak işleminde yüksek dayanımlı çeliklere ve metal alaşımlara özellikle tatbik edilebilir. Bunların da bazılarının kaynak edilebilme kabiliyetleri oldukça düşöktür ve bu nedenle uygulamada kaynak edilemezler (Solmaz, 2008).

2.5.3 Lehim Bağlantıları

Lehimleme ile farklı malzemeleri birleştirmek mümkündür. Lehimleme sıcaklığı birleştirilen malzemenin ergime derecesinden daha düşüktür. Bununla birlikte sert lehimlemede içyapı değişimleri ortaya çıkabilir. Lehimlemede dekapan kullanıldığı için yüzeyler iyi temizlenmezse korozyon tehlikesi doğar. Benzer olmayan metallerin birleştirilmesinde, örneğin çelik ve alüminyumun birleştirilmesinde olduğu gibi galvanik korozyon oluşabilir. Hafif metallerin lehimlenmesi de oldukça sorunludur. Lehimleme değişik tip pahalı malzemeleri gerektirir. Örneğin lehim en pahalı epoksi yapıştırıcıdan %30 daha pahalıdır.

2.5.4 Vida ve Cıvata ile Yapılan Bağlantıları

Vidaların ve cıvataların bağlantısı için uygun deliklerin matkapla açılması veya darbe ile delinmesi gereklidir. Bu işlemler birleştirilecek parçaların zayıflamasına neden olur ve ara boşlukların dolgu malzemeleri ile doldurulmasını gerektirir. Ayrıca bağlantılar yüklendiği zaman üniform olmayan gerilme dağılımları ortaya çıkar. Şöyle ki, delik çevresinde delinme diğer bölgelerdeki gerilmelerin kat kat üstünde bir değere erişir. Bu da yapıların ağırlığının artmasına neden olan daha kalın malzemelerin kullanımını gerektirir. Düzensiz gerilme dağılımları düşük yorulma dayanımlarına da sebebiyet verir. Diğer olumsuzluklar ise kılcal ve mekanik temas korozyonu tehlikesi, yüzey pürüzlüğü, tekrarlı yükler altında yumuşamadır. Ayrıca, vidalar ve cıvatalar ile birleştirme genellikle yavaş ve emek tüketici bir işlemdir (Sika, 2008).

2.5.5 Sıkı Geçme Bağlantıları

Soğuk veya sıcak presleme usulü ile birleştirme sınırlı bir uygulamaya sahiptir. Bu işlem genellikle silindirik parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Pahalı küçük toleranslı yüzey işlemleri gerektirir. Birleştirilen parçalar, neden olabilecek gerilmeler göz önüne alınarak boyutlandırılmak zorundadır.

3. ALÜMİNYUM VE ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI

Alüminyum (Simgesi Al) gümüş renkte sünek bir metaldir. Atom numarası 13 tür. Doğada genellikle boksit cevheri halinde bulunur ve oksidasyona karşı üstün direnci ile tanınır. Bu direncin temelinde pasivasyon özelliği yatar. Yerkabuğunda bol miktarda (%7,5 - 8,1) bulunmasına rağmen saf halde çok nadir bulunmaktadır ve bu nedenle bir zamanlar altından bile daha kıymetli görülmüştür. Alüminyumun ticari olarak üretiminin tarihi 100 yıldan fazladır. Alüminyum rafine edilmesi en zor metallerden biridir. Bunun nedeni, çok hızlı oksitlenmesi, oluşan bu oksit tabakasının çok kararlı oluşu ve demirdeki pasın aksine yüzeyden sıyrılmayıdır. Endüstrinin pek çok kolunda milyonlarca farklı ürünün yapımında kullanılmakta ve dünya ekonomisi içinde çok önemli bir yeri vardır. Alüminyumdan üretilmiş yapısal bileşenler uzay ve havacılık sanayii için vazgeçilmezdir. Hafiflik ve yüksek dayanım özellikleri gerektiren taşımacılık ve inşaat sanayiinde geniş kullanım alanı bulur.

3.1 Alüminyumun Genel Özellikleri

Alüminyum genellikle üç değerlikli katyon şeklinde bulunur ve 6 koordinatlı oktahedral kompleksler yapar. Doğada bulunan elementel alüminyum oldukça reaktiftir. Bu yüzden alüminyum, oksitler veya bileşikler halinde bulunur. Alüminyumun reaksiyonlarını polimerleşme reaksiyonları, yer değiştirme reaksiyonları ve sulu ortamda yaygın hidroliz reaksiyonları olarak sıralanır. Alüminyum da bütün metaller gibi Lewis asit özelliği gösterir. Alüminyuma baz tarafından verilen iyonların, sıkıca tutulmasından dolayı yüksek bir elektropozitif durum meydana gelir ve verilen iyonlar polarize olmaz. Bu yüzden alüminyum sert asit olarak değerlendirilir. Alüminyumun, kovalent olmayan, iyonik veya elektrostatik bağları tercih eder. Alüminyum, koordinasyon bağı yapmak için sert Lewis bazlarını seçer.

Alüminyum, çeşitli organik ligantlarla heterosiklo yapı oluşturur. Bunlar, şelat olarak adlandırılır. Alüminyum, flor iyonlarıyla tekli bağ yaptığından şelat oluşturmaz. Alüminyum, şelat oluştururken oksijen atomu içeren organik ligantları tercih eder (Yokel, 2002).

Elementel alüminyum bileşikleri, iyonik karakter ile kovalent karakter arasında yer alır. Bileşiklerin alüminyum florür dışındaki bütün üçlü halojenleri kovalent

karakterdedir. Florür iyonun oldukça yüksek yük yoğunluğuna sahip olmasından dolayı çoğunlukla iyonik karakter özellik taşır (ATSDR, 1999).

3.2 Alüminyumun Kullanımları

Alüminyum Amerikan ekonomisinde birçok uygulama alanı bulur. Alüminyumun en önemli karakteristik özellikleri kuvveti (eğer doğru olarak alaşım haline getirilirse) ve hafif olmasıdır (Demirin 1/3'i oranında yoğunluğu vardır). Korozyona karşı dirençlidir ve ısı ve elektriği çok iyi iletir. Amerika'da alüminyum kullanımının en çok olduğu üç piyasa; ulaşım (%33,9), Konteynırlar ve paketleme (%20,3), bina ve inşaat (%14,8) sektörüdür. Ulaşım sektörü alüminyumu; uçaklarda, havacılık ve uzay sanayinde, kamyonlarda, otobüslerde, arabalarda ve römorklarda kullanır. Fakat önemli atılımlar son 15 yılda otomobil endüstrisinde olmuştur. Bu artan alüminyum kullanımı şanzımlarda ve tekerleklerde gerçekleşmiştir. Fakat, mühendisler son zamanlarda alüminyumun öncelikli bileşen olarak kullanılacağı otomobil gövdeleri üzerinde çalışmaktadırlar. Konteynır ve paketleme sektörü alüminyumu içecek kutularında, yiyecek konteynırlarında ve evsel ve endüstriyel alüminyum folyo yapımında kullanılır. Alüminyum içecek kutuları bu sektörde en çok kullanılan ürünlerdir. 2004'te 100,5 milyar alüminyum kutu satılmıştır. Alüminyum içecek kutuları ayrıca Amerika'da geri dönüşüme uğrayan alüminyumun en büyük kaynaklarından biridir. İnşaat sektöründe alüminyumun temel kullanımları; çatıda, kaplamada, ısıtmada ve cam çerçevesindedir. Üç ana uygulamanın yanı sıra alüminyum kullanımı elektrik sektöründe de önem taşır. Alüminyumun bir kısmı elektrik iletiminde bakır ile değiştirilir. Ayrıca teleskop aynalarının sır kaplamasında kullanılır.

3.3 Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarının Kaynağı

Alüminyum ve alüminyum alaşımları ergitme kaynak yöntemleri ile kaynak yapılabilir. Çeliklere kıyasla alüminyum malzemeleri kaynak yaparken, malzemeye has bazı özellikler dikkate alınmalıdır. Alüminyum malzemeler, yapısal çeliklere göre daha yüksek termik iletkenliğe sahip olduğundan kaynak nüfuziyeti daha düşük ve kaynak banyosunun gazlardan arınması daha geç olur. Sonuç olarak, kaynak dikişinde yetersiz ergime ve gözenekler oluşabilir. İş parçasını ön tav yaparak ve kalın kesitli malzemeleri kaynak esnasında da tavlayarak, bu tür kaynak hataları önlenebilir. Kaynağa

başlamadan önce, yüzeydeki alüminyum-oksit tabakası kaynak bölgesinden frezeleme yoluyla veya paslanmaz çelik fırça ile fırçalayarak tamamen temizlenmelidir. Kaynak ağzı yüzeyleri ve kaynağa yakın bölgeler (kaynak ağzının en az 50 mm yakını) temiz, yağsız ve kuru olmalıdır. İyi bir depolama ve mekanik işlemler sonrası kaynak yüzeylerinin özel bir yağ çözücü ile temizlenmesi, bu tür hazırlık işlerini kolaylaştırır. Bunların yanında, alüminyum malzemelerin kaynağında kullanılan el aletleri yalnız bu malzemeler için kullanılmalıdır. Alüminyum malzemeler çok yansıtıcı bir yüzeye sahip olduğu için, kaynak esnasında oluşan ultraviyole radyasyon yanıklarından korunmak için koruyucu giysiler giymek zorunludur.

4. SONLU ELEMANLAR METODU

Sonlu elemanlar metodu, günümüzde karmaşık mühendislik problemlerinin hassas olarak çözülmesinde etkin olarak kullanılan bir sayısal metottur. İlk defa 1956 yılında uçak gövdelerinin gerilme analizi için geliştirilmiş olan bu metodun, daha sonraki on yıl içerisinde uygulamalı bilimler ve mühendislik problemlerinin çözümünde de kullanılabileceği anlaşılmıştır. Daha sonraki yıllarda ise sonlu elemanlar metodu ve çözüm teknikleri hızlı gelişmeler kaydetmiş ve günümüzde birçok pratik problemin çözümü için kullanılan en iyi metotlardan birisi olmuştur. Metodun değişik mühendislik alanları için bu kadar popüler olmasının ana nedenlerinden birisi genel bir bilgisayar programının yalnız giriş verilerini değiştirerek herhangi bir özel problemin çözümü için kullanılabilesidir.

Sonlu elemanlar metodundaki temel düşünce, karmaşık bir probleme, problemi basite indirgeyerek bir çözüm bulmaktır. Esas problemin daha basit bir probleme indirgenmiş olması nedeni ile kesin sonuç yerine yaklaşık bir sonuç elde edilmekte, ancak bu sonucun çözüm için daha fazla çaba harcayarak iyileştirilmesi ve kesin sonuca çok yaklaşılması, hatta kesin sonuca ulaşılması mümkün olmaktadır. Elde bulunan konvansiyonel matematiksel araçların kesin sonucu, hatta yaklaşık bir sonucu dahi bulmakta yetersiz kalması durumunda ise sonlu elemanlar metodu kullanılabilecek tek metot olmaktadır.

Metoda sonlu elemanlar isminin verilmesi yeni olsa da, sonlu elemanlar düşüncesi gerçekte günümüzden birkaç yüzyıl önce kullanılmıştır. İlk matematikçiler bir dairenin çevresini daireyi çokgene indirgeyerek (problemi basitleştirerek)

hesaplamışlardır. Günümüzün deyimi ile bu çokgenin her kenar bir sonlu elemandır. Bu basit çözümün incelenmesi sonucunda genel sonlu eleman uygulaması için de geçerli olan iki özellik ortaya çıkmaktadır.

- Dairenin dışındaki ve içindeki çokgenlerin çevreleri, dairenin çevresinin üst ve alt sınırlarıdır.
- Çokgenin kenar sayısının artırılması ile bu yöntemle bulunacak olan yaklaşık çözüm yukarıdan veya aşağıdan gerçek çözüme ulaşacaktır (Arıkan, 2017).

Sonlu elemanlar yöntemi matematikçilerin geliştirdiği bilinmesinden ziyade daha çok mühendisler kullanıp geliştirmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ilk olarak uygulandığı yer gerilme analizi problemleridir. Bütün bu uygulamalarda büyüklük alanının hesaplanması istenmektedir. Hesaplanan büyüklük alanının gerilme, ısı ve akışkan problemlerinde aşağıdaki alan değerlerine bakılır.

- Gerilme analizinde bu değer deplasman alanı veya gerilme alanı
- Isı analizinde sıcaklık alanı veya ısı akısı
- Akışkan problemlerinde basınç dağılımları veya hız profilleridir.

Burada hesaplanmış olan büyüklük alanının sahip olduğu değer ya da en büyük gradyen pratikte özel bir önem taşımaktadır (Küçükciçibıyık, 2005).

4.1 Ansys

ANSYS yazılımı mühendislerin mukavemet, titreşim, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi ile elektromanyetik alanlarında fiziğin tüm disiplinlerinin birbiri ile olan interaksiyonunu simule etmekte kullanılabilen genel amaçlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır. Sonlu elemanlar yöntemi ile tek parça halinde analizi çok zor olan karmaşık geometrideki cisimlerin küçük ve çok sayıda parçalara bölünerek ayrı ayrı analizlerini sonlu sayıdaki elemanın analizi sonucu elde edilen sonuçlar birleştirilerek tek ve tutarlı bir analiz sonucu elde edilir.

1970 yılından beri geliştirilmekte olan ANSYS programı pek çok temel mühendislik dalında etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Yaklaşık 47 yıldır geliştirilen bu program günümüzde en çok tercih edilen programların başında gelir. ANSYS programının farklı mühendislik çalışmaları için üretilmiş farklı bileşenleri bulunmaktadır. Karmaşık yapılarıdaki nesnelerin analizleri ANSYS Mechanical ile

yapılabilir. Sonlu elemanlar yöntemini kullanan bu program bileşen ve alt sistemlerin gerçek dünyadaki davranışlarının simülasyonu yapılarak gerçeğe uygun sonuçlar elde edilir. ANSYS programıyla parça ve montajlar üzerinde statik analizlerin yanı sıra doğrusal ve doğrusal olmayan burkulma analizleri de yapılabilir. ANSYS programı mekanik simülasyonlarda çok düşük toleranslarda bile etkili sonuçlar verir. Nesneye uygulanan kuvvet sonucunda oluşan şekil değişimleri ve gerilme dağılımları simülasyonların sonunda anlık olarak görüntülenebilir. Mühendislik simülasyonlarında analizi yapılan modelin yapıldığı maddenin özellikleri oldukça büyük önem taşır. ANSYS programı, 3D modeli hazırlanan nesnenin gerçekte kullanılacak madde özellikleriyle tam eşleşmesine olanak sağlar.

4.2 Maksimum Biçim Değiştirme Enerjisi (von mises)

Huber tarafından 1904’de ortaya atılmasına rağmen Von Misses Teorisi olarak bilinen bu teoriye göre şekil değiştirme enerjisinin belli bir sınırı aşması ile cisimde hasar başlar. Diğer bir ifadeyle çok eksenli yükleme durumunda eşdeğer gerilme (von-mises gerilmesi) malzemenin akma gerilmesini aştığında o noktada akma oluşur. Bu kriter sünek malzemelerin akması için mükemmel sonuçlar verir. Çok eksenli gerilme hali, eşdeğer bir tek gerilmeyle ($\sigma_{eş}$) ifade edilir. Bu teori;

$$2\sigma_y^2 = (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2$$

veya asal gerilmeler cinsinden;

$$2\sigma_y^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2$$

bağıntısı ile verilir. Burada σ_y malzemenin içinde oluşan diğer tüm gerilmelerin yerine kullanılan eşdeğer (von mises) gerilmesidir. Malzemede iki eksenli gerilme durumunda $\sigma_z = 0$ olacağından yukarıdaki bağıntı;

$$2\sigma_y^2 = \sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2$$

şeklini alır.

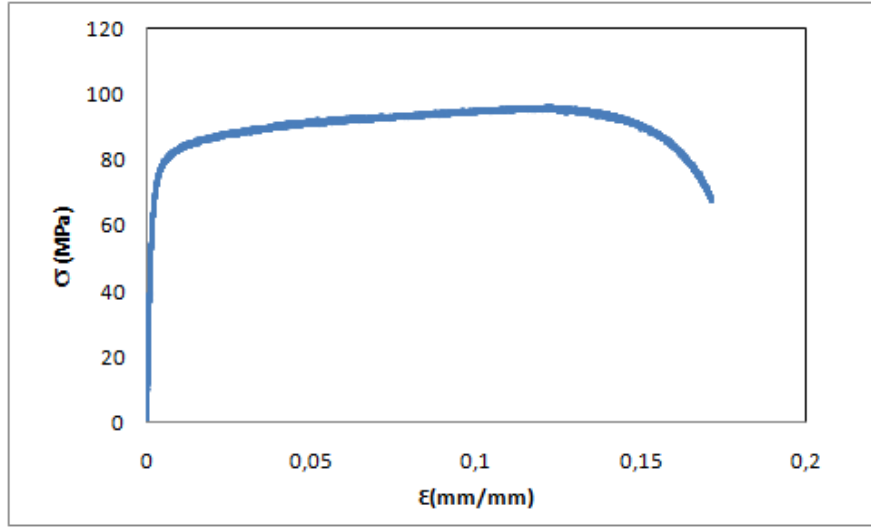
5. MATERYAL VE METOD

5.1 Nümerik Çalışma

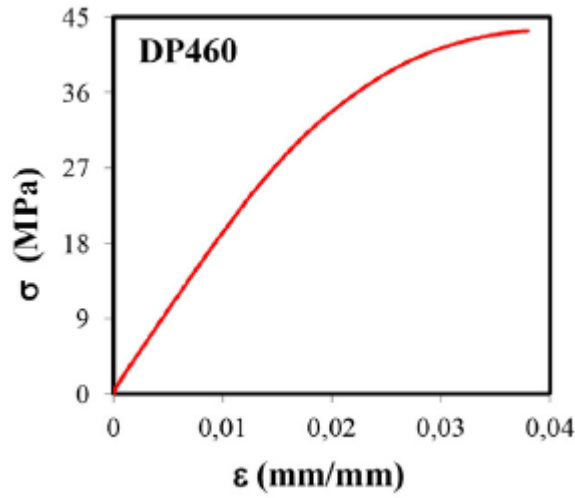
Yapılan çalışmada eliptik delikli alüminyum plaka kompozit yama ile yapıştırılarak yamanmış ve eğme davranışı nümerik olarak incelenmiştir. 140 mm uzunluğa, 40 mm genişliğe, 3 mm kalınlığa sahip yamasız numune ve 24 mm, 28 mm, 32 mm yamalarla yamanmış numuneler kullanılmıştır. Ayrıca elips büyük yarıçapına (R) ve küçük yarıçapına (r) üç farklı değer verilmiştir. Numunelerin ana malzemesi olarak AA-5083 alüminyum alaşımı, yapıştırıcı malzeme olarak DP-460 ve yama malzemesi olarak cam elyaf takviyeli kompozit malzeme kullanılmıştır. Malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 5.1’de, AA-5083 alüminyum alaşımı ve DP-460 yapıştırıcı malzemesine ait gerilme şekil değiştirme grafikleri ise Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Malzeme Özellikleri

AA-5083 Mekanik Özellikleri	
Elastisite Modülü (E)	71 (GPa)
Kayma Modülü (G)	26,4 (GPa)
Poisson Oranı (ν)	0,33
Akma Dayanımı	0,078232 (GPa)
Çekme Dayanımı	0,095687 (GPa)
DP-460 Mekanik Özellikleri	
Elastisite Modülü (E)	2,0771 (GPa)
Poisson Oranı (ν)	0,38
Çekme Dayanımı	0,044616 (GPa)
Yama Malzemesi	
Elastisite Modülü (E_x)	44 (GPa)
Elastisite Modülü (E_y)	20 (GPa)
Elastisite Modülü (E_z)	20 (GPa)
Kayma Modülü (G_{xy})	4 (GPa)
Kayma Modülü (G_{xz})	4 (GPa)
Kayma Modülü (G_{yz})	3 (GPa)
Poisson Oranı (ν_{xy})	0,32
Poisson Oranı (ν_{xz})	0,32
Poisson Oranı (ν_{yz})	0,41



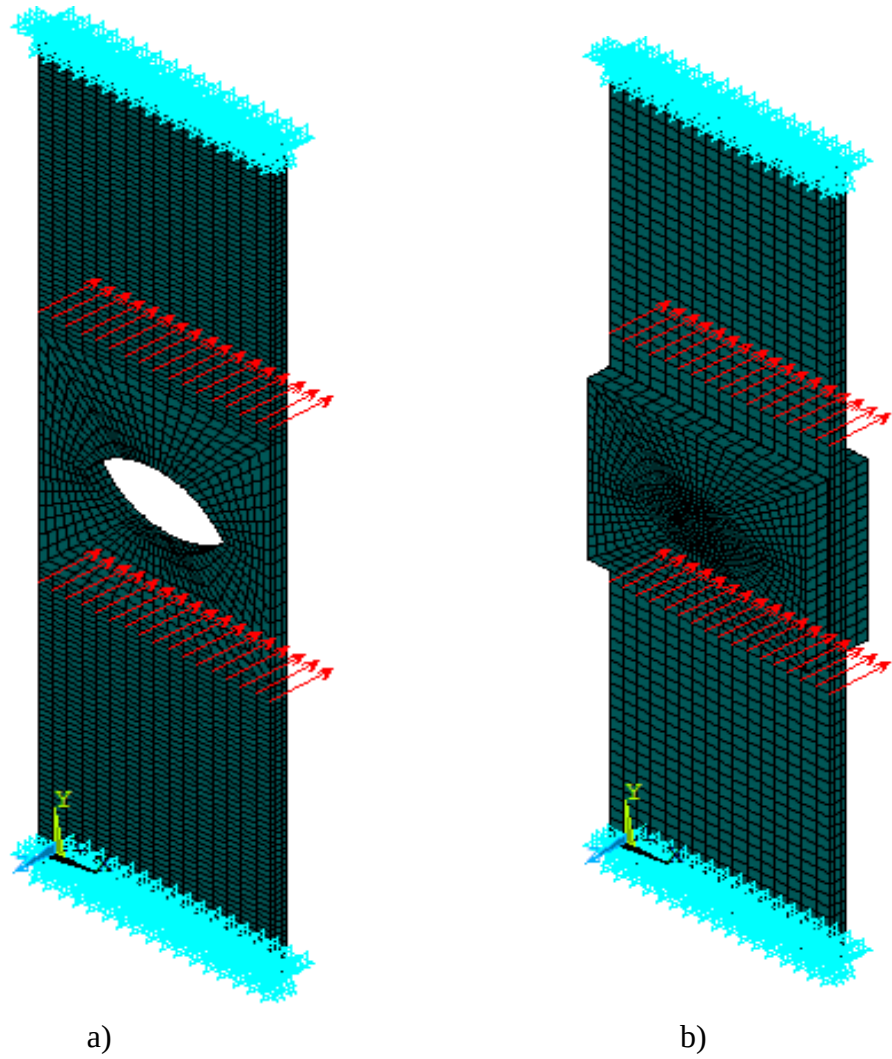
Şekil 5.1 AA-5083 gerilme-şekil değiştirme davranışı (Ergün, 2014)



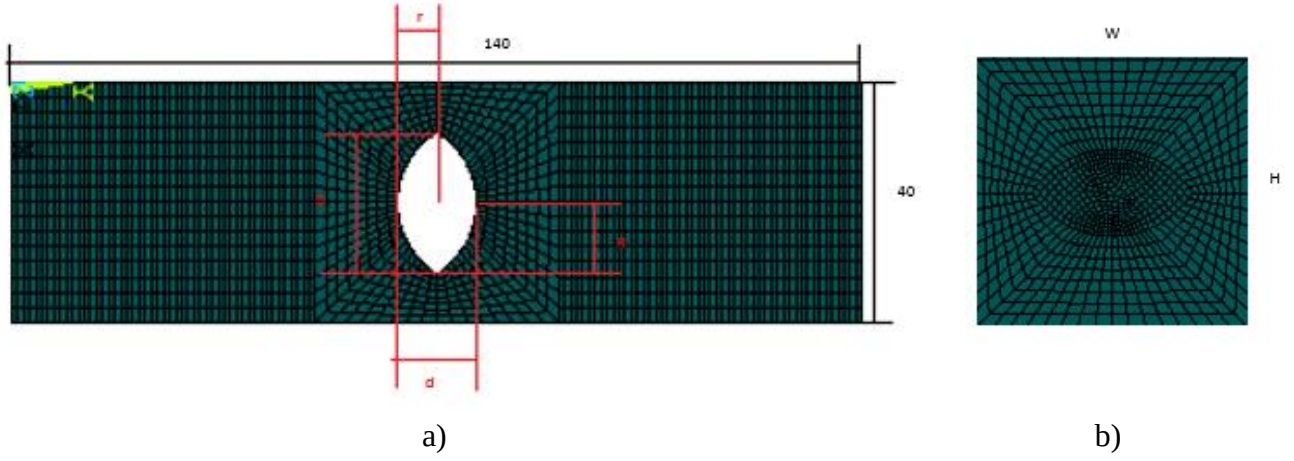
Şekil5.2 DP-460 gerilme-şekil değiştirme davranışı (Akpınar, 2012)

Gerçekleştirilen çalışmada sonlu eleman analizleri ANSYS 14.5 programı yardımıyla Mechanical APDL kısmındaki komutlar kullanılarak yapılmıştır. Tablo 5.1 de özellikleri verilen ve Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de gerilme şekil değiştirme davranışları verilen malzeme özellikleri atanmış daha sonra nokta, çizgi, alan, hacim oluşturularak geometri mesh(ağ) yapısı oluşturulmuştur. Üç boyutlu(3D) olarak yapılan modellemeler üç serbestlik dereceli ve sekiz düğüm noktalı SOLID 185 eleman tipindedir. Sonlu elemanlara bölme işleminde kullanılan eleman tipi şekil 5.5’de verilmiştir. Şekil 5.4’te

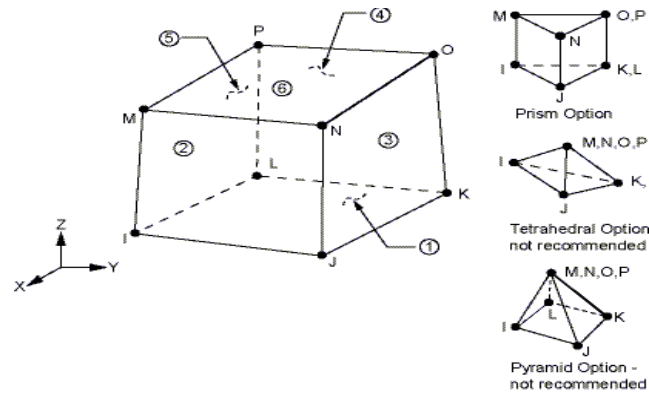
alüminyum alaşımı ve yama boyutları verilmiştir ve (D-d) olmak üzere 21-11, 24-9, 24-11, 24-13, 27-11 mm boyutlarında elips delikler açılmış, (WxH) olmak üzere 40x24, 40x28, 40x32 mm boyutlarında kompozit yamalar kullanılmıştır. Oluşturulan model eğme yüküne maruz bırakılarak gerilme tipleri incelenmiştir. Kuvvetler mesnet noktalarına L/6 uzaklıkta ve yamasız numuneler için 18 N/mm^2 , yamalı numuneler için 28 N/mm^2 olarak uygulanmıştır. ANSYS ile oluşturulan modelin mesh yapısı ve sınır şartları şekil 5.3 de verilmiştir.



Şekil 5.3 Eğme Yüküne Maruz Bırakılmış Sonlu Elemana Bölünmüş ve Sınır Şartları Uygulanmış Model
(a. Yamasız, b. Yamalı)



Şekil 5.4 ANSYS ile modellenmiş AA-5083 alüminyum alaşımı boyutları (a) ve yama boyutları (b)

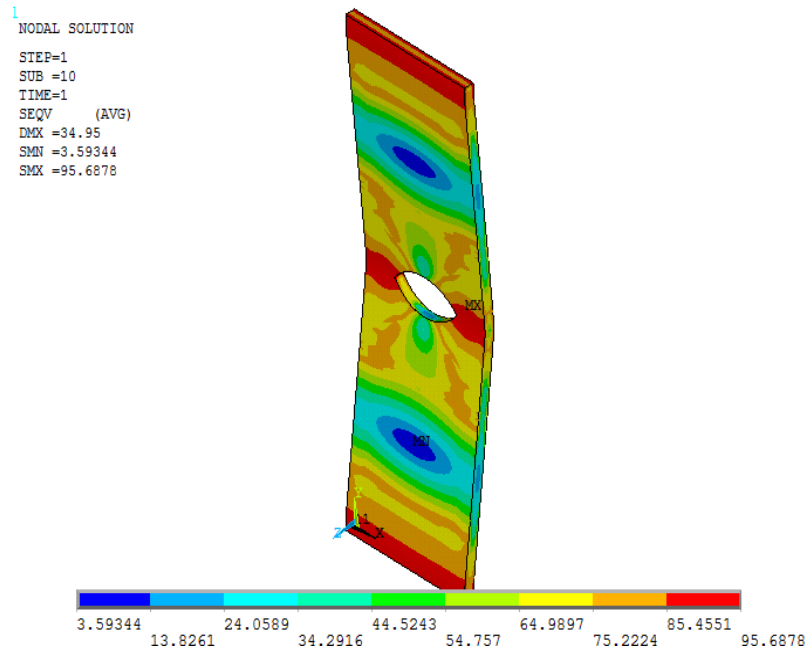


Şekil 5.5 Sonlu Elemanlar Analizi İçin Kullanılan Eleman Tipi (Solid 185)

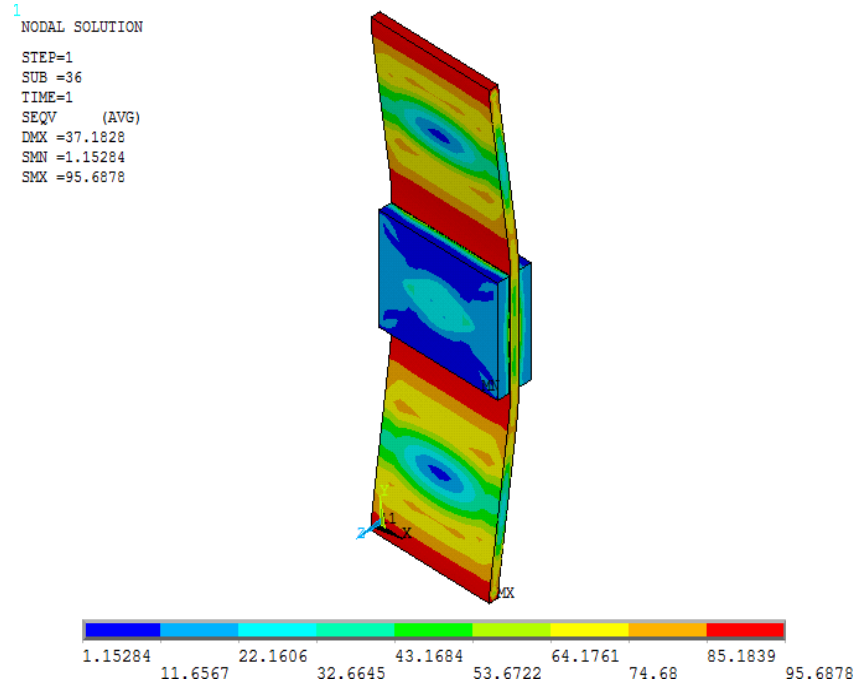
Tablo 5.2 Sayısal analiz numune boyutları

SAYISAL ANALİZ NUMUNE BOYUTLARI					
Alüminyum AA-5083			Cam-Epoksi Kompozit		
Levha Boyutu	Eliptik Delik Boyutları		Yama Boyutları		
	D	d	H	W	Kalınlık
40x140x3	21	11	24	40	3
			28		
			32		
	24	9	24		
			28		
			32		
		11	24		
			28		
			32		
		13	24		
			28		
			32		
	27	11	24		
			28		
			32		

Ansys kullanılarak yapılan sayısal çalışmalar deneysel çalışmalara göre zaman ve maliyet açısından kazanç sağlar. Gerçekleştirilen testlerin ya da çalışma şartlarının simule edilmesine olanak verir. Ürünlerin henüz prototipleri üretilmeden sanal ortamda test edilmelerine olanak sağlar. Ansys yardımıyla gerçekleştirdiğimiz çalışmada numunelerin hasar yükleri tespit edilmiştir. Şekil 5.6'de eğme yükü altında elips büyük yarıçapı $R=10,5$ mm, küçük yarıçapı $r=5,5$ mm yamasız ve aynı yarıçaplara sahip ve yama uzunluğu 32 mm olan numunelere ait von-Mises dağılımları verilmiş olup tablo 5.3' de ise tüm numunelerin sayısal hasar yükleri verilmiştir.



a)



b)

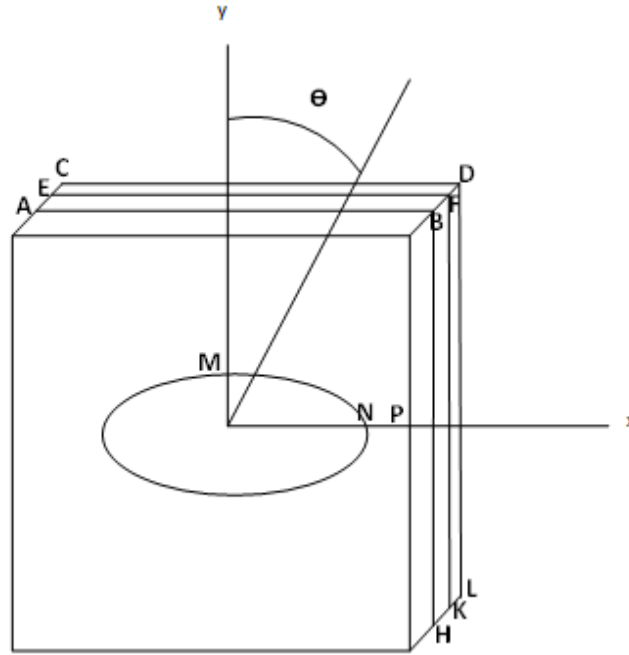
Şekil 5.6 R=10,5 mm, r=5,5 mm yarıçap değerlerine sahip yamasız ve 32 mm yama uzunluğuna sahip yamalı numunelerin von-Mises gerilme dağılımı (a. Yamasız, b. Yamalı)

Tablo 5.3 Numunelerin Sayısal Hasar Yükleri

D	d	H	Nümerik Hasar Yüğü
(mm)	(mm)	(mm)	NHY (N)
21	11	Yamasız (0)	5256
24	9		4256
24	11		4625
24	13		4989
27	11		3827
21	11	24	6785
24	9		6756
24	11		6715
24	13		6705
27	11		6753
21	11	28	7256
24	9		7205
24	11		7336
24	13		7358
27	11		7224
21	11	32	7486
24	9		7354
24	11		7284
24	13		7236
27	11		7356

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

6.1 Sayısal Sonuçlar



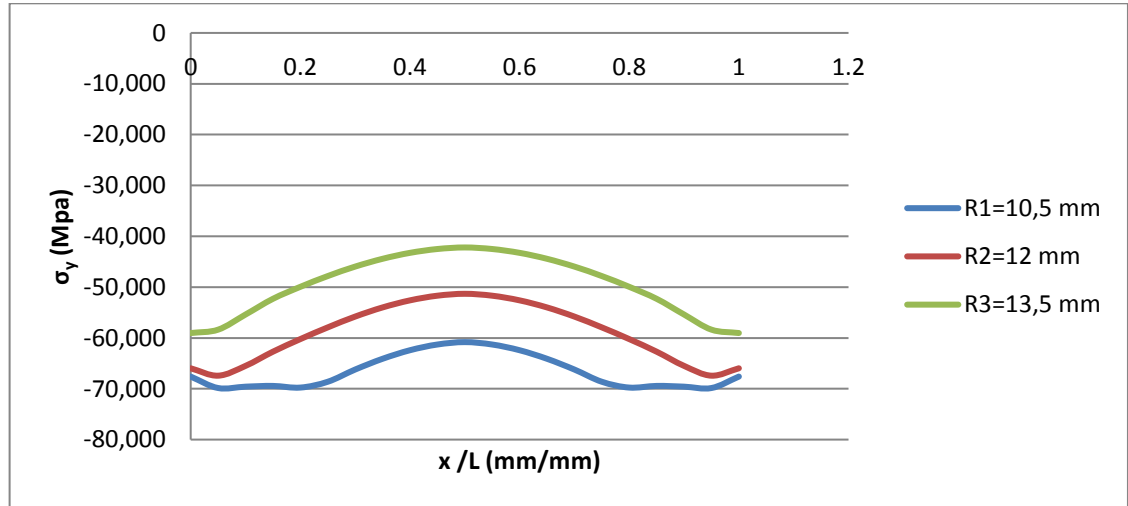
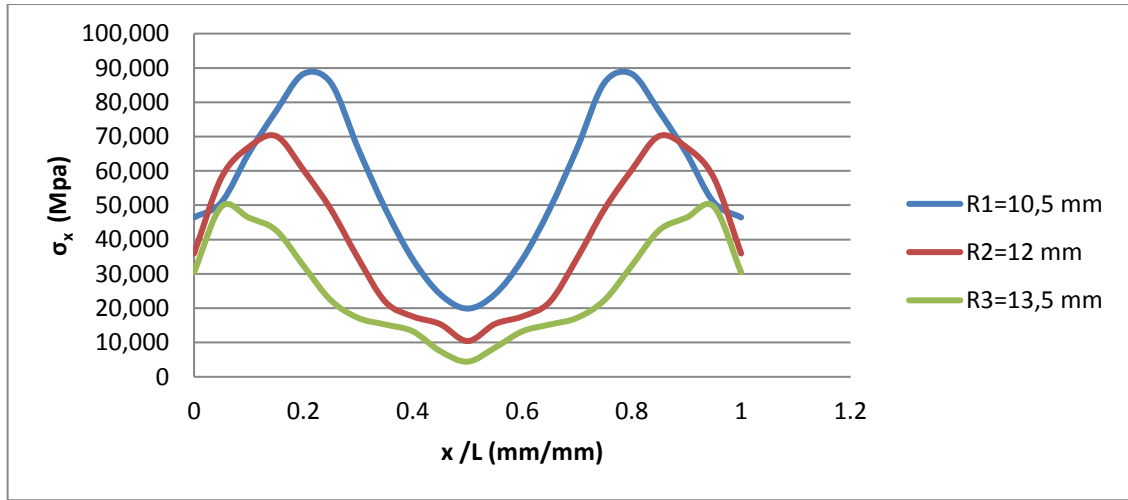
Şekil 6.1 Nümerik analizde incelenen yörüngeler

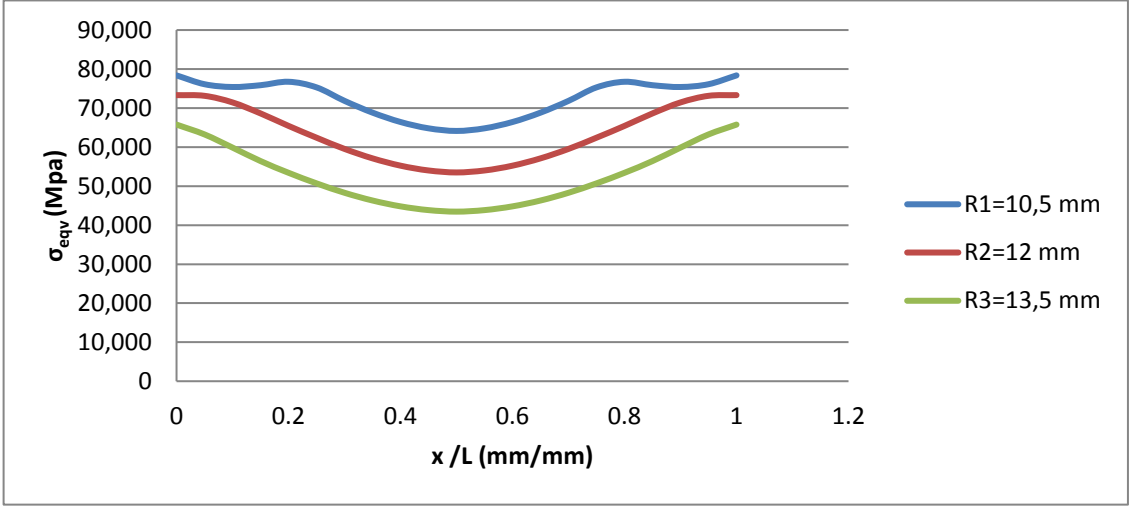
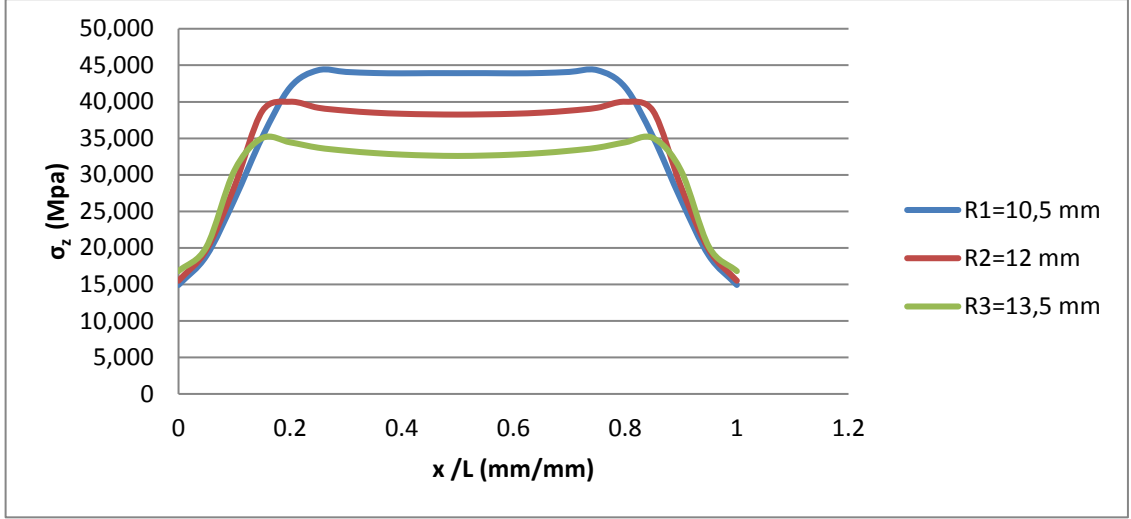
AB ve BH kompozit yama ile yapıştırıcı malzeme arasındaki yörüngeyi, EF ve FK yapıştırıcı malzeme yörüngesini, CD ve DL yapıştırıcı malzeme ile AA-5083 alüminyum alaşımı arasındaki yörüngeyi MN ve NP ise yama üzerindeki yörüngeyi ifade etmektedir.

6.1.1 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.2’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri maksimum gerilme değerine $R_1 = 10,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmış büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri azalmıştır. Minimum gerilme değerlerine ise orta noktada ulaşmışlardır. σ_y gerilmeleri maksimum gerilme değerine negatif bölgede

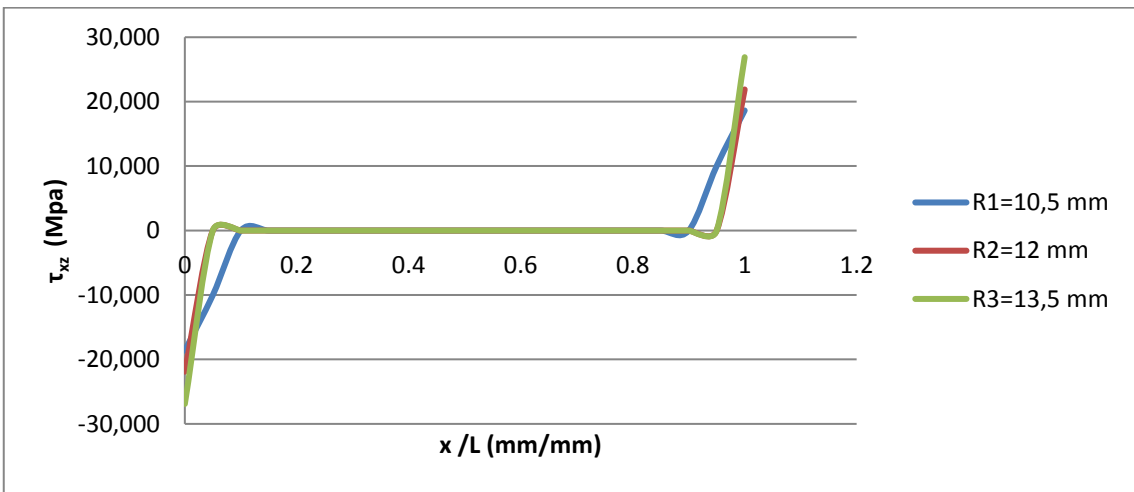
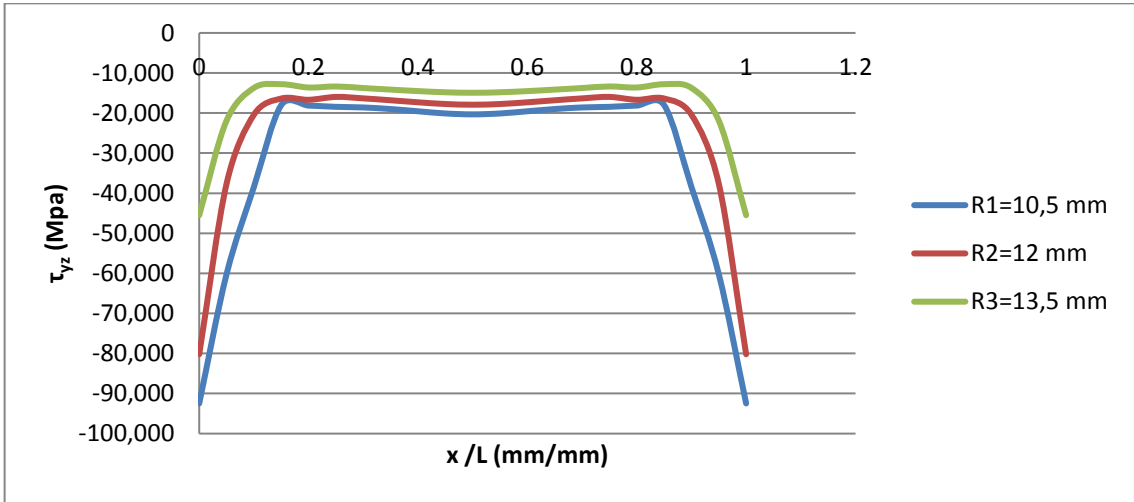
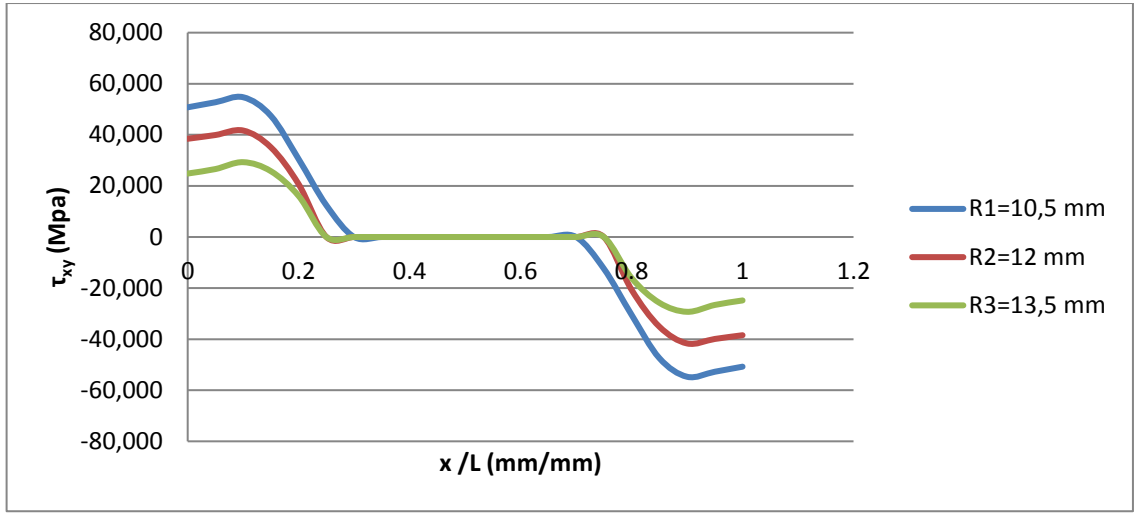
ve orta noktada ulaşmışlardır. Büyük yarıçap değeri arttıkça σ_y gerilme değerleri de artış göstermiştir. σ_z gerilmeleri de uç noktalarda büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri artarken maksimum gerilmeler azalmıştır ve maksimum gerilme değerine uç noktalardan yaklaşık 0,2 br uzaklıkta ulaşmıştır. Eşdeğer gerilmeler karakteristik olarak σ_y gerilmelerine benzer gerilme dağılım grafiği göstermiştir fakat σ_y gerilmeleri negatif bölgede eşdeğer gerilmeler ise pozitif bölgede gerilme değerleri göstermişlerdir.





Şekil 6.2 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

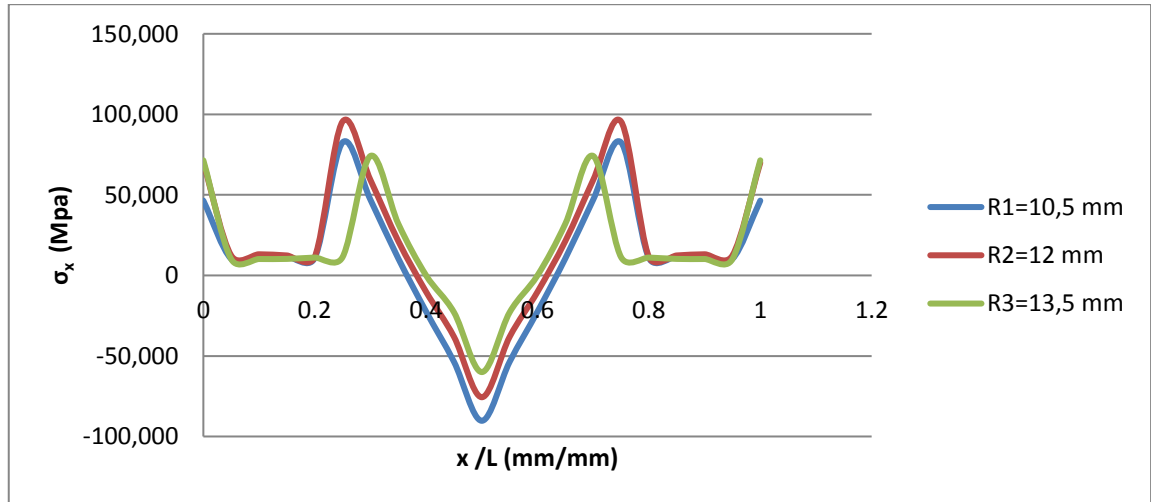
Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.3'te verilmiştir. τ_{xy} gerilme dağılım grafikleri incelenirse uç noktalarda maksimum gerilme değerlerini almışlar ve büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değeri azalmıştır. τ_{xy} gerilmeleri orta noktalarda sıfır değerini alarak sabit kalmıştır. τ_{yz} gerilmeleri negatif bölgede ve uç noktada en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri azalma göstermiştir. τ_{xz} gerilmeleri ise yine uç noktalarda maksimum gerilme değerlerini almışlardır. Büyük yarıçap değeri arttıkça uç noktalarda maksimum gerilme değerleri de artmıştır.

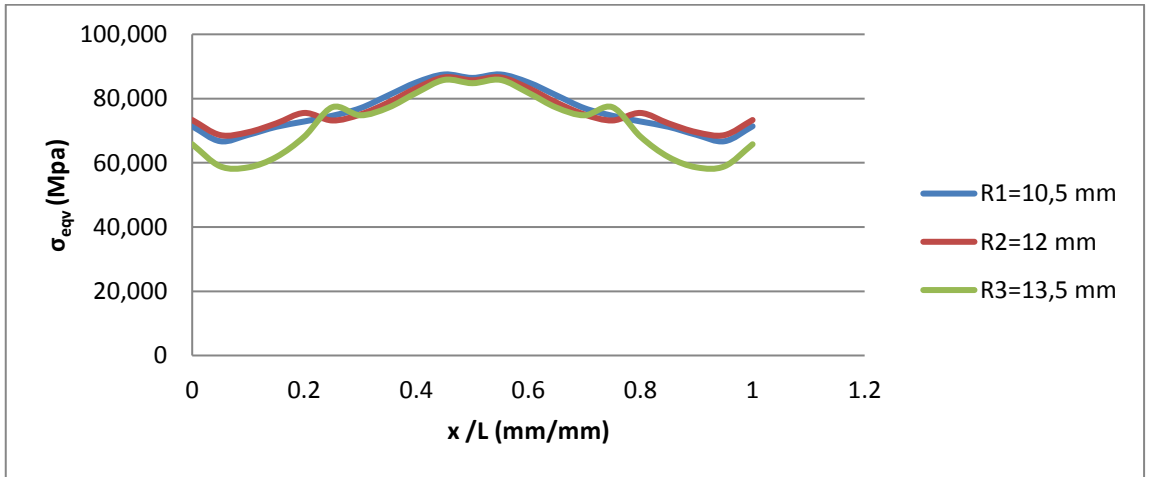
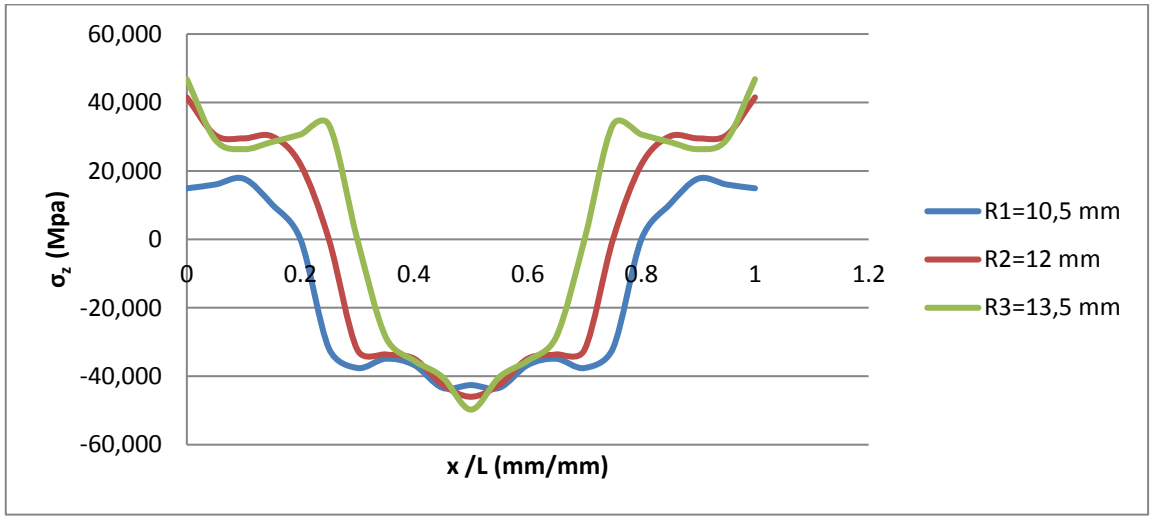
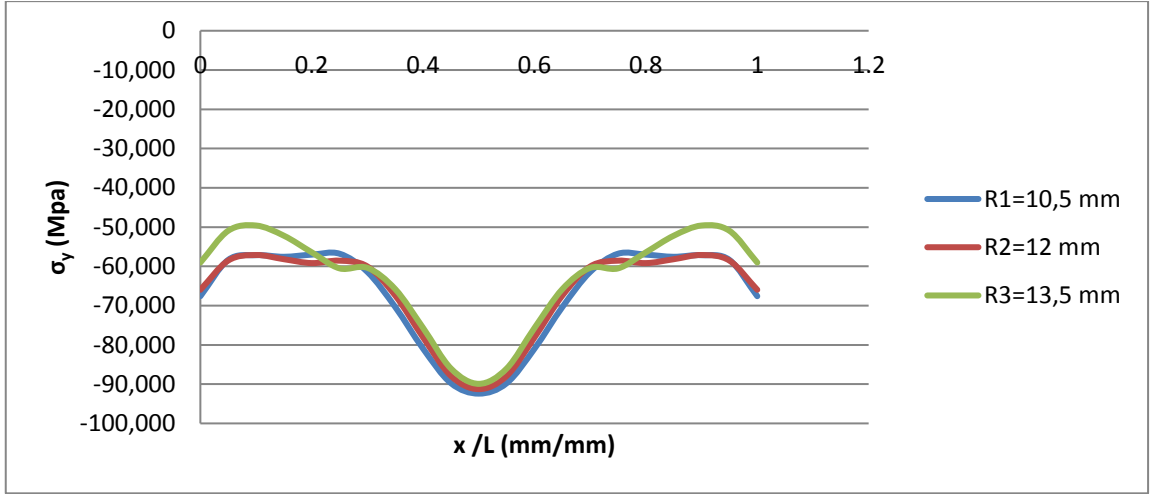


Şekil 6.3 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.2 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

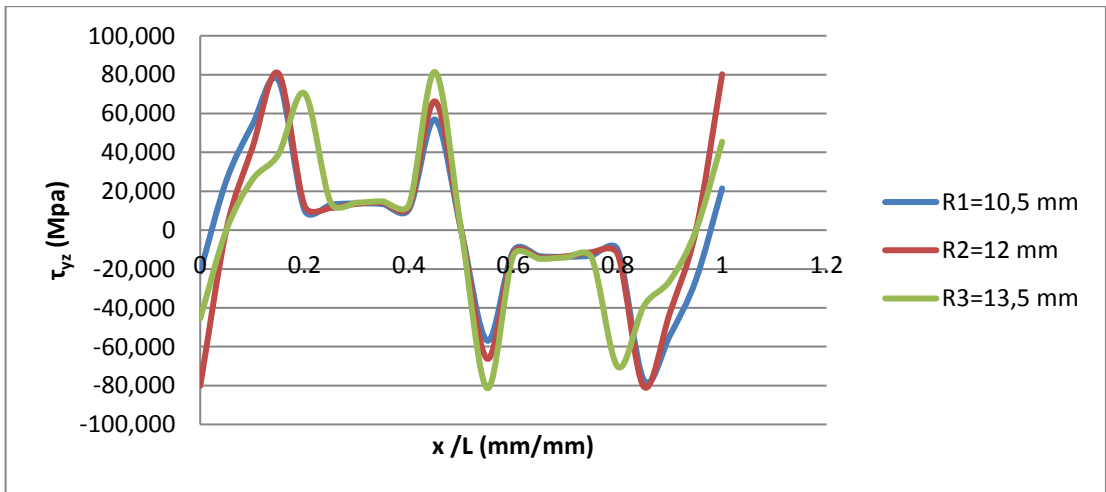
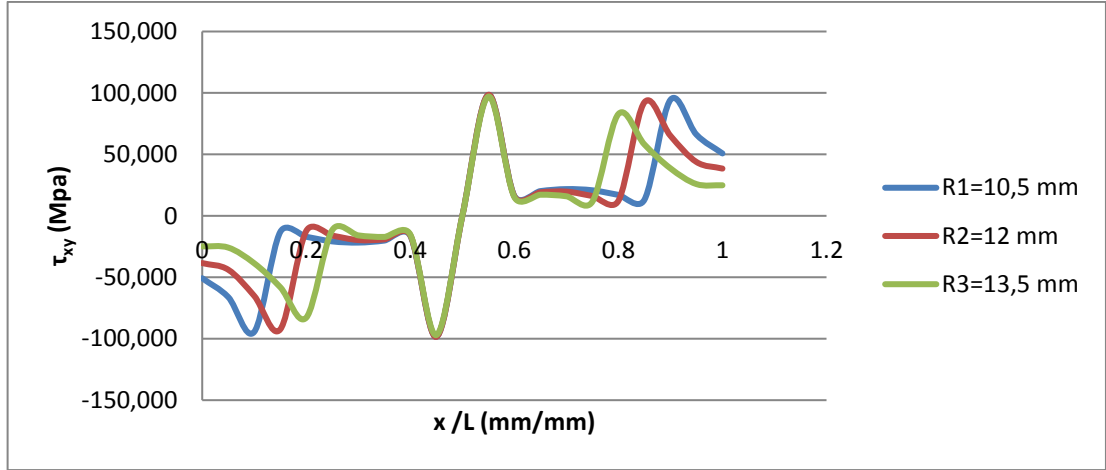
Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.4’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri R_1 büyük yarıçap değerine sahip olan numune en yüksek gerilme değerine orta noktada ulaşmış olup R_2 ve R_3 büyük yarıçap değerine sahip olan numuneler ise uç noktalardan yaklaşık 0,3 br uzaklıkta ulaşmışlardır. σ_y gerilmeleri maksimum gerilme değerine orta noktada ve $R_1=10,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça σ_y gerilmeleri azalmıştır. σ_z gerilmeleri de maksimum gerilme değerine orta noktada ulaşmış ve büyük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise en düşük gerilme değerini uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta almış en yüksek değerini de orta noktadan yaklaşık 0,1 br uzaklıklarda almış ve büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum eşdeğer gerilme değerlerinde azalma görülmektedir.

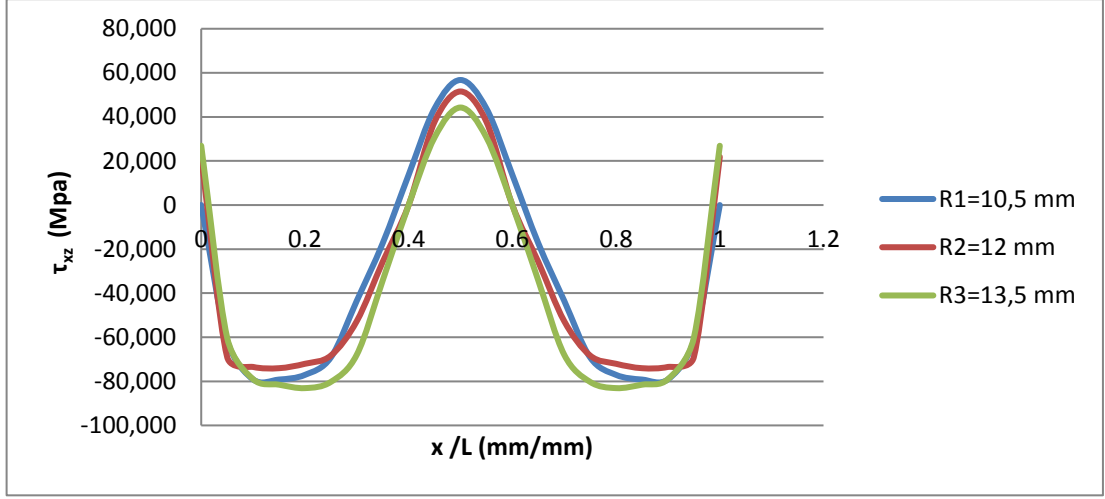




Şekil 6.4 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.5'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri B ve H noktalarında büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde azalma görülmüştür. Büyük yarıçap değişiminin maksimum gerilmeler üzerinde etkisi görülmemektedir. τ_{yz} gerilmeleri R_1 ve R_2 büyük yarıçaplı numuneler maksimum değerine uç noktalardan yaklaşık 0,2 br uzaklıkta ulaşırken R_3 yarıçaplı numune orta noktadan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. τ_{xz} gerilmeleri ise en yüksek gerilme değerine 0-0,4 br arasında ulaşmış olup büyük yarıçap değişimine göre gerilmeler değişim göstermiştir. B ve H noktalarında da büyük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler artmıştır.

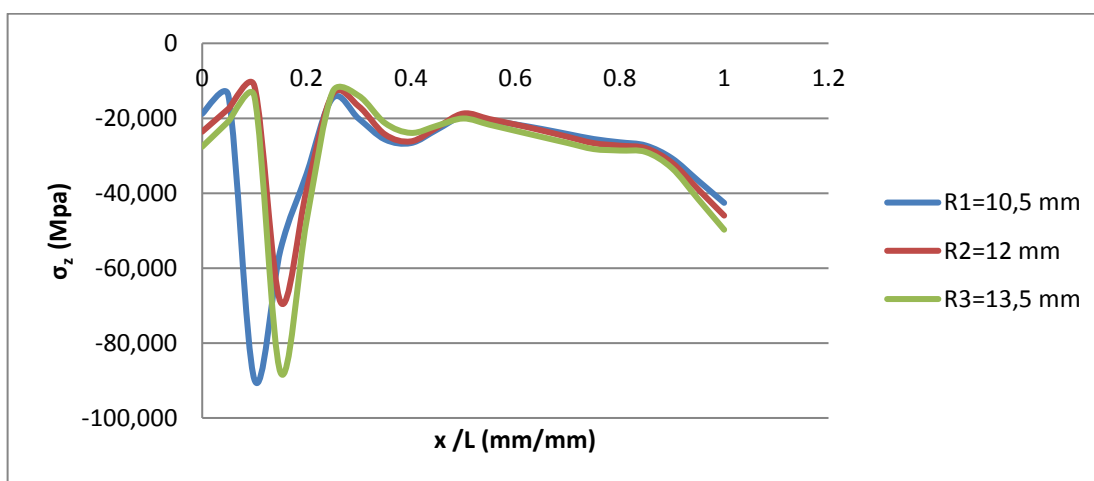
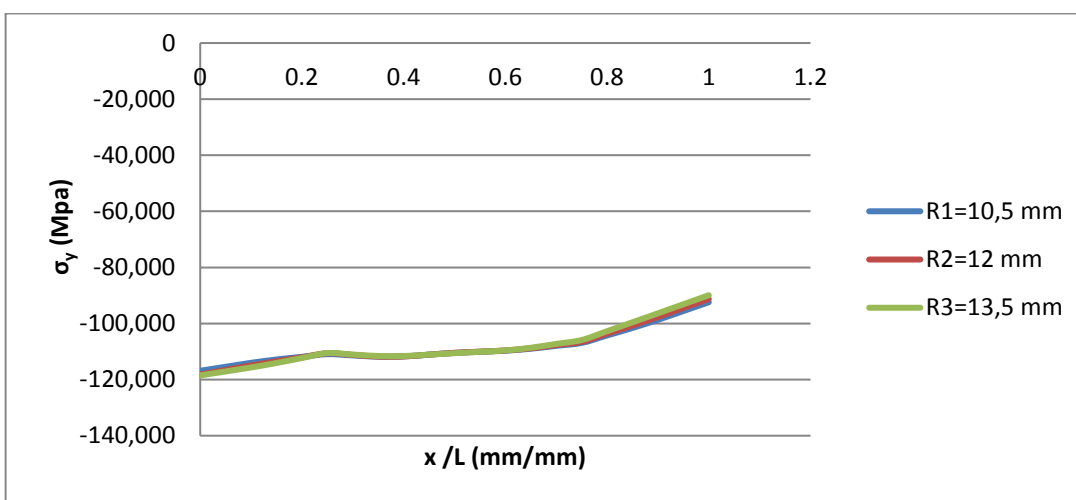
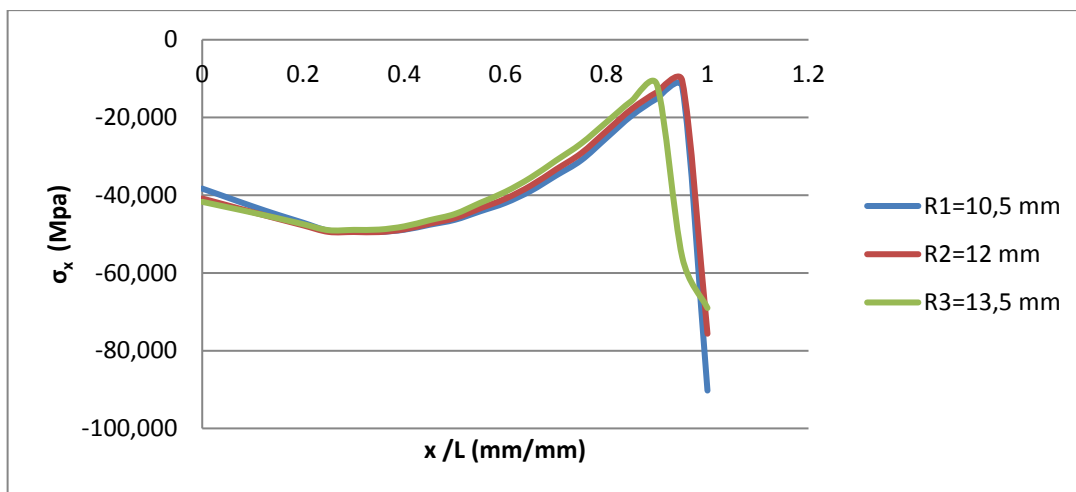


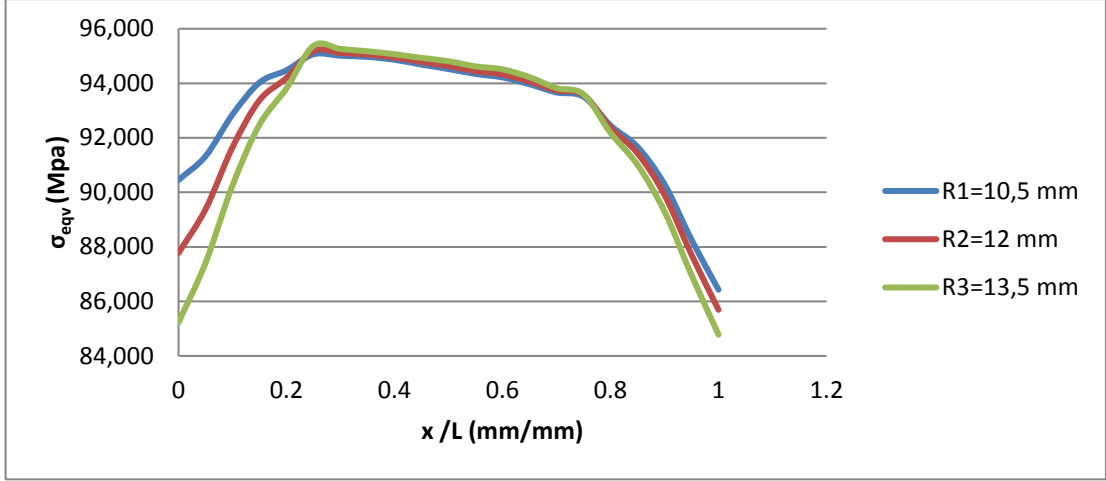


Şekil 6.5 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.3 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

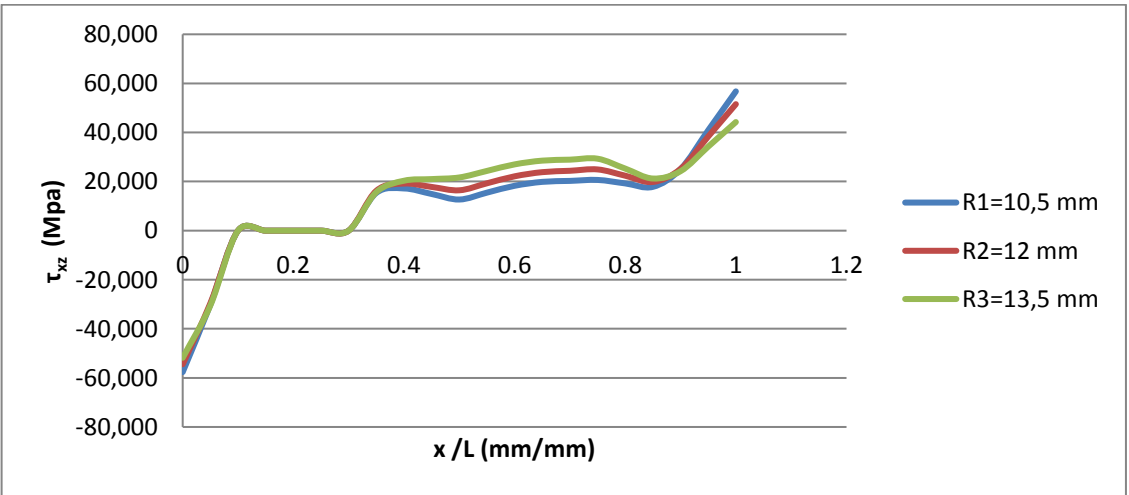
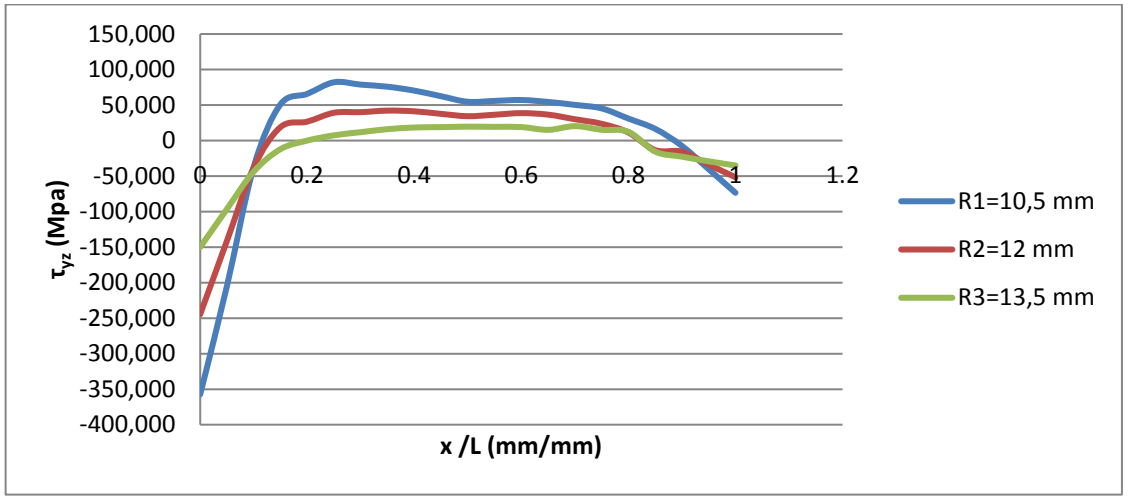
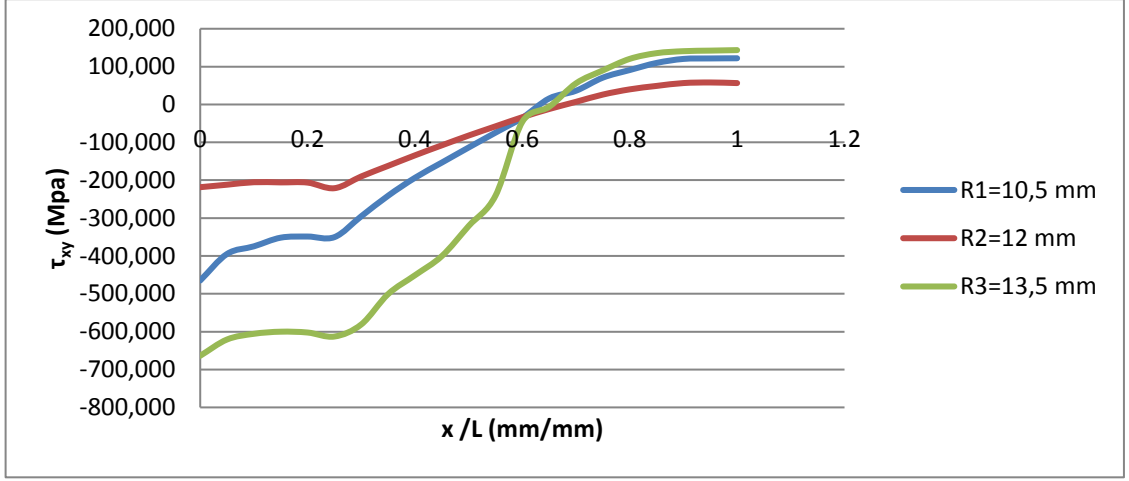
Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.6'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri maksimum gerilme değerine P noktasında ve $R_1=10,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde azalma görülmektedir. σ_y gerilmeleri negatif bölgede N noktasında maksimum gerilme değerine ulaşmış olup N noktasından uzaklaştıkça azalarak P noktasında minimum gerilme değerini almıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça σ_y gerilmelerinin maksimum değeri artış minimum değerleri azalma göstermiştir. σ_z gerilmeleri de maksimum gerilme değerlerine 0-0,2 br arasında ulaşmış ve büyük yarıçap değişimine göre gerilme değerleri değişiklik göstermiştir. Uç noktalarda büyük yarıçap arttıkça σ_z gerilmeleri de artış göstermiştir. Eşdeğer gerilmeler ise en yüksek gerilme değerine 0,2-0,4 br arasında ulaşmış en düşük gerilme değerlerine de P noktasında ulaşmışlardır. Büyük yarıçap değeri arttıkça eşdeğer gerilmelerin maksimum değeri azalmış minimum değeri artmıştır.





Şekil 6.6 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

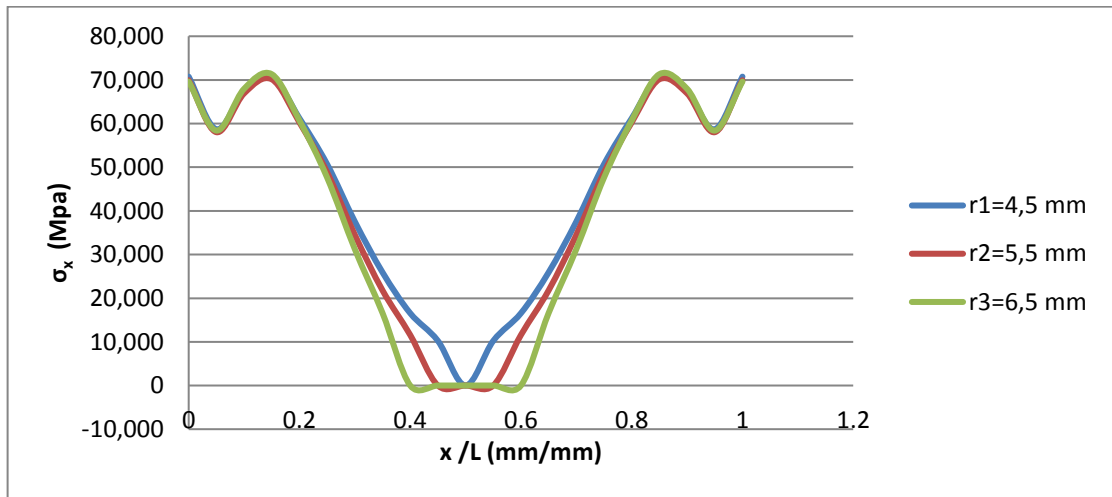
Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.7’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri N noktasında en yüksek gerilme değerlerini göstermiş olup Büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir. Bunun sebebi de çatlakın N noktasında başlaması ve elips ucu keskinleştikçe yani büyük yarıçap arttıkça numune daha yüksek gerilmelere maruz kalacaktır. τ_{yz} gerilmeleri de yine τ_{xy} gerilmeleri gibi en yüksek gerilme değerlerine N noktasında ulaşmıştır fakat büyük yarıçap arttıkça gerilme değerleri azalmıştır. τ_{xz} gerilme dağılım grafikleri incelenirse maksimum gerilmeler N noktasında $R_1=10,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmüş ve P noktasında da maksimum gerilmelere yakınsamış gerilme değerleri görülmektedir.

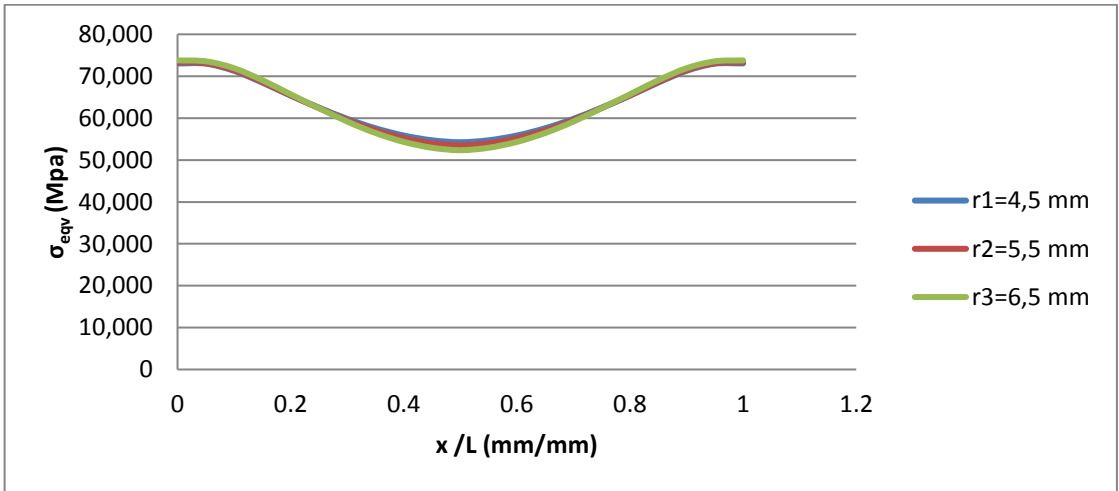
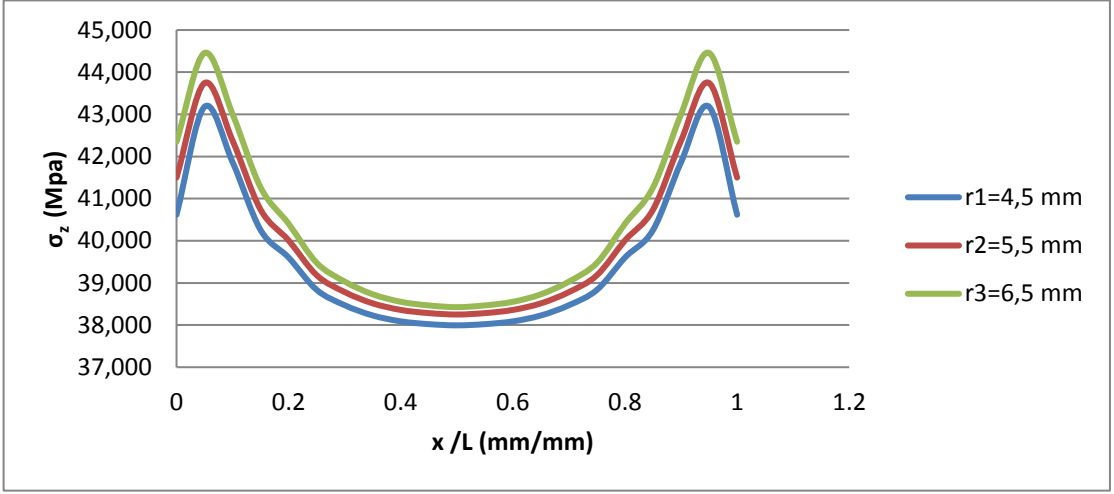
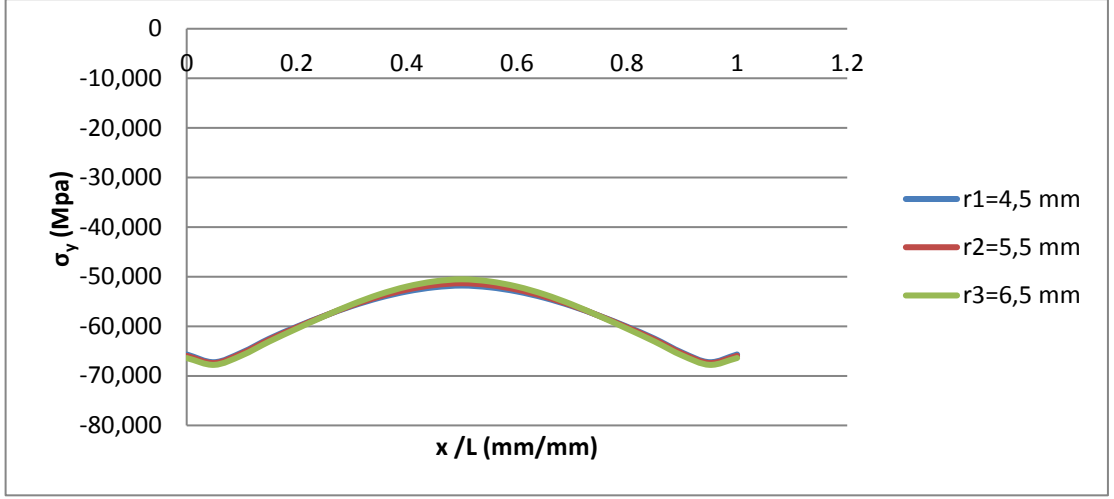


Şekil 6.7 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.4 Yamasız, elips Büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

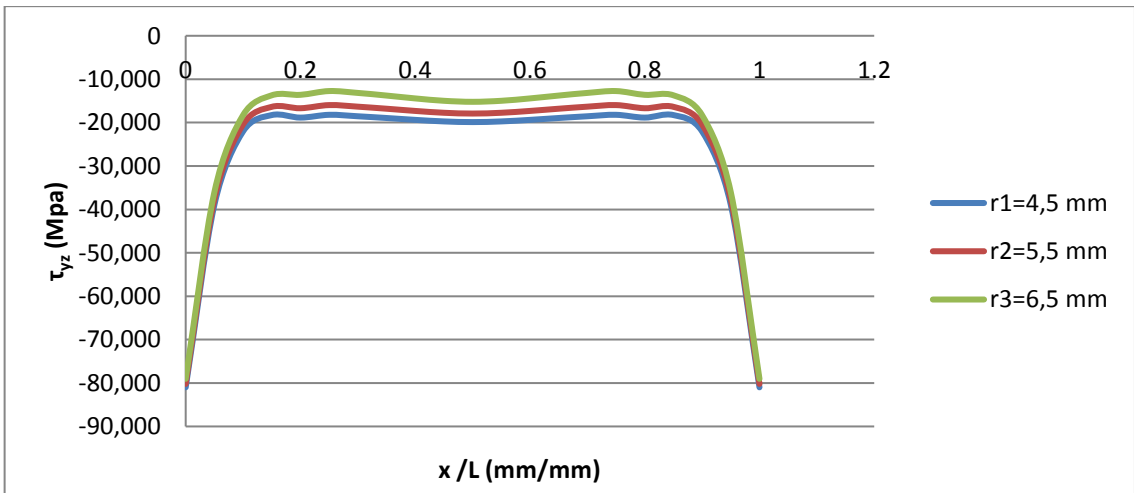
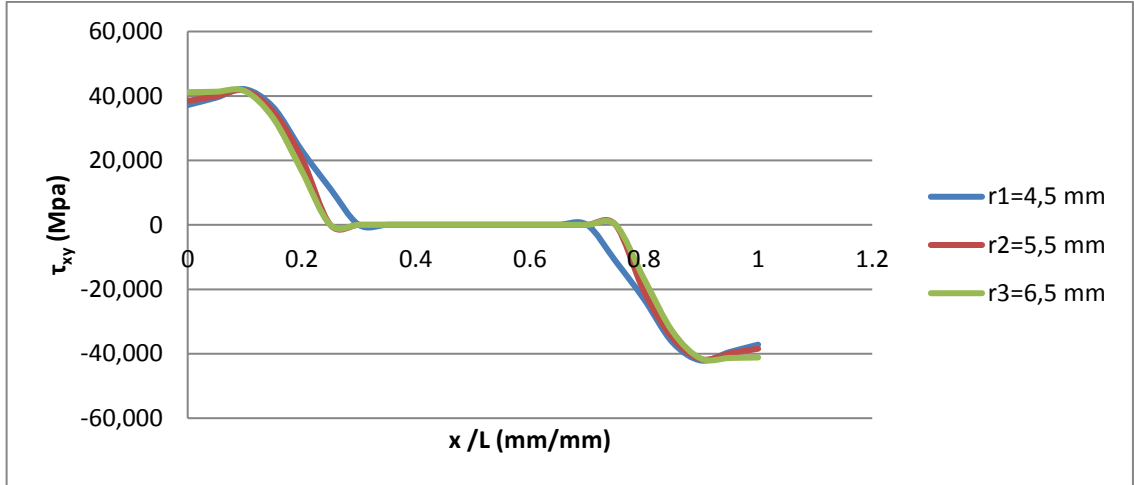
Yamasız, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.8’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri A ve B noktalarında ve uç noktalardan yaklaşık 0,2 br uzaklıklarda maksimum gerilme değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değişiminin maksimum gerilme değerleri üzerinde etkisi yoktur. En düşük σ_x gerilmeleri ise orta noktalarda görülmektedir. σ_y gerilme dağılımları incelenirse negatif yönde ve uç noktalara yaklaşık 0,05 br uzaklıkta en yüksek değerine ulaşmış olup minimum değerine de orta noktada ulaşmıştır. Küçük yarıçap değişiminin σ_y gerilmeleri üzerinde pek fazla etkisi görülmemektedir. σ_z gerilmeleri de σ_y gerilmeleri gibi uç noktalar yaklaşık 0,05 br uzaklıkta maksimum gerilme değerine ulaşmış minimum gerilme değerleri ise orta noktada görülmektedir. Küçük yarıçap değeri arttıkça σ_z gerilme değerleri de artış göstermiştir. Eşdeğer gerilmeler ise karakteristik olarak σ_y gerilmelerine benzer gerilme dağılım grafiği göstermiş olup aynı yorum geçerlidir fakat eşdeğer gerilmeler pozitif yönde gerilme dağılımını göstermişlerdir.

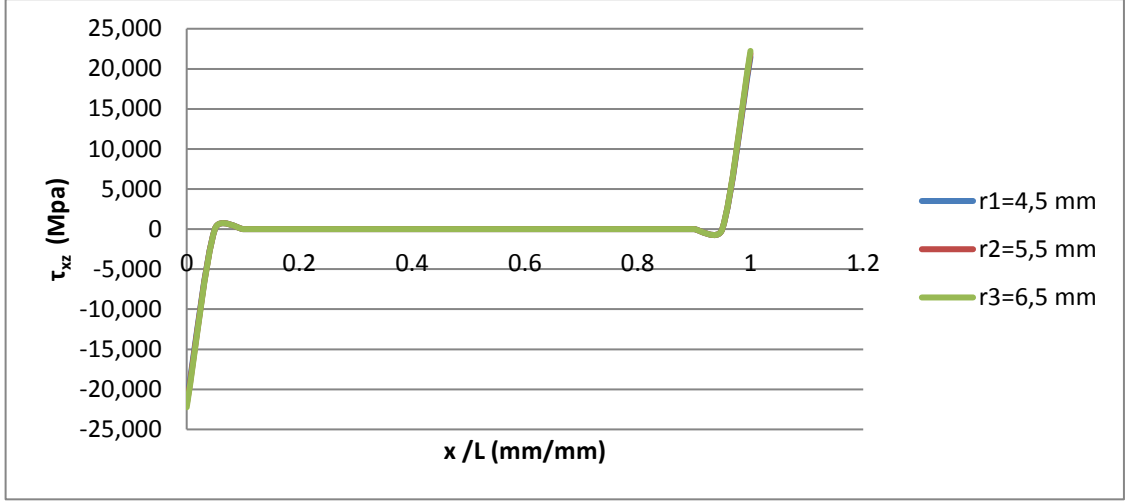




Şekil 6.8 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.9'da verilmiştir. τ_{xy} ve τ_{xz} gerilmeleri birbirine benzer gerilme dağılım grafiği göstermiştir ve uç noktalarda maksimum gerilme değerine ulaşmış uç noktalardan uzaklaştıkça ani düşme göstermişler orta noktalarda sıfır değerini alarak sabit kalmışlardır. Küçük yarıçap değişiminin τ_{xz} gerilmeleri üzerinde etkisi bulunmamaktadır fakat küçük yarıçap değeri arttıkça τ_{xy} gerilmelerinin maksimum değerleri de artış göstermiştir. τ_{yz} gerilmeleri negatif yönde ve uç noktalarda maksimum gerilme değerine ulaşmış orta noktalarda da minimum gerilme değerini almışlardır. Küçük yarıçap değeri arttıkça τ_{yz} gerilmeleri azalmıştır.

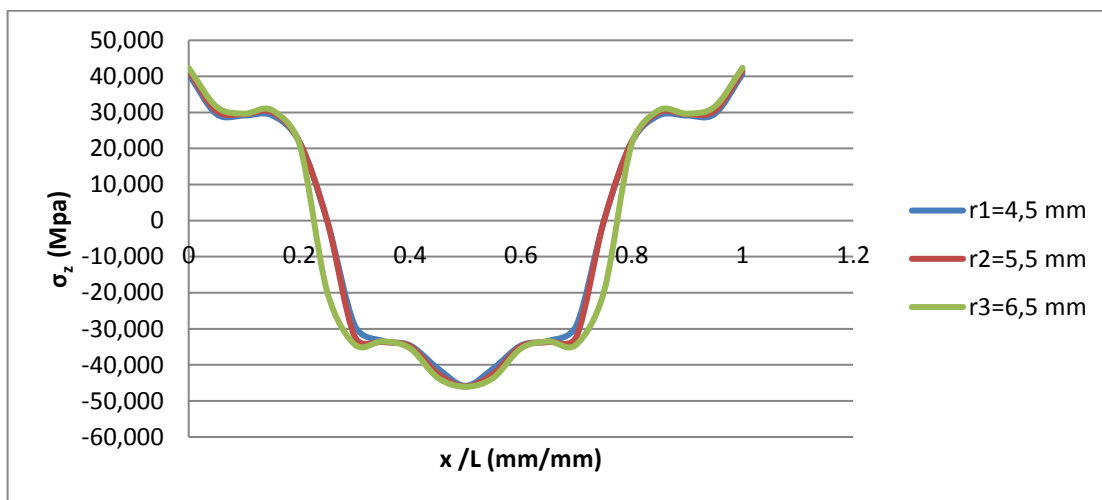
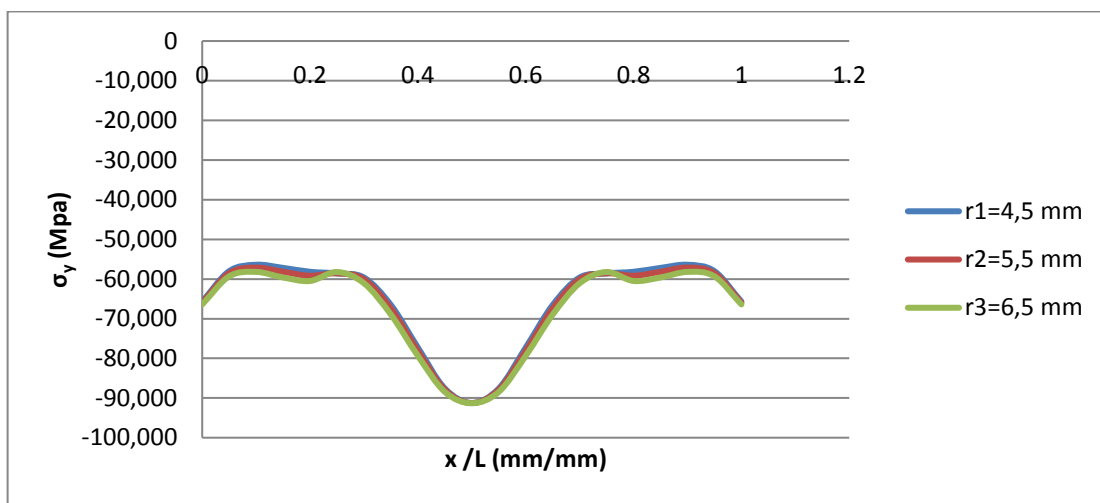
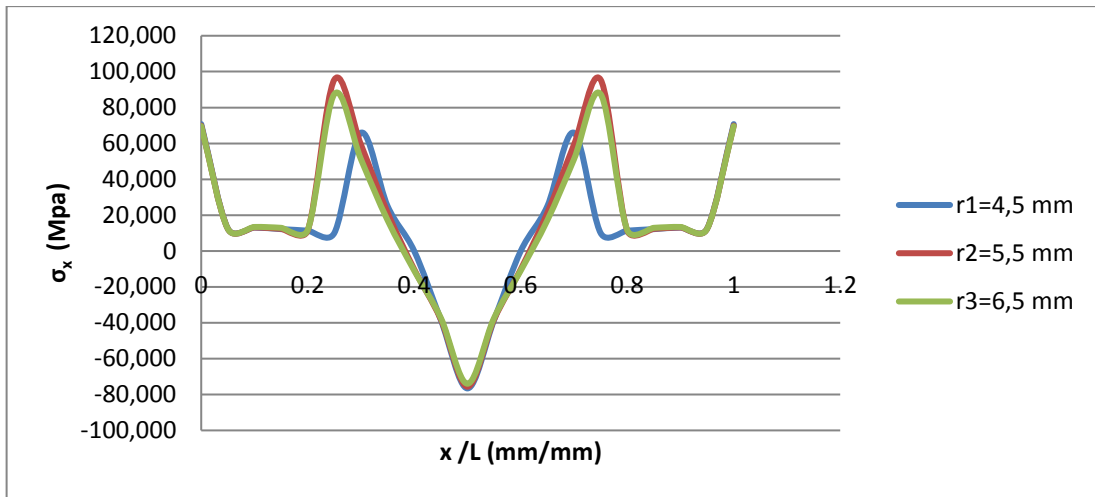


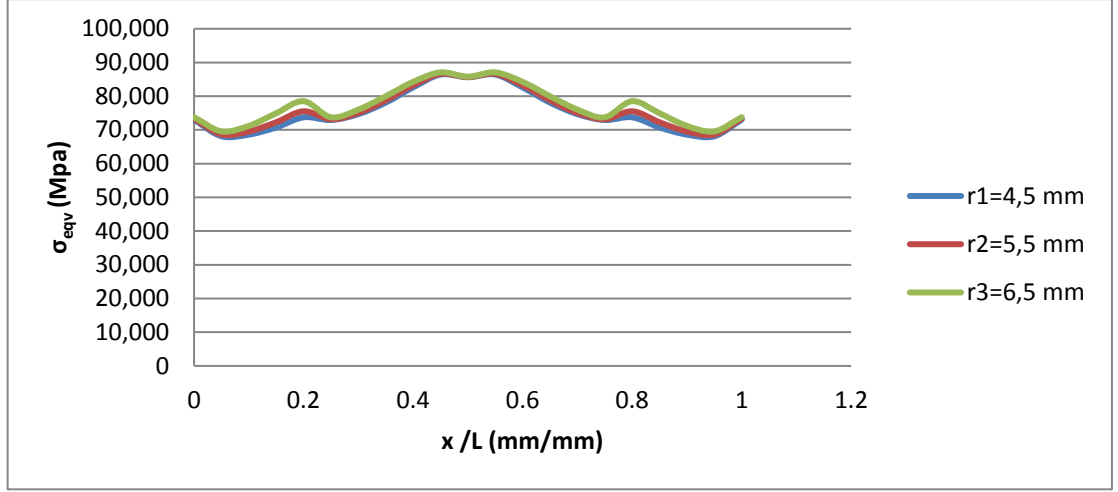


Şekil 6.9 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.5 Yamasız, elips Büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

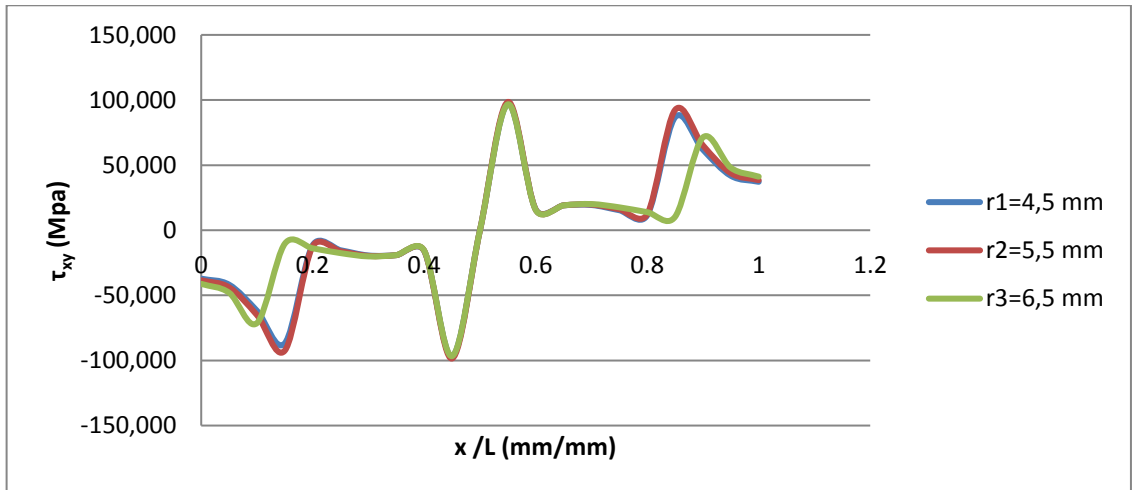
Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.10'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri maksimum gerilme değerine 0,2-0,4 ve 0,6-0,8 br arasında ulaşmış olup küçük yarıçap değişimine göre gerilmeler farklılık göstermiştir. σ_y gerilmeleri negatif bölgede ve orta noktada maksimum gerilme değerine ulaşmış olup minimum gerilmeler uç noktadan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta görülmektedir. Küçük yarıçap değeri azaldıkça minimum gerilmeler de azalmış maksimum gerilmeler değişmemiştir. σ_z gerilmeleri negatif bölgede, orta noktada ve $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede maksimum gerilme değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise maksimum gerilme değerine orta noktada ulaşmış minimum değerini de uç noktadan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta almıştır. Küçük yarıçap değişiminin maksimum gerilmeler üzerinde etkisi yoktur.

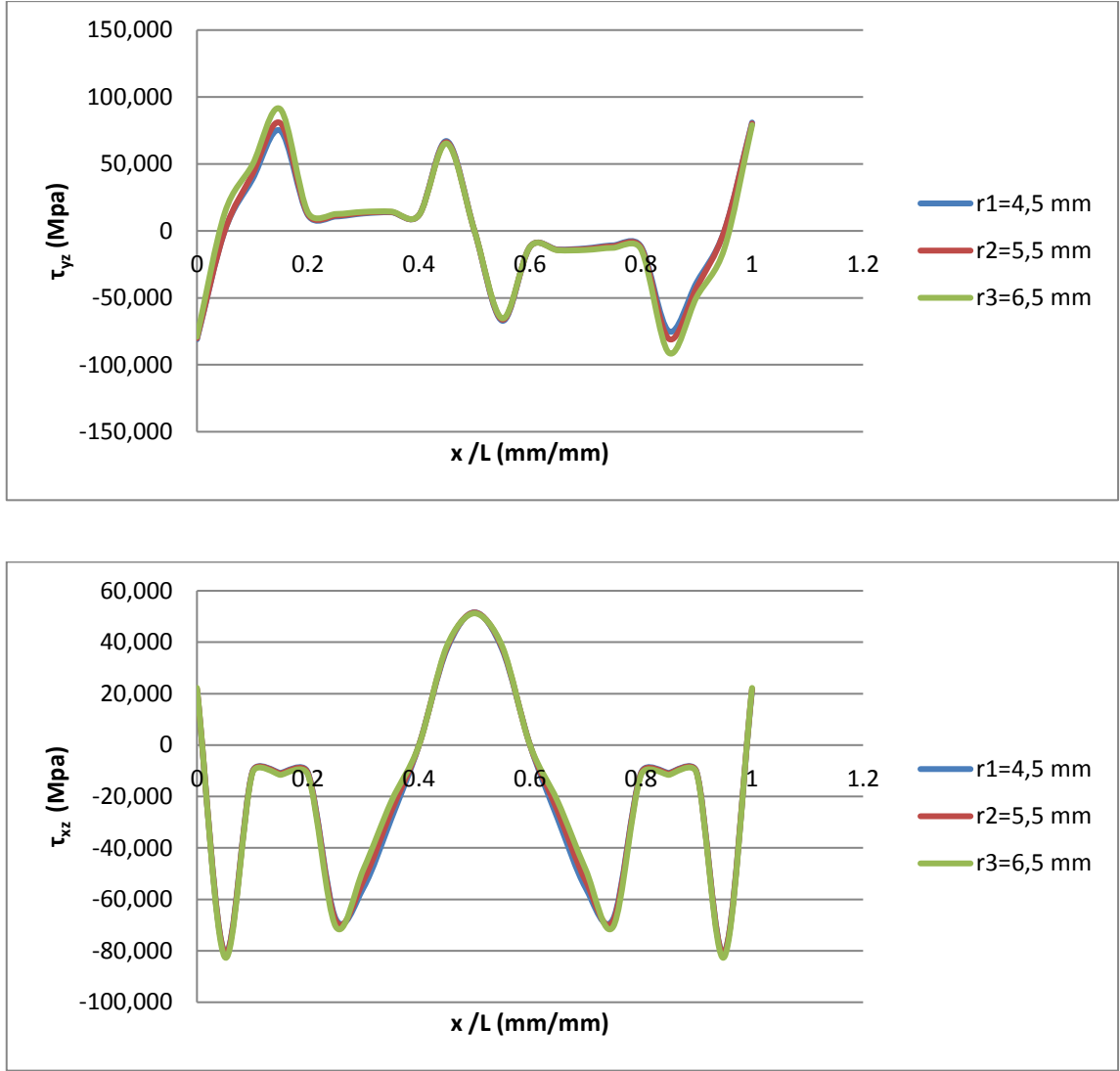




Şekil 6.10 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.11’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri maksimum gerilme değerine orta noktadan yaklaşık 0,1 br uzaklıklarda ulaşmış minimum değerini ise uç noktalardan yaklaşık 0,2 br uzaklıklarda almıştır. τ_{yz} gerilmeleri en yüksek gerilme değerine 0-0,2 ve 0,8-1 br arasında ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değerleri de artmıştır. τ_{xz} gerilme dağılım grafikleri incelenirse τ_{xz} gerilmeleri gibi maksimum gerilme değerine 0-0,2 ve 0,8-1 br arasında ulaşmıştır. τ_{yz} gerilmeleri dışındaki kayma gerilmeleri küçük yarıçap değişiminden pek fazla etkilenmemiştir.



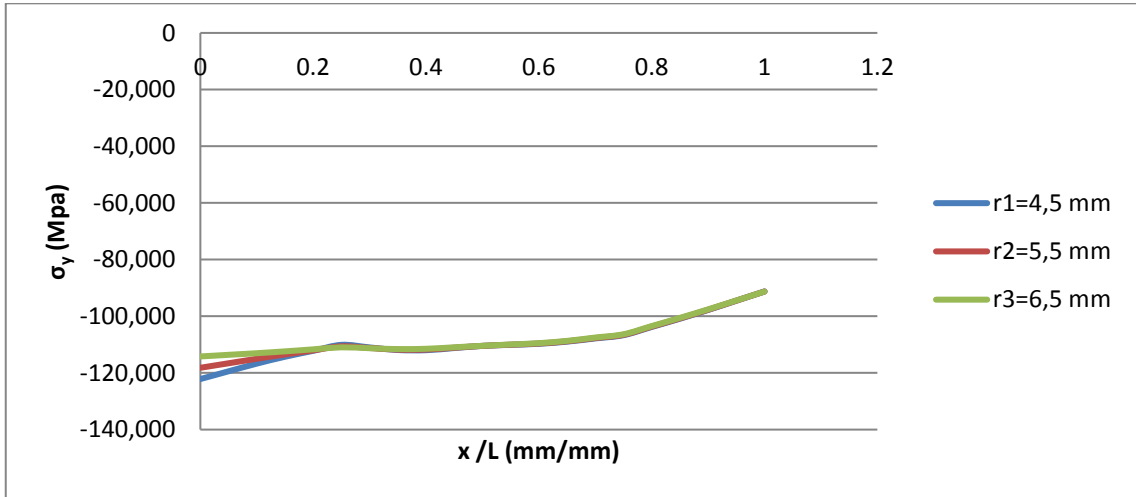
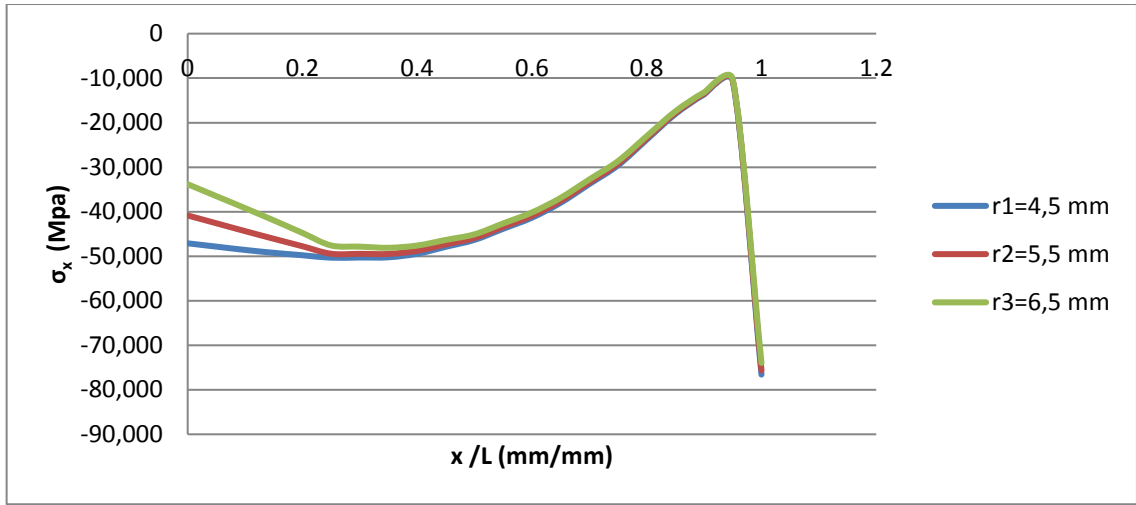


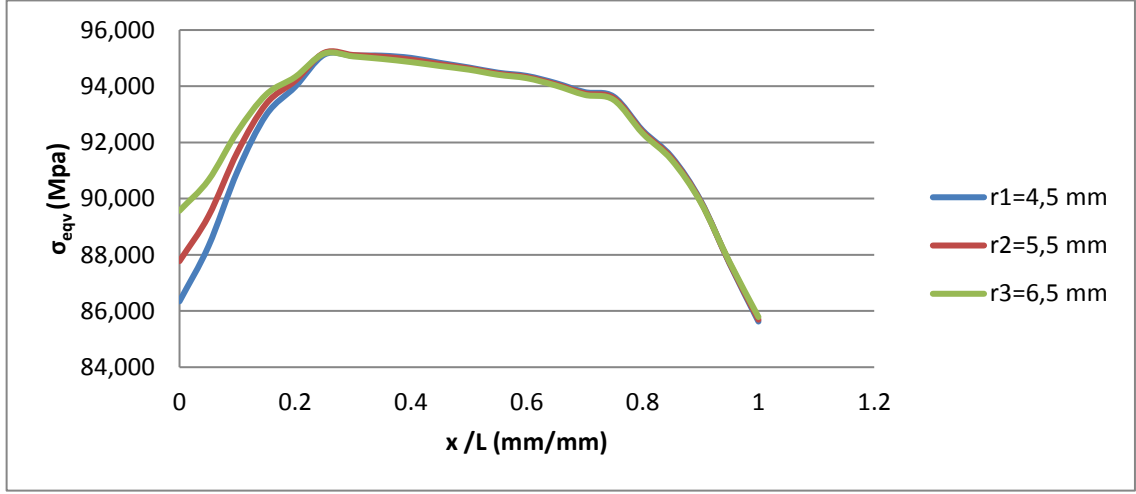
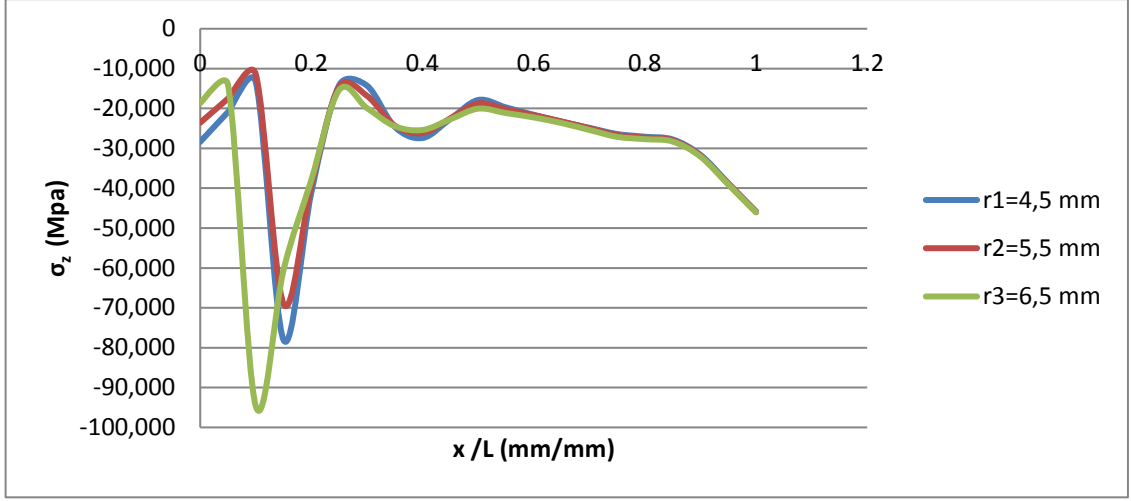
Şekil 6.11 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.6 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.12’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri negatif yönde ve P noktasında en yüksek gerilme değerine ulaşmıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmeler ve N noktasındaki gerilmeler de azalma görülmüştür. σ_y gerilmelerinin en düşük gerilme değeri N noktasında görülmekte ve uç noktadan

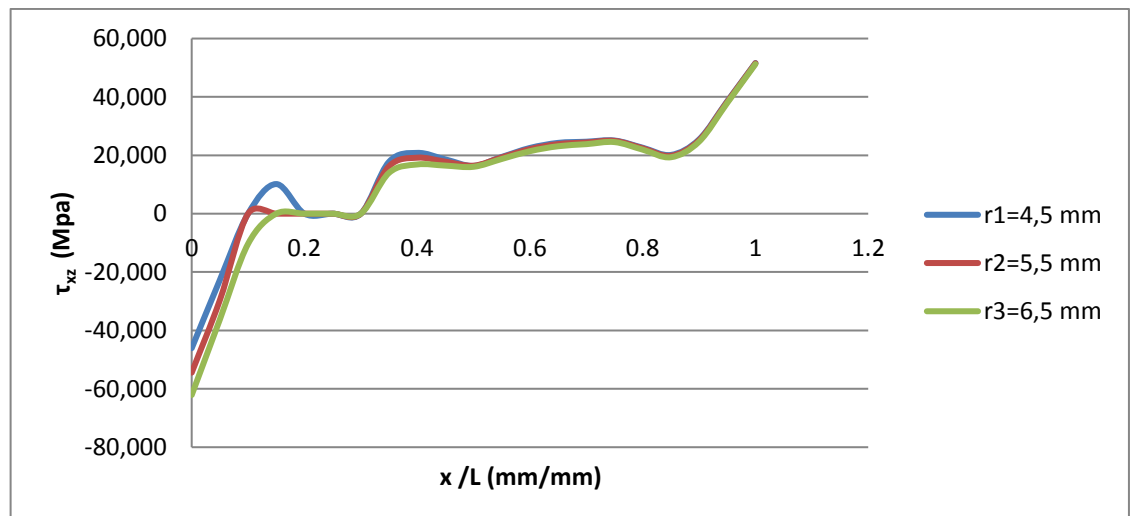
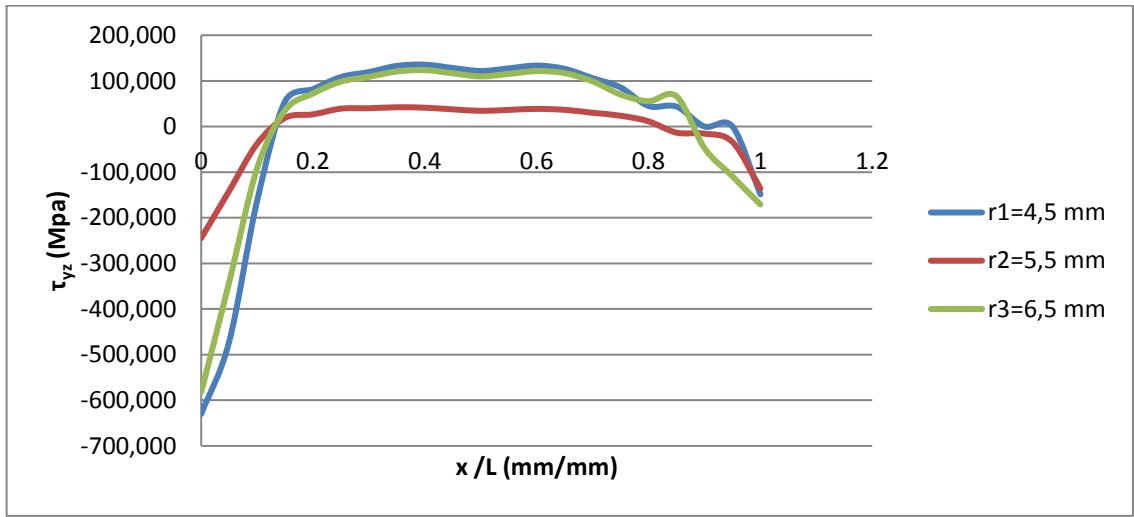
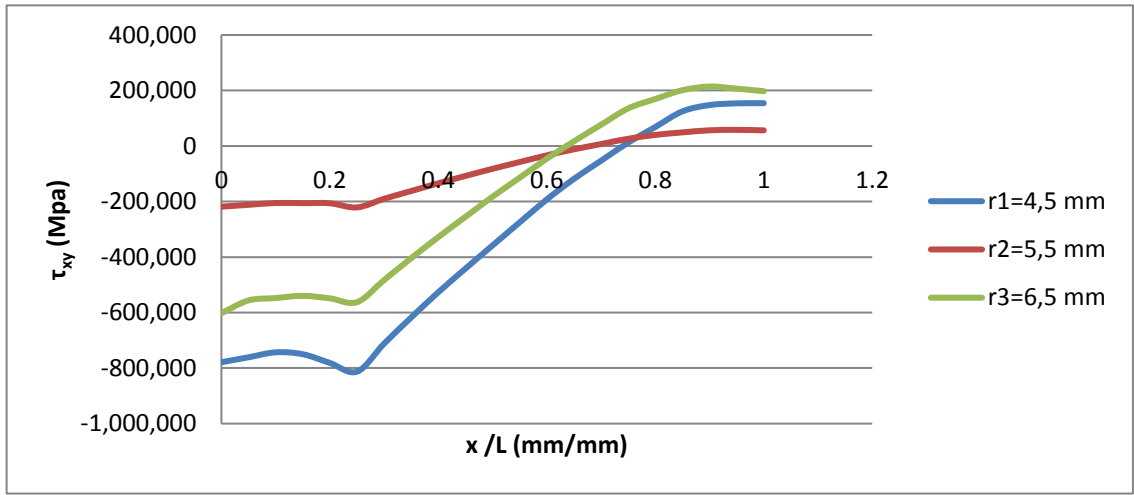
uzaklaştıkça artış göstererek P noktasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. σ_z gerilmeleri negatif yönde 0-0,2 br arasında en yüksek gerilme değerine $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmış ve küçük yarıçap değişimine göre gerilmeler farklılık göstermiştir. Eşdeğer gerilmeler ise N noktasında küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir. Eşdeğer gerilmeler en yüksek gerilme değerine P noktasında ulaşmıştır.





Şekil 6.12 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

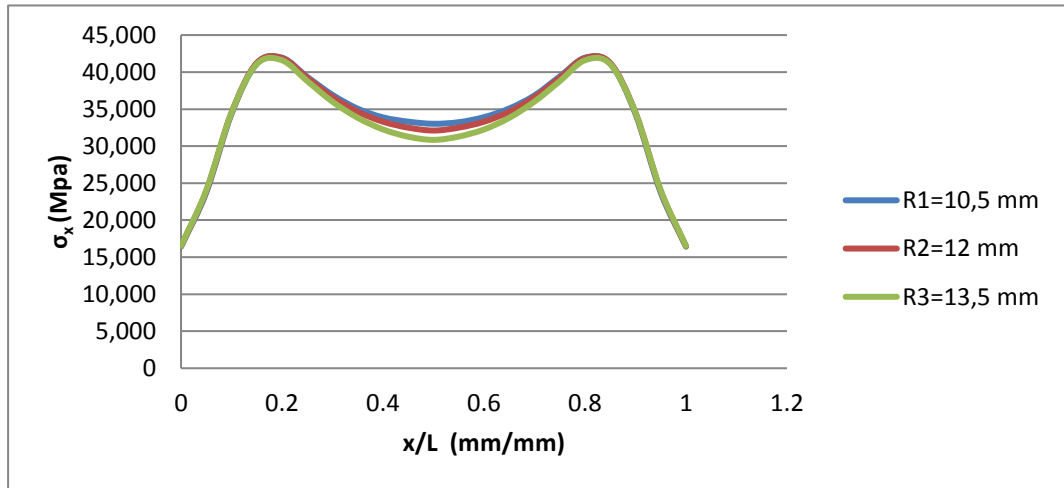
Yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.13'te verilmiştir. En yüksek τ_{xy} ve τ_{yz} gerilme değerleri N noktasında ve negatif yönde görülmekte olup küçük yarıçap değişimine göre gerilme değerleri değişiklik göstermektedir. τ_{xz} gerilmeleri ise en yüksek gerilme değerine N noktasında ulaşmış fakat $r_1=4,5$ mm küçük yarıçap değişimine sahip olan numune en yüksek gerilme değerine P noktasında ulaşmış ve en düşük τ_{xz} gerilmeleri de 0,1-0,3 br arasında görülmektedir. Küçük yarıçap değeri arttıkça maksimum τ_{xz} gerilme değerleri de artış göstermiştir.

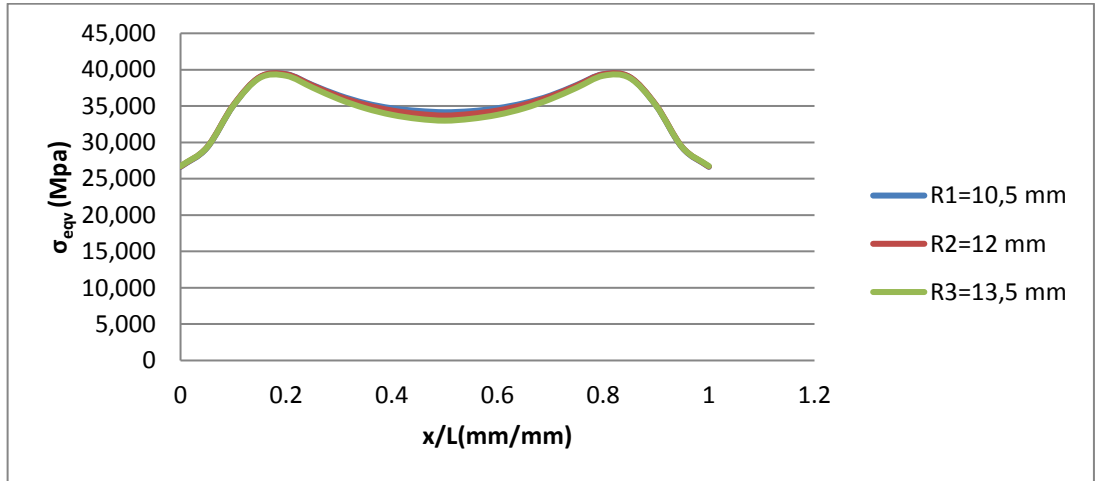
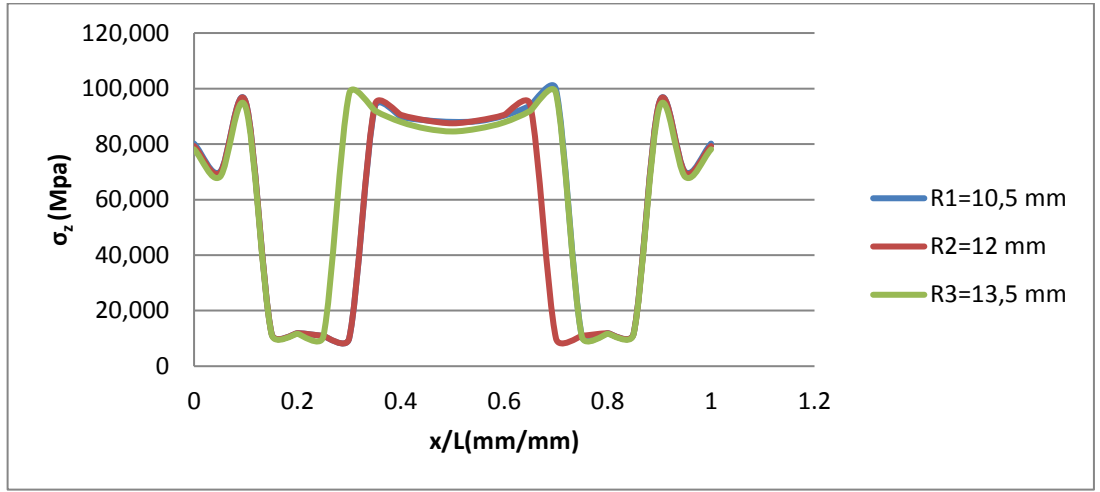
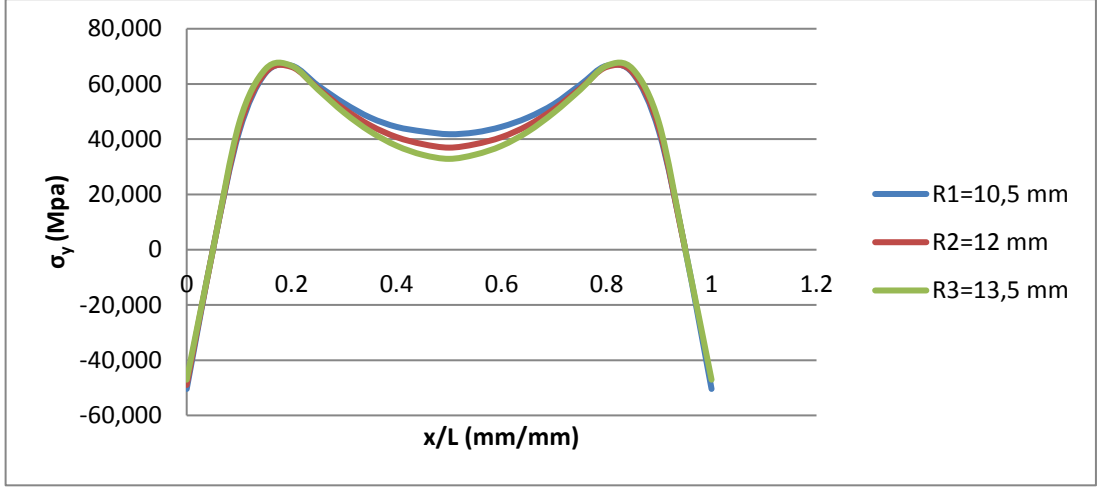


Şekil 6.13 Yamasız, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.7 Çift tarafı WxH=40x24 mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

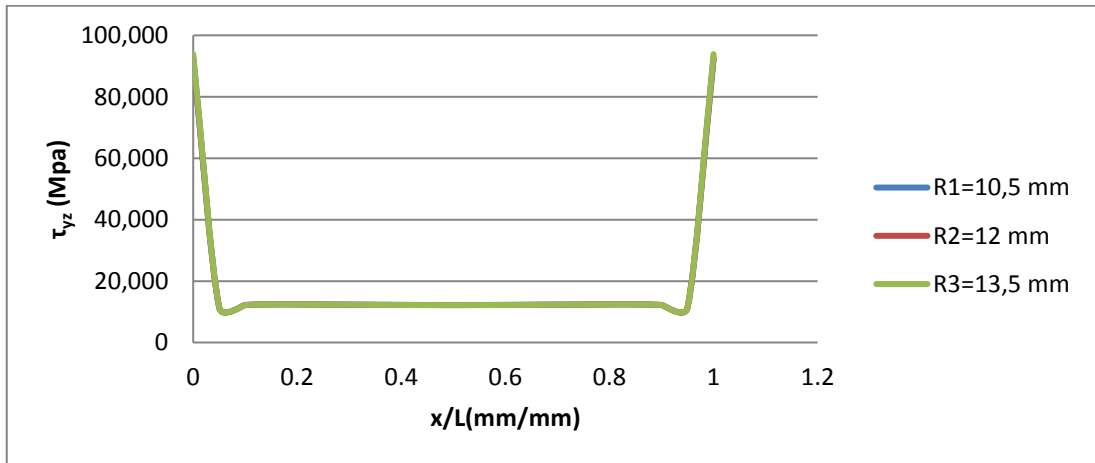
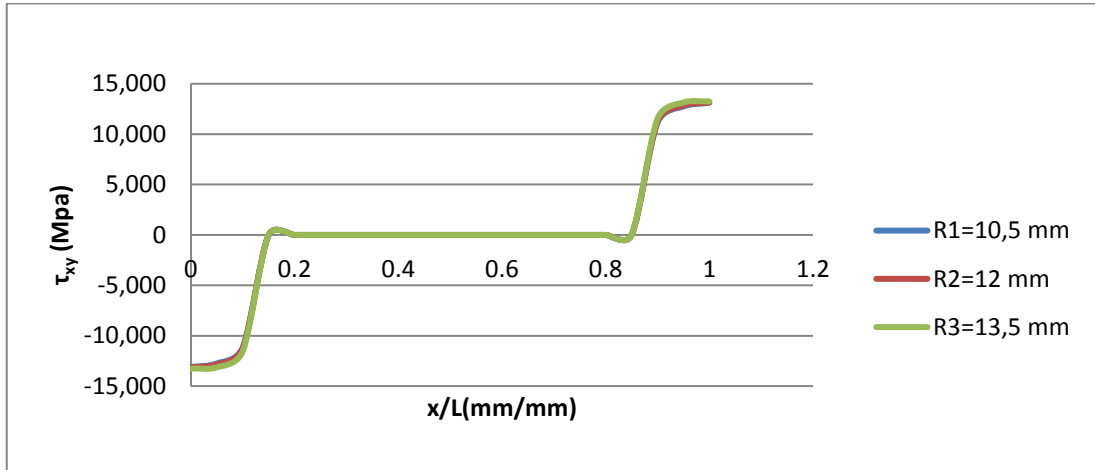
Çift tarafı yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.14'de gösterilmiştir. Gerilmeler elipsin uç noktalarına yaklaştıkça maksimum değeri gösterirken yama uçlarında minimum değeri göstermektedir. AB yörüngesi boyunca en büyük ve en küçük gerilmeler yarıçap değerlerinin değişimine göre yaklaşık aynıdır. En yüksek gerilmeler σ_z gerilmeleridir ve A noktasından 0,2 ile 0,8 br uzaklıkta minimum değerdeyken 0,3 ile 0,7 br uzaklıklarda maksimum değerleri almıştır. Negatif değerde başlayan σ_y gerilmeleri mutlak değerde artış göstermiş ve artan azalan durumda ilerlemiştir. σ_x gerilmeleri artan değerler şeklinde başlayıp orta noktalarda artan azalan olarak devam etmiştir. R büyük yarıçap değişiminin gerilme dağılımları üzerinde fazla etkisinin olmadığı görülmektedir.

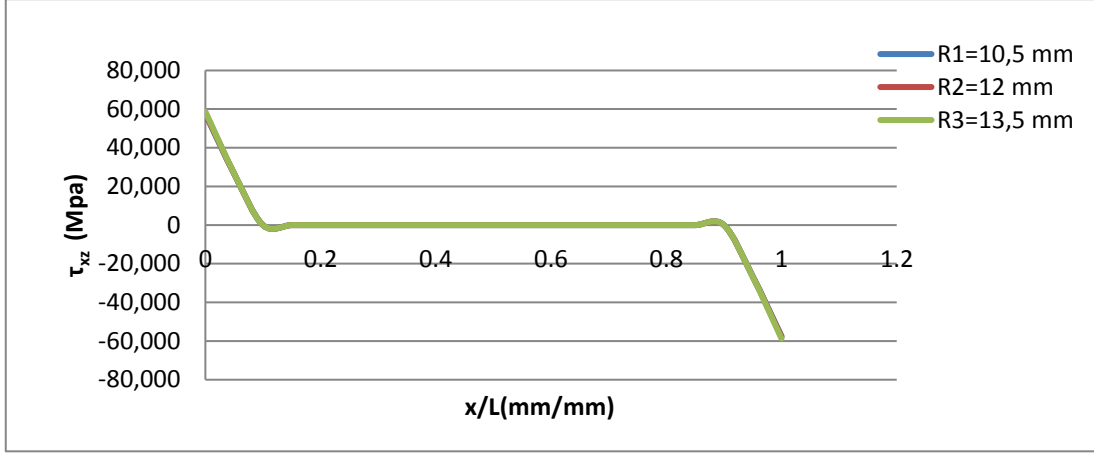




Şekil 6.14 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.15’de verilmiştir. Grafiklerde görüldüğü gibi maksimum ve minimum değerler A ve B noktalarında oluşmaktadır, τ_{xy} gerilmeleri A noktasında maksimum değer alırken A noktasından uzaklaştıkça ani bir düşme göstererek sıfır olmuştur. B noktasına yaklaştıkça artarak tekrar maksimum değere ulaşmıştır, τ_{yz} gerilmeleri A noktasında maksimum değerle başlamış 0,2 mm uzaklaşınca sıfır değerini almıştır. B noktasına doğru yaklaştıkça artarak tekrar maksimum değer almıştır. τ_{xz} gerilmeleri A noktasında maksimum değerdeyken orta noktalarda sıfır olup B noktasına doğru yaklaştıkça yükselerek maksimum değere ulaşmıştır. R büyük yarıçap değişiminin gerilme dağılımları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

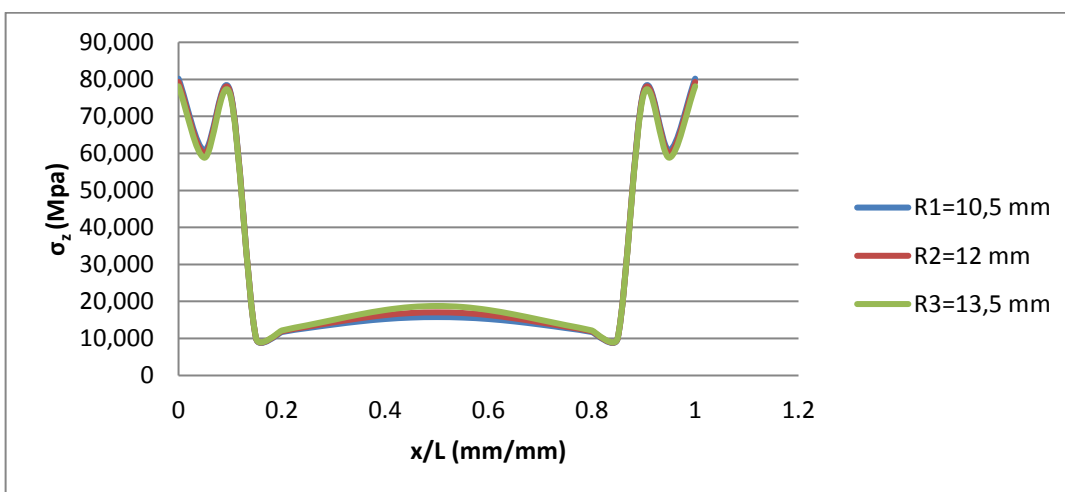
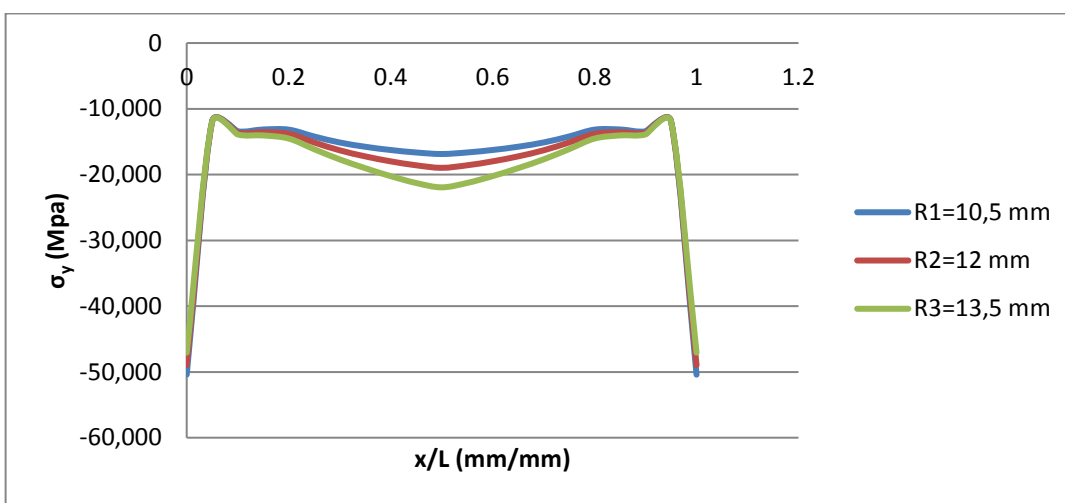
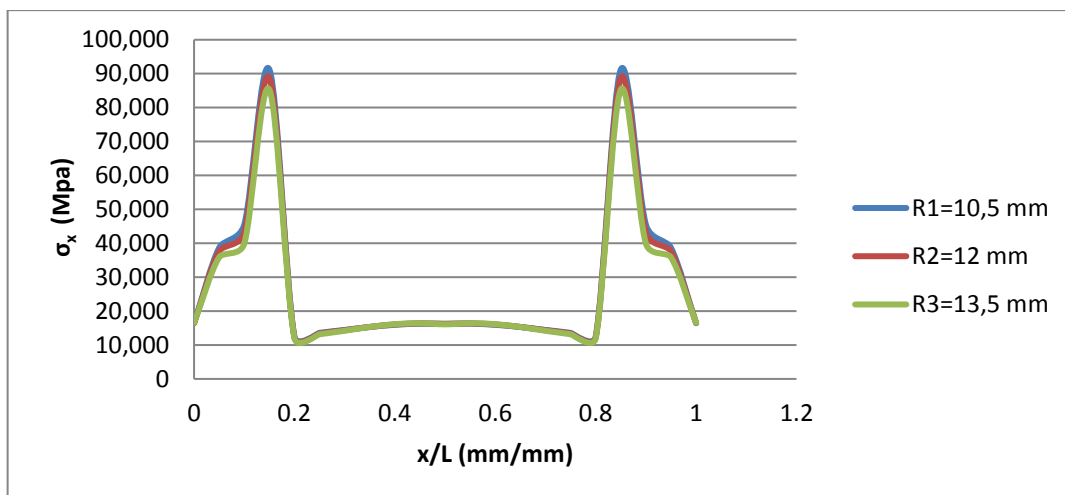


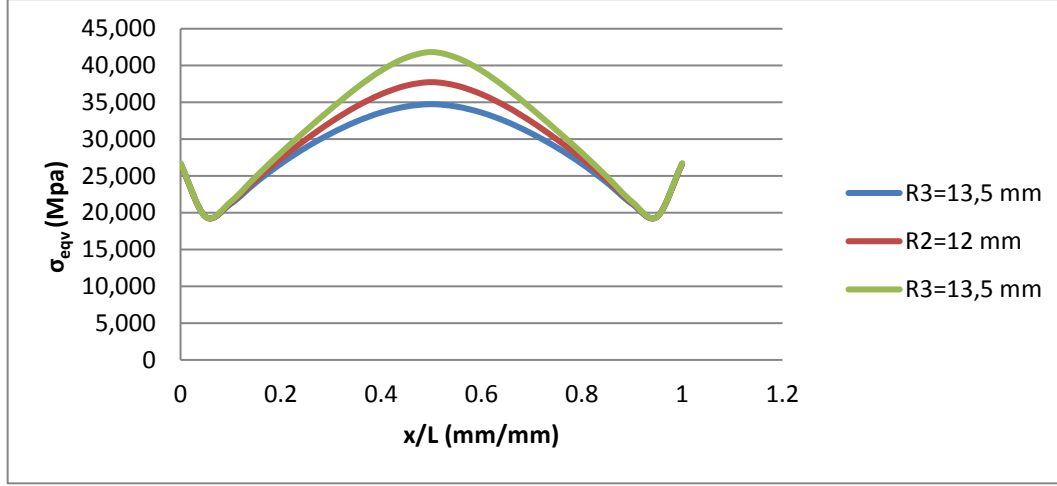


Şekil 6.15 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.8 Çift taraflı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

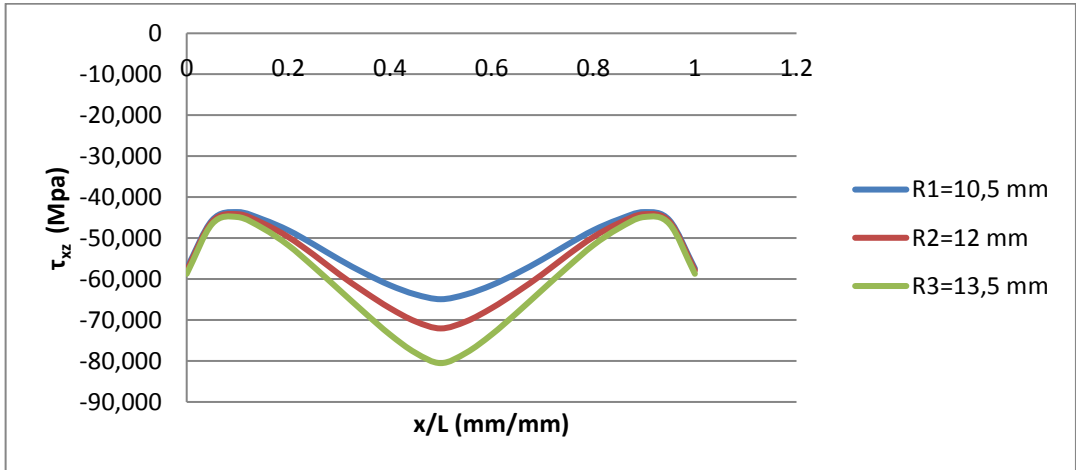
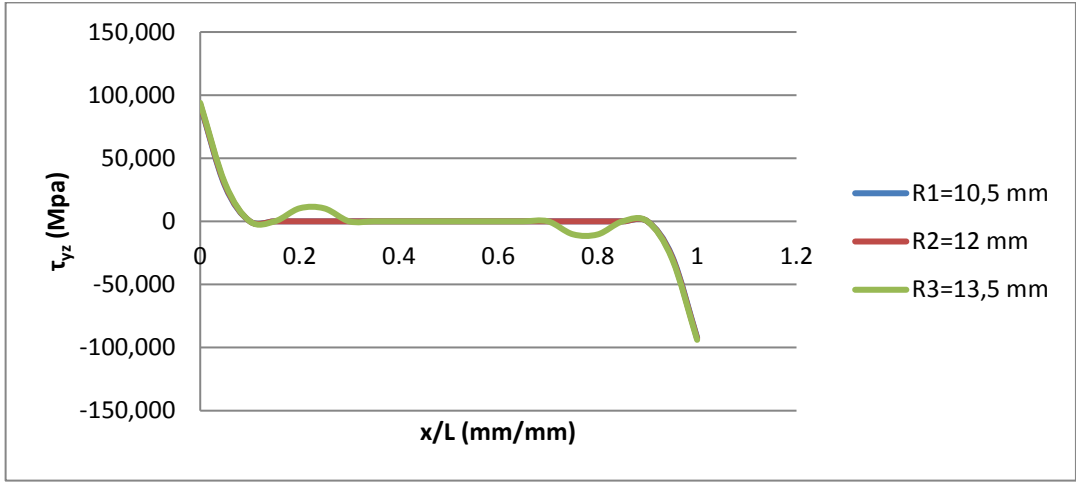
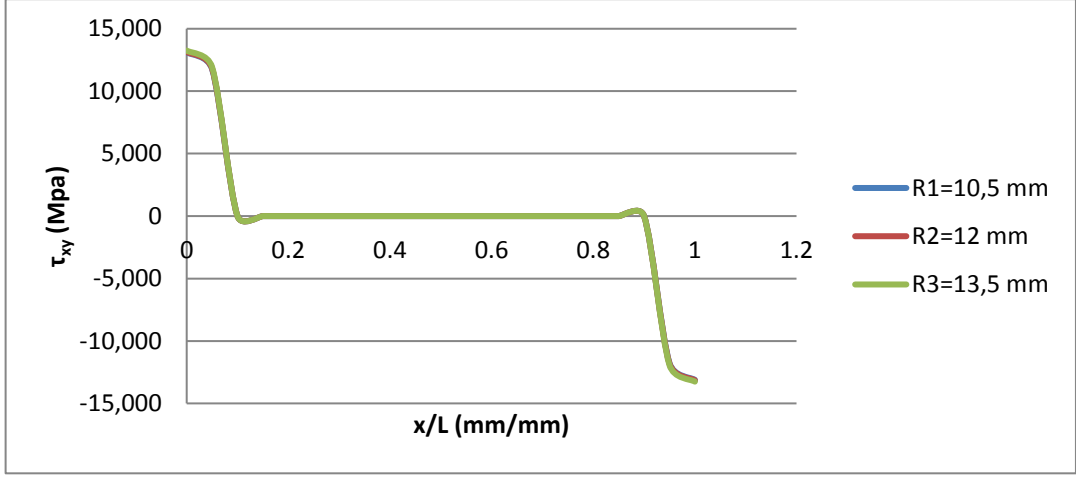
Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.16'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri B noktasında minimum değere yakın bir değerdeyken 0,2 mm uzaklaşınca maksimum değeri ulaşmış yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değerleri azalmıştır. Orta noktalarda minimum gerilme değerini alırken H noktasına yaklaştıkça tekrar maksimum değer alıp ani düşüşle minimuma yaklaşmaktadır. σ_y gerilmeleri B ve H noktalarında maksimum değere ulaşmış olup büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmeler azalmıştır. Uç noktalardan 0,1 mm uzaklaşınca σ_y gerilmeleri minimum gerilme değerini almaktadır. σ_z gerilmeleri ise B noktasında maksimum değerle başlayıp uç noktadan uzaklaşınca azalan artan şekilde devam ettiği görülmektedir. Eşdeğer gerilmeler orta noktada en yüksek değere ulaşmıştır. R büyük yarıçap değeri arttıkça eşdeğer gerilmeler artmıştır.





Şekil 6.16 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

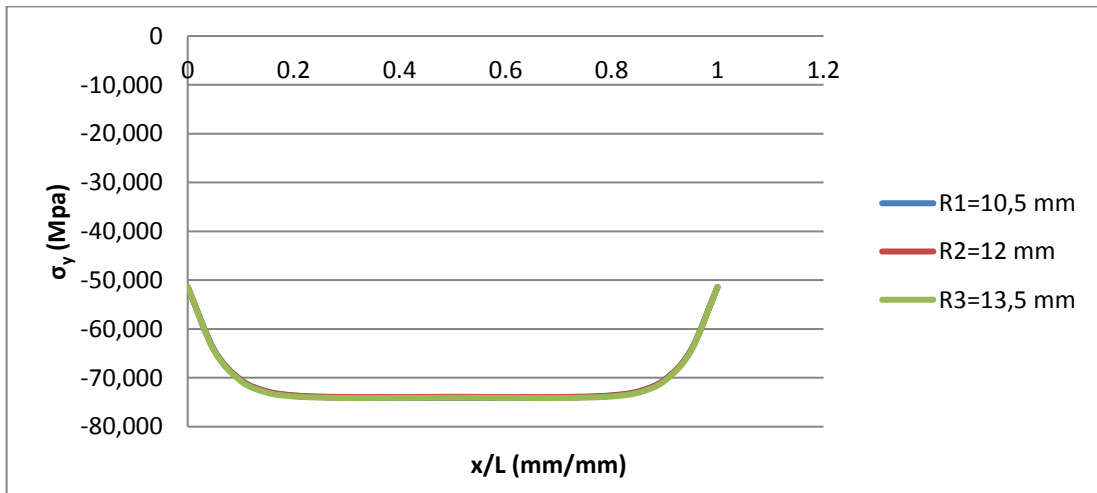
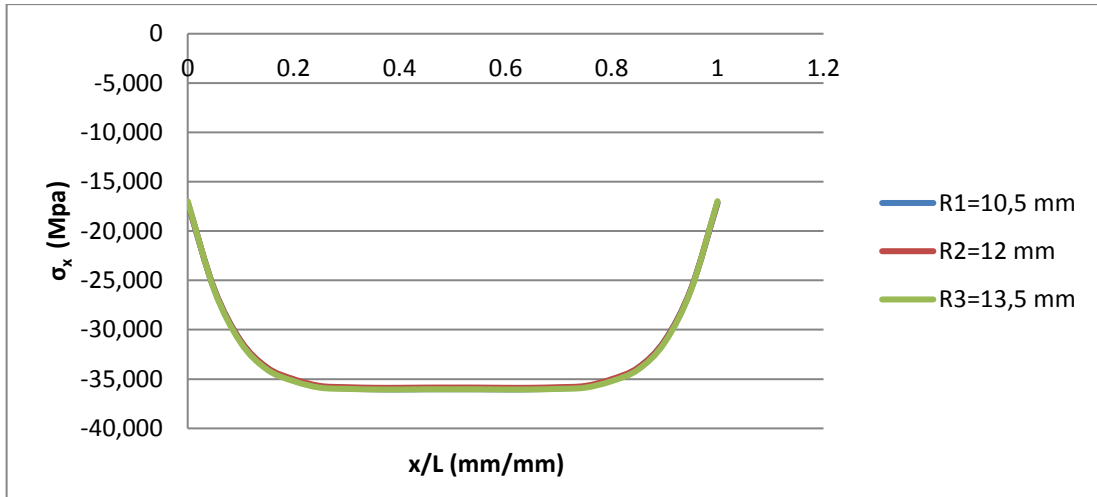
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.17’de verilmiştir. σ_{xz} dışındaki gerilmeler birbirine benzemektedir, σ_{xy} ve σ_{yz} gerilmeleri öncelikle en yüksek gerilme değerleriyle pozitif bölgede başlayıp uç noktadan uzaklaştıkça gerilmeler sıfır civarında olup oldukça düşüktür. H noktasına doğru yaklaştıkça gerilmeler negatif yönde artış göstererek tekrar maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. σ_{xz} gerilmesi B ve H noktalarından yaklaşık 0,1 br uzaklaştıkça en düşük gerilme değerlerini almış orta nokta negatif tarafta en yüksek gerilme değerine ulaşmıştır. R büyük yarıçap değişiminin çok fazla etkisinin olmadığı görülürken σ_{xz} gerilmeleri büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değerleri de artış göstermiştir.

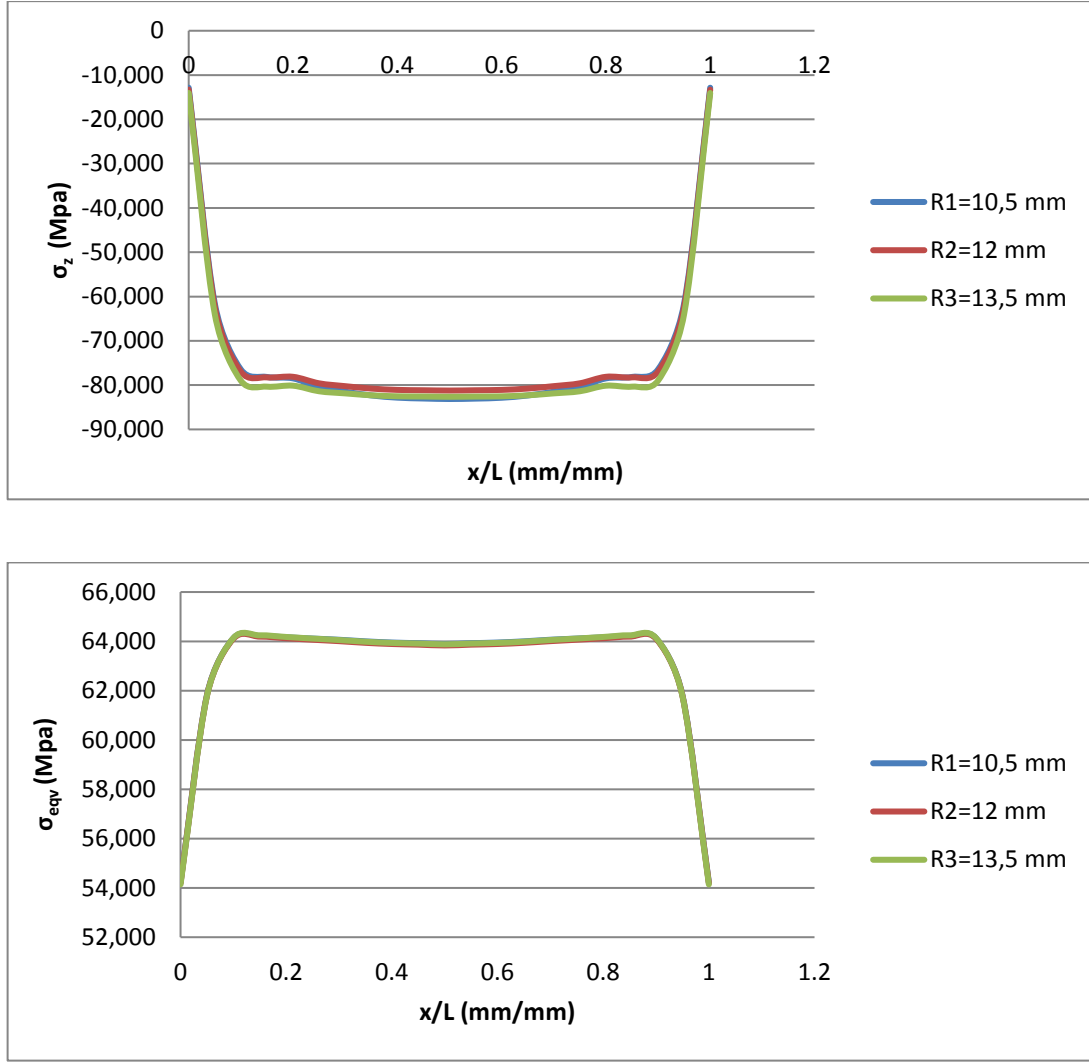


Şekil 6.17 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.9 Çift tarafı WxH=40x24 mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

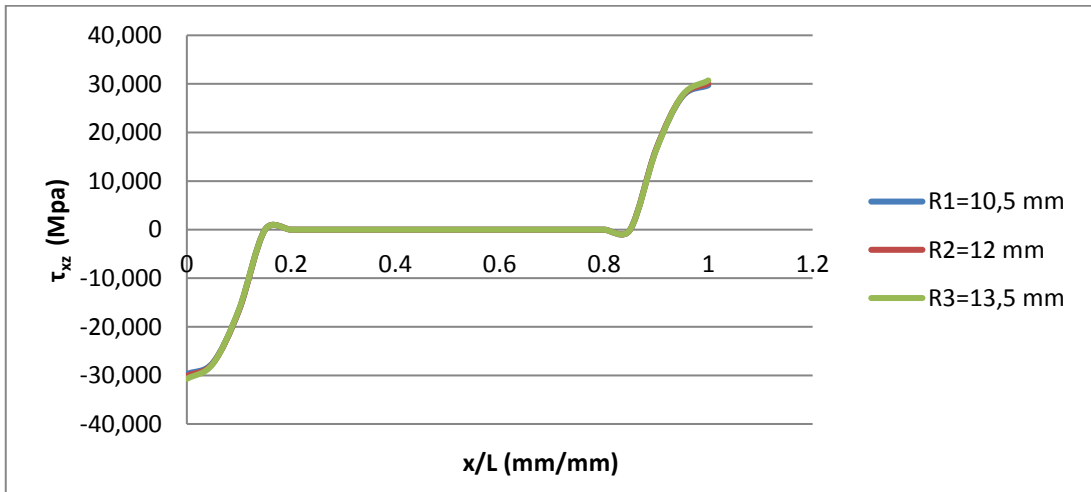
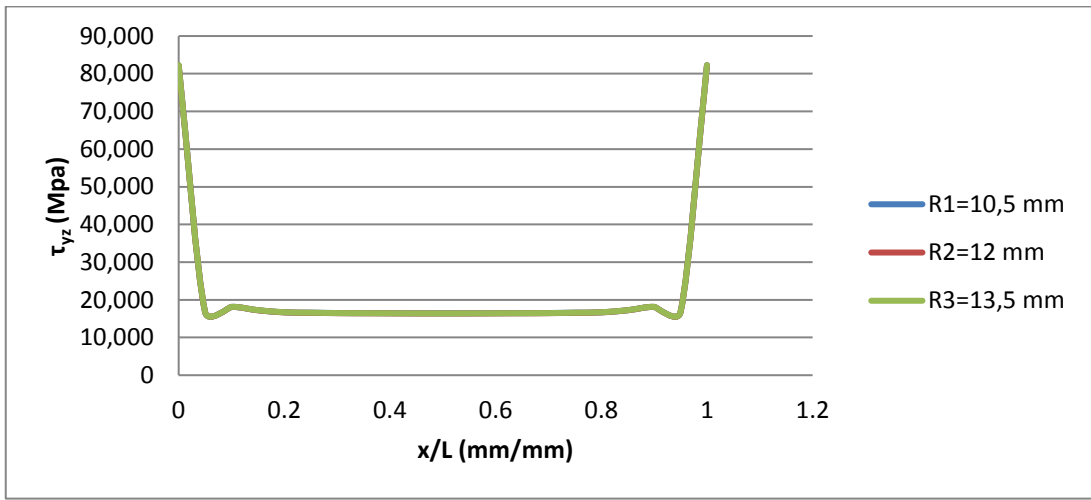
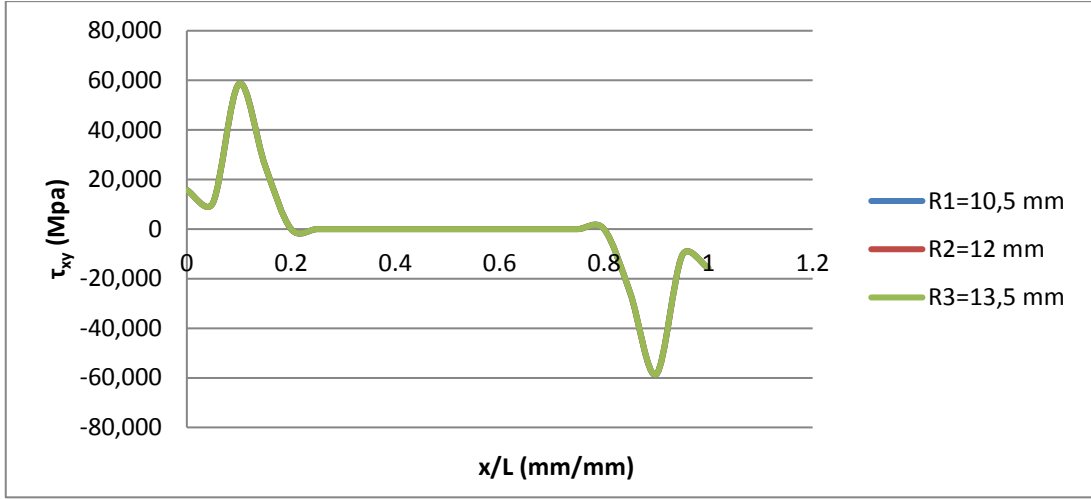
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.18’de verilmiştir. Normal gerilmeler yaklaşık olarak aynı karakteristik özellikte grafik dağılımı göstermiş ve en büyük gerilmeler orta noktalarda oluşmuştur, en düşük gerilmeler ise yama uçlarında görülmüştür. Eşdeğer gerilmeler ise normal gerilmelere ters yönde oluşmuş ve orta noktalarda en yüksek gerilmeler görülmüştür. Büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde etkisinin olmadığı görülmektedir.





Şekil 6.18 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

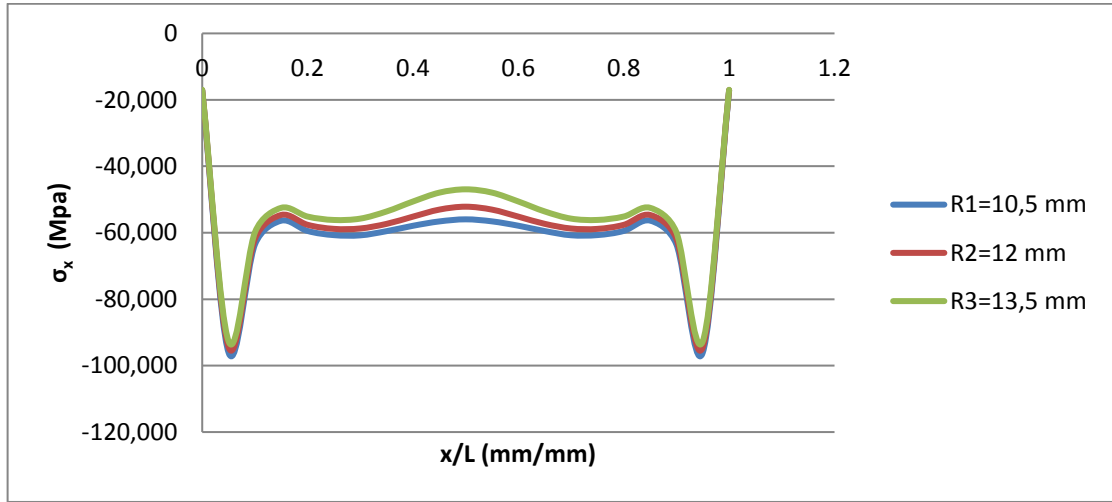
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.19’da verilmiştir. τ_{xy} ve τ_{xz} gerilmeleri benzer gerilme dağılımı göstermişlerdir fakat τ_{xy} gerilmeleri yama ucundan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum gerilme değerine ulaşmış τ_{xz} gerilmeleri ise yama ucunda maksimum değer göstermiştir, orta noktalarda ise ikisi de sıfır değerini alarak sabit kalmıştır. τ_{yz} gerilmeleri de aynı şekilde uç noktalarda maksimum değere ulaşmış ve uç noktalardan uzaklaştıkça gerilmeler azalarak en düşük değere ulaşmıştır. Büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde etkili olmadığı görülmektedir.

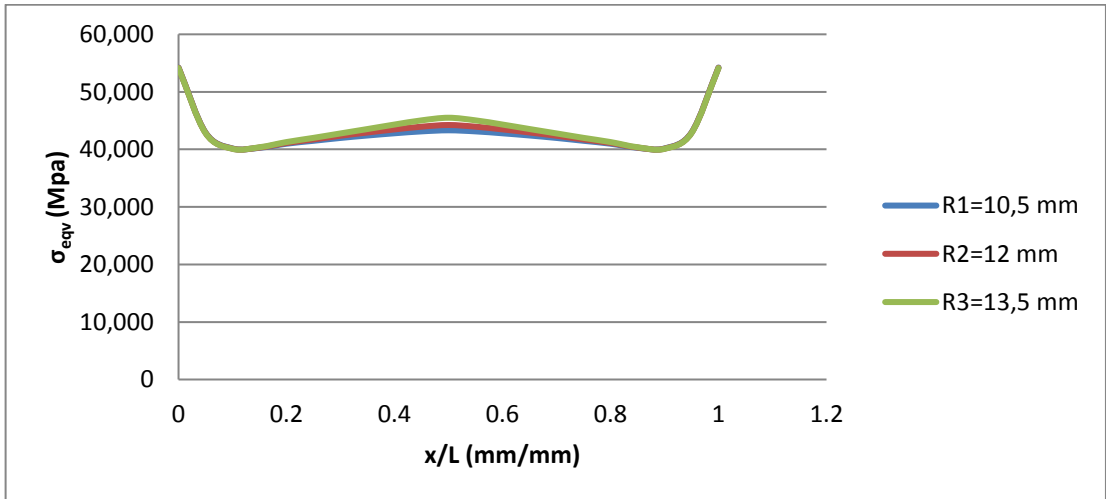
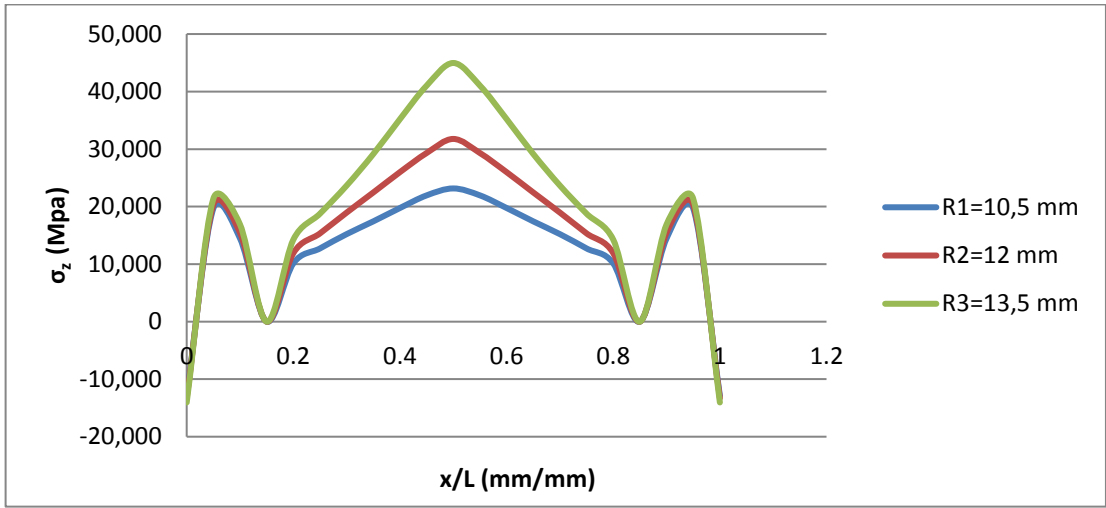
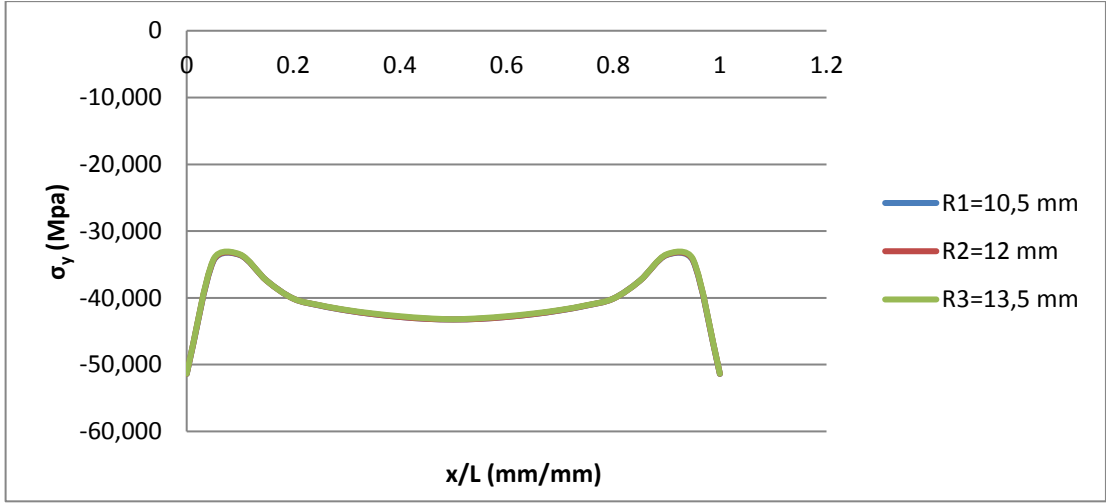


Şekil 6.19 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.10 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

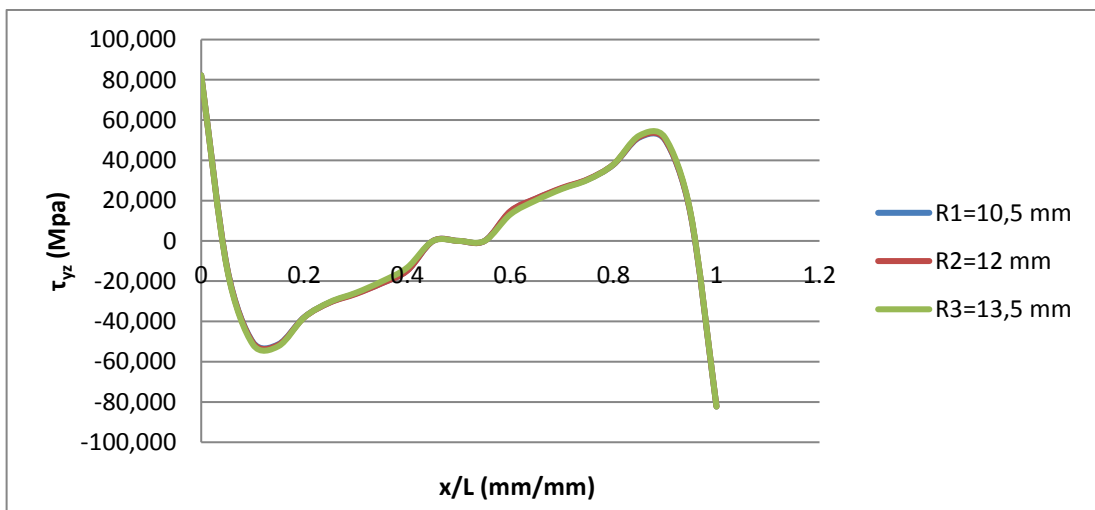
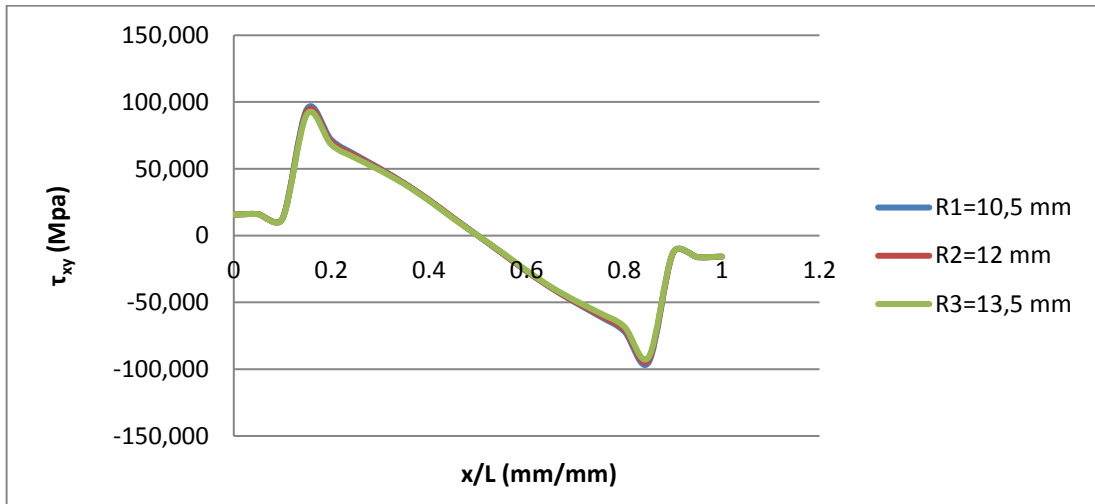
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r = 5,5$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.20’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri uç noktalarda en düşük gerilme değerini almış uç noktalardan uzaklaştıkça gerilme değerleri negatif tarafta artarak maksimum değerine ulaşmış, orta noktalarda artan azalan şekilde devam etmiştir ve en yüksek gerilmeler $R_1 = 10,5$ olan numunede oluşmuştur. σ_y gerilmeleri uç noktalarda maksimum değerine ulaşmış yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta en düşük değerini almıştır. σ_z gerilmeleri maksimum değere orta noktada ulaşmış ve R değeri artıkça gerilmeler artmıştır. Eşdeğer gerilmeler de maksimum gerilme değerini yama uçlarında almıştır ve büyük yarıçap değişiminin eş değer gerilmeler üzerinde fazla etkisinin olmadığı görülmektedir.

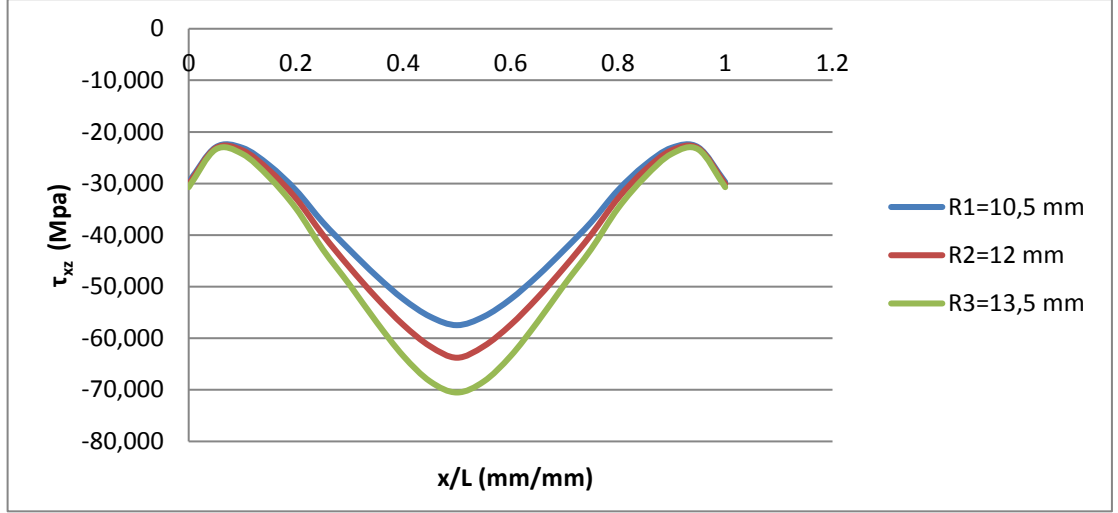




Şekil 6.20 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.21’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri uç noktalardan yaklaşık 0,2 br uzakta en yüksek gerilme değerine ulaşmıştır. τ_{yz} gerilmeleri D ve L noktalarında en yüksek gerilme değerini almıştır. τ_{xz} gerilmeleri negatif tarafta ve orta noktada $R_3=13,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numunede en yüksek gerilme değerine ulaşmış ve büyük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmıştır. Büyük yarıçap değişiminin τ_{xz} gerilmeleri dışındaki kayma gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir.

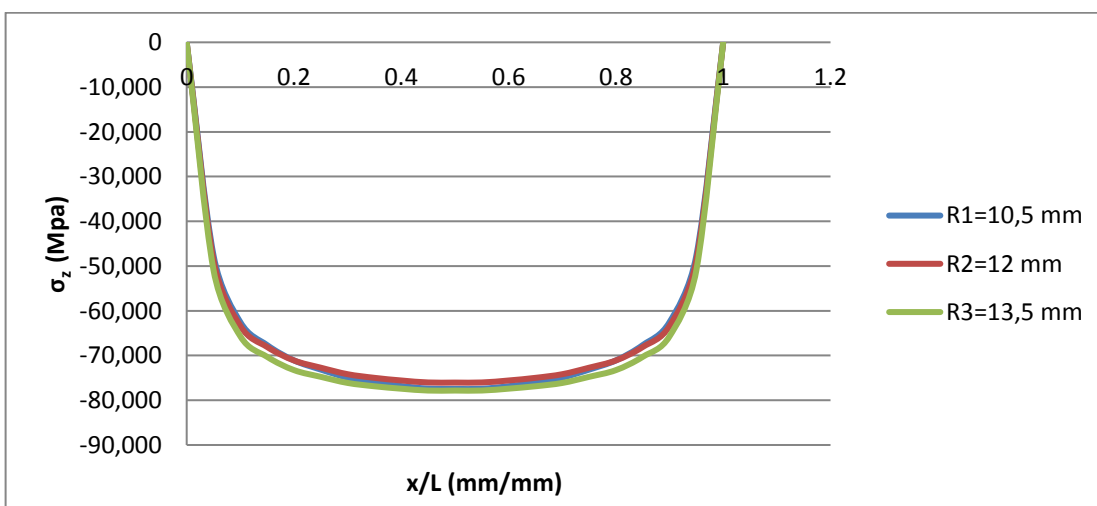
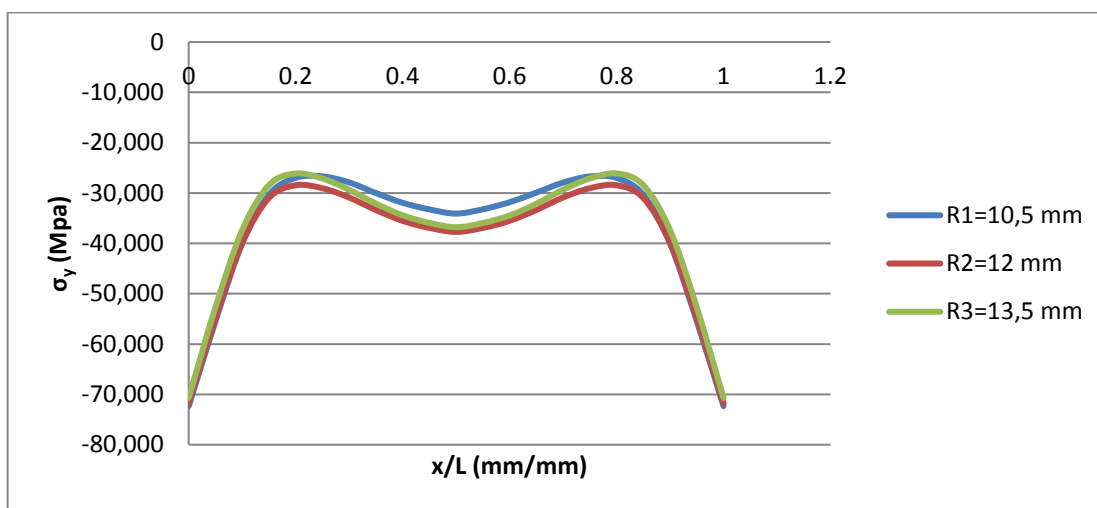
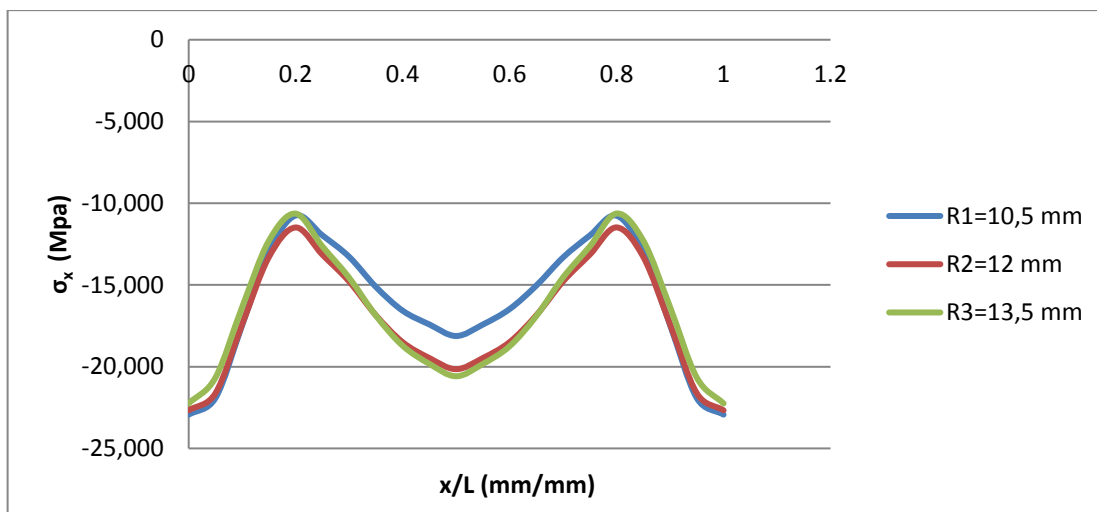


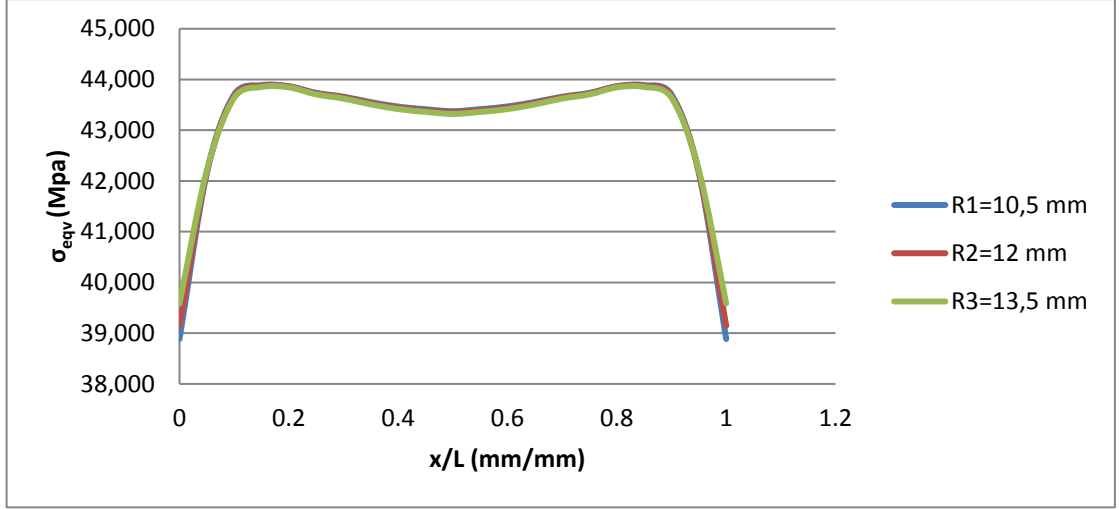


Şekil 6.21 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.11 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

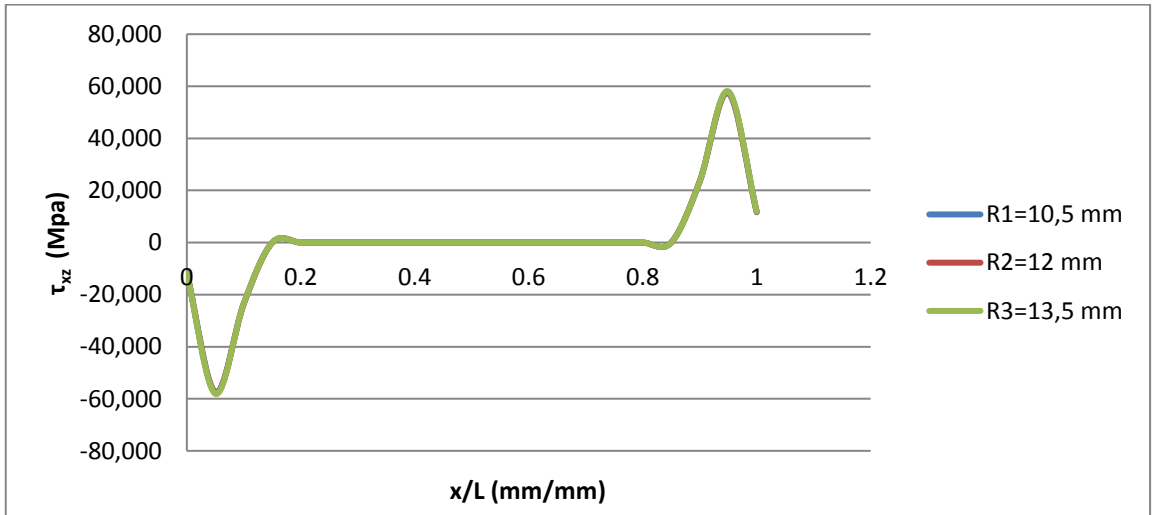
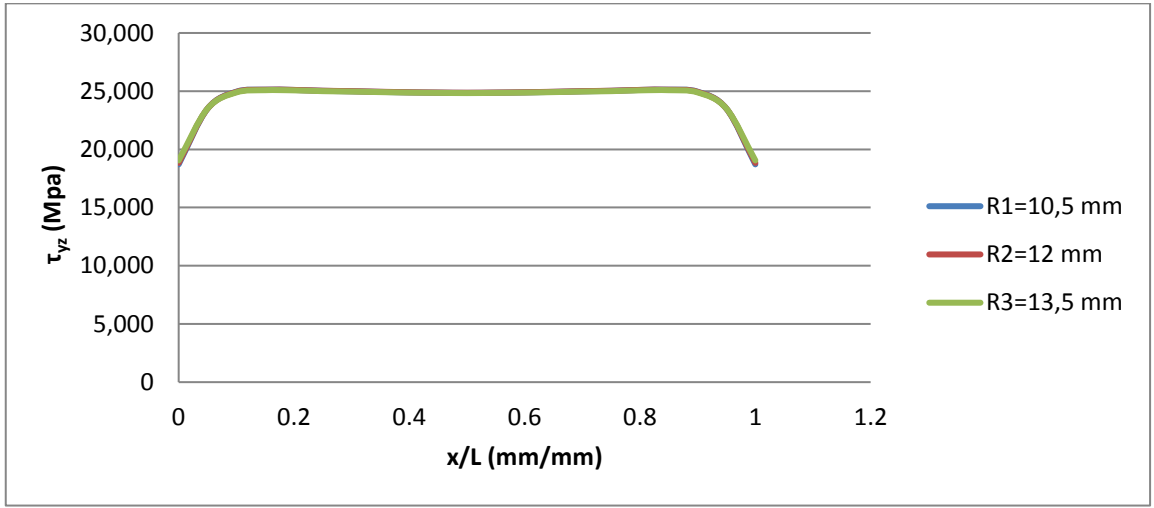
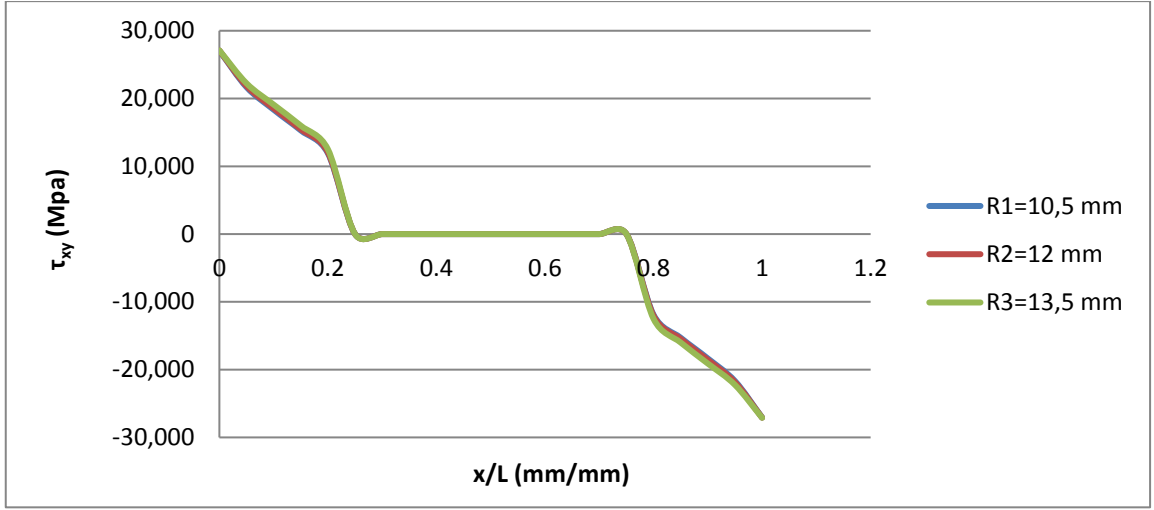
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.22’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri ve σ_y gerilmeleri yama uçlarında maksimum gerilme değerine ulaşmış ve yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta da minimum gerilme değerini almıştır. Büyük yarıçap değişimine göre σ_x gerilmeleri değişiklik göstermiş ve yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmeler negatif bölgede azalmıştır. σ_z gerilmeleri ise yama uçlarında minimum gerilme göstermiş olup orta noktada maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise yama uçlarında minimum değerini almış ve yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değerini almıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça minimum eşdeğer gerilme değerleri azalmıştır.





Şekil 6.22 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

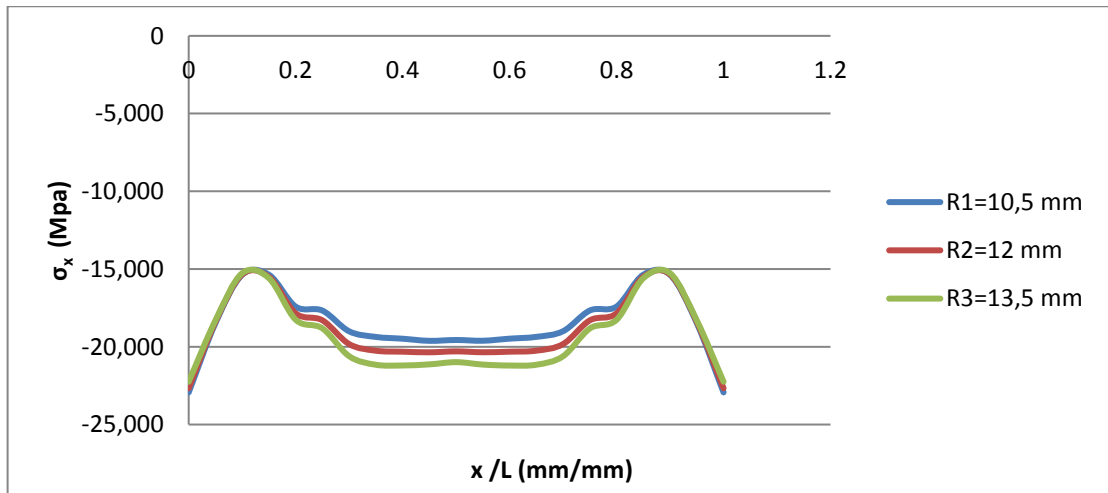
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.23'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarında maksimum değer alıp uç noktalardan uzaklaştıkça azalarak sıfır olmaktadır. τ_{yz} gerilmeleri elips uçlarına yaklaştıkça artmakta en düşük değerlere ise E ve F noktalarında ulaşmaktadır. τ_{xz} gerilmeleri sıfıra yakın bir değerle başlayıp uç noktalardan 0,05 mm uzaklıkta en yüksek gerilme değerlerine ulaşmış daha sonra azalarak orta noktalarda sıfır değerini alarak sabit kalmıştır. R büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde etkisi yoktur.

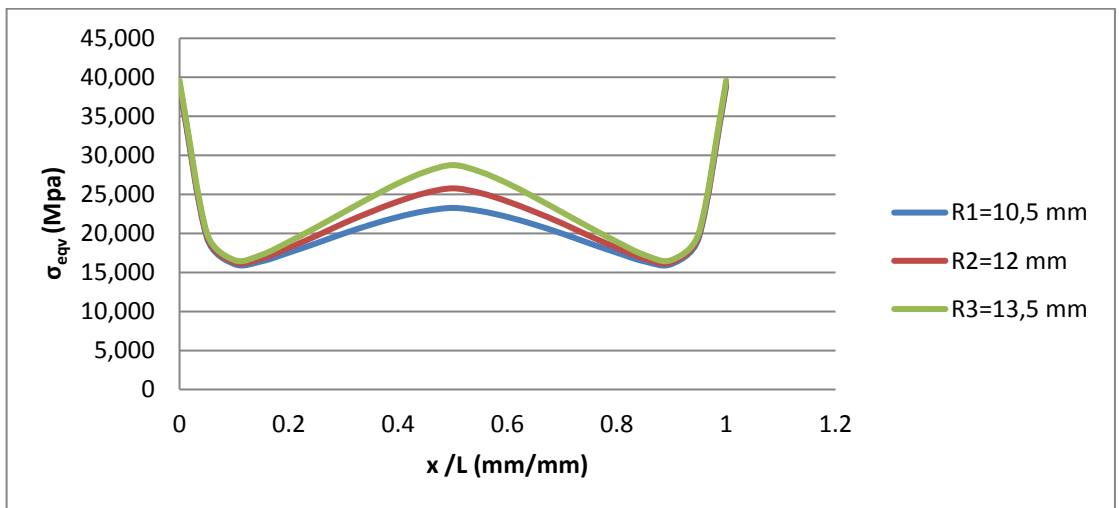
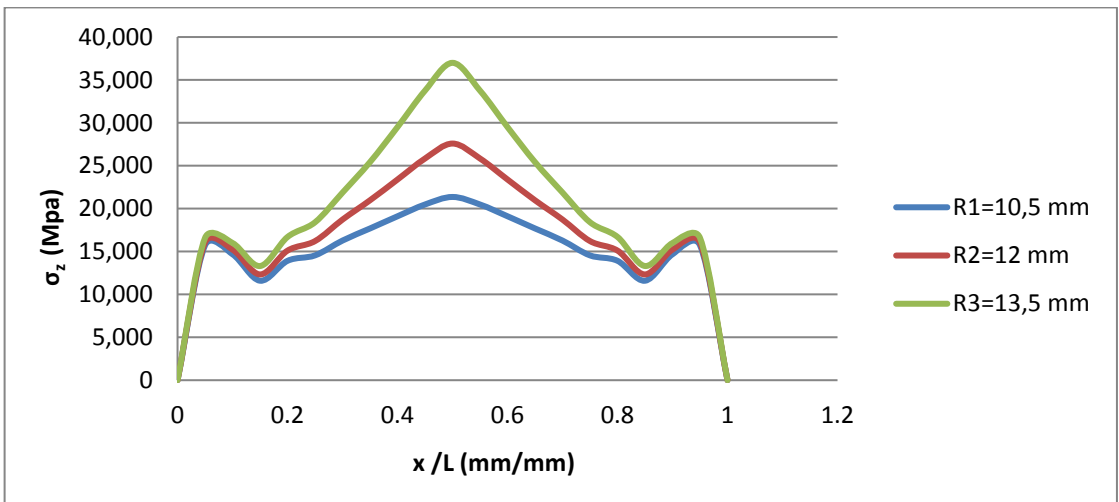
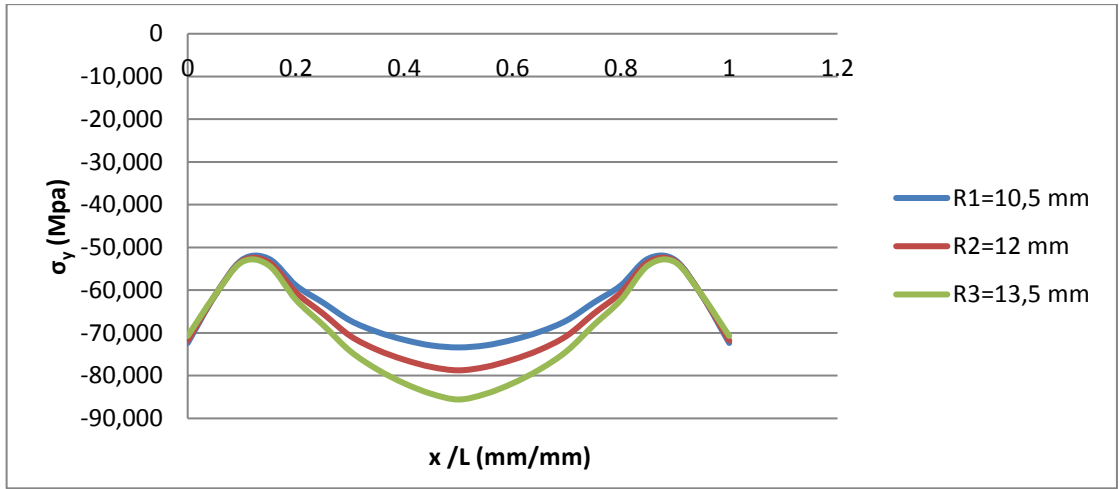


Şekil 6.23 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.12 Çift tarafı WxH=40x24 mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

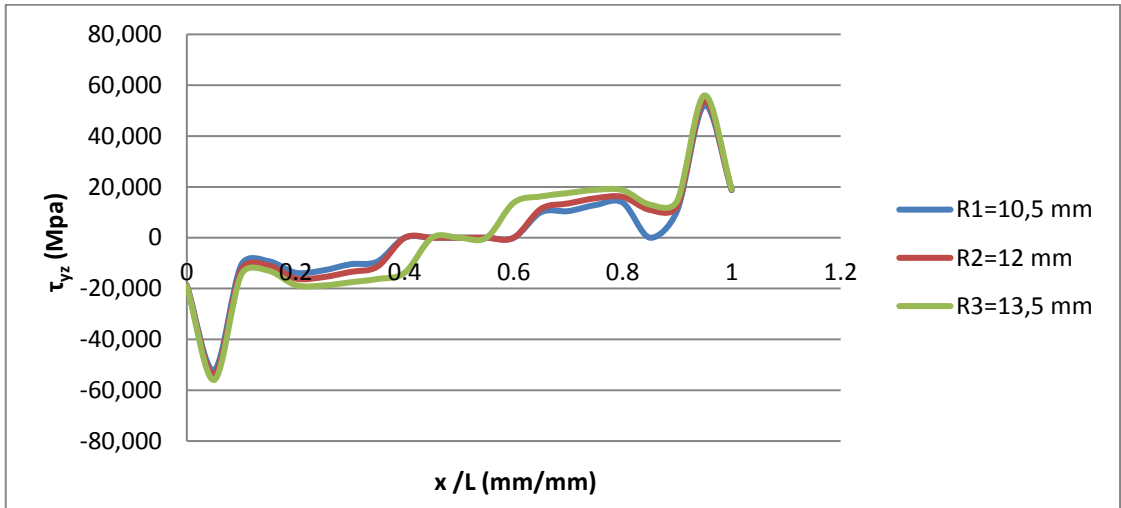
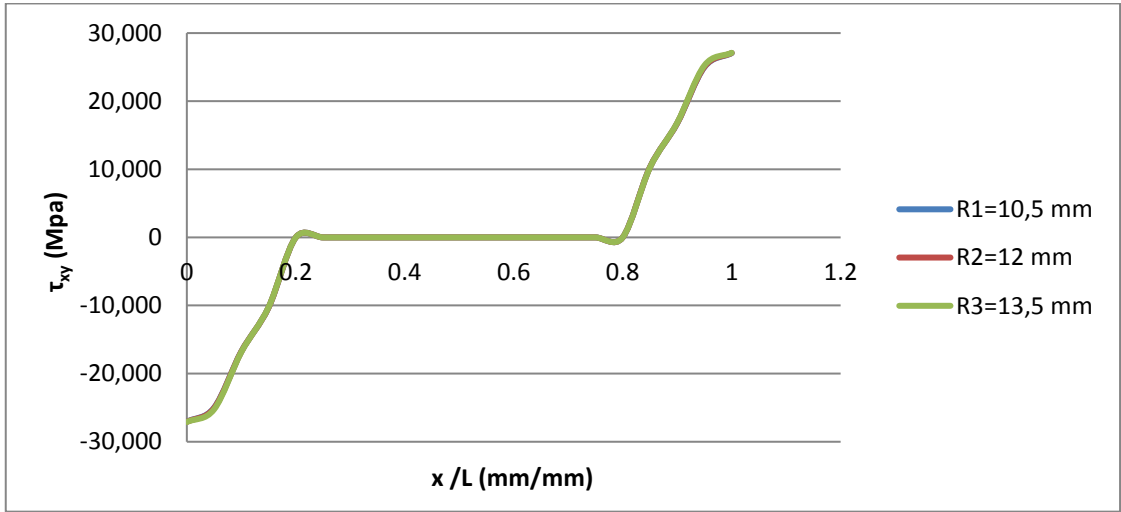
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.24’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarında maksimum gerilme değerine ulaşmış olup uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta minimum değerini almıştır ve R değeri arttıkça maksimum gerilme değerleri azalmıştır. σ_y gerilmeleri maksimum gerilme değerine orta noktada ulaşmıştır ve büyük yarıçap değeri azaldıkça maksimum gerilme değerleri de azalmıştır. σ_z gerilmeleri ise F ve K noktalarında sıfır olup uç noktalardan uzaklaştıkça artan azalan eğrilerle devam etmiş ve orta noktada en yüksek gerilme $R_3=13,5$ mm olan numunede en düşük gerilme de $R_1=10,5$ mm olan numunede oluşmuştur. Eş değer gerilmeler uç noktalarda maksimum uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklaşınca maksimum değerini almış büyük yarıçap değişimi en yüksek ve en düşük gerilmeleri etkilememiştir.

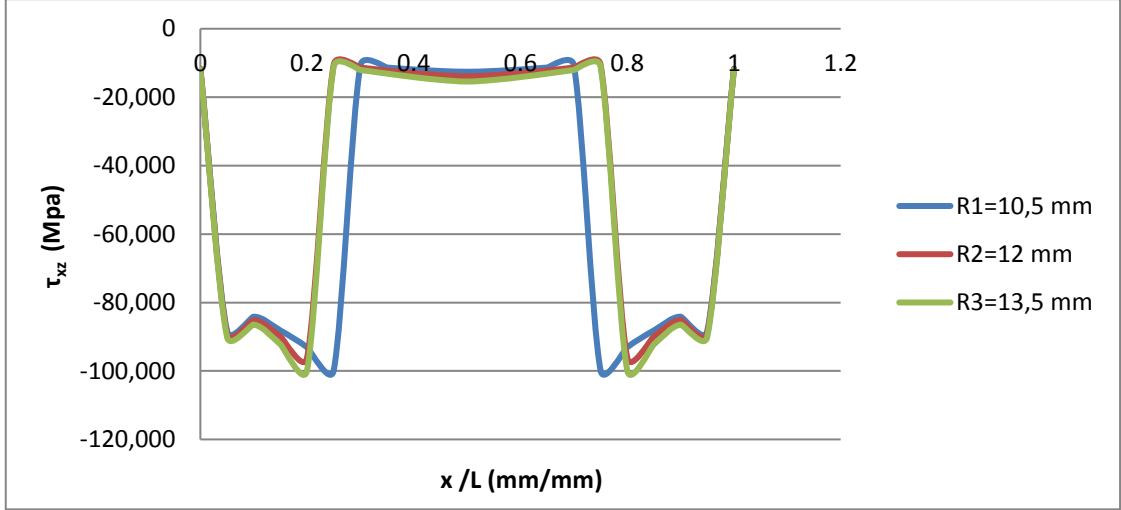




Şekil 6.24 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.25'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarında en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup büyük yarıçap değişiminin τ_{xy} gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir. τ_{yz} gerilmeleri uç noktalardan yaklaşık 0,05 br uzaklıkta maksimum değerlerini almış ve R değeri değişiminin pek fazla etkisi görülmemektedir. τ_{xz} gerilmeleri 0,2-0,4br ve 0,6-0,8 br arasında maksimum gerilme değerine ulaşmış, büyük yarıçap değeri değiştikçe gerilmeler de değişiklik göstermiştir.

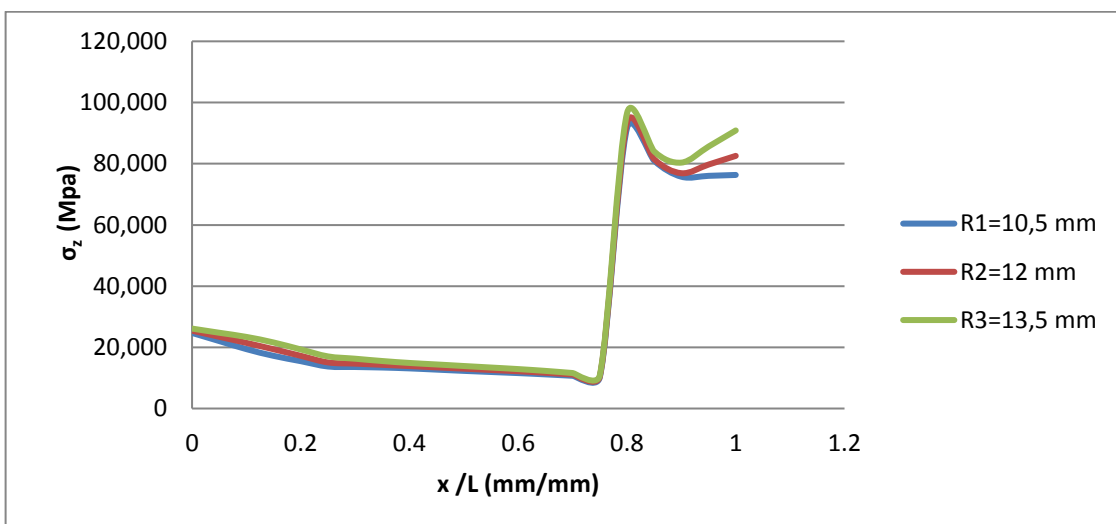
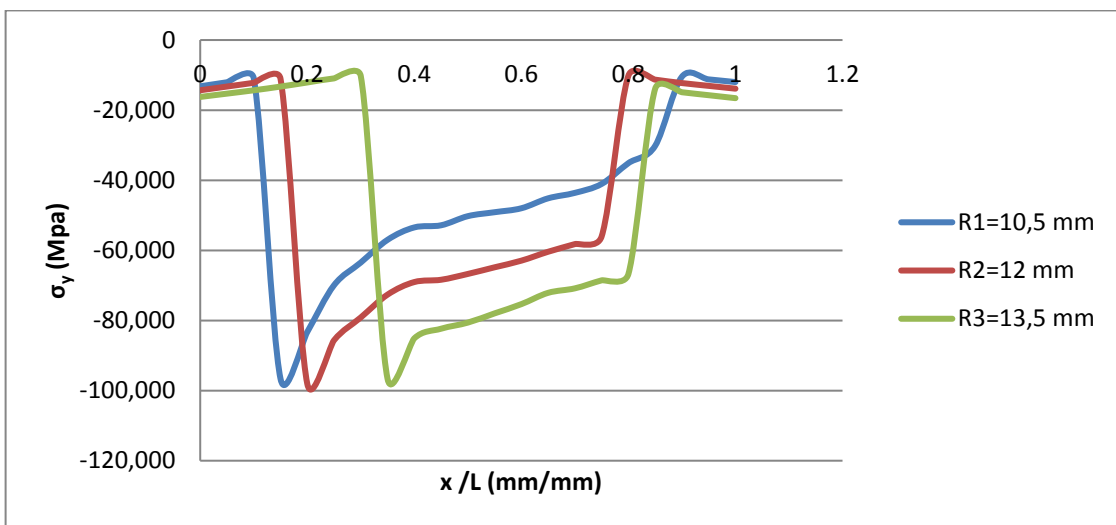
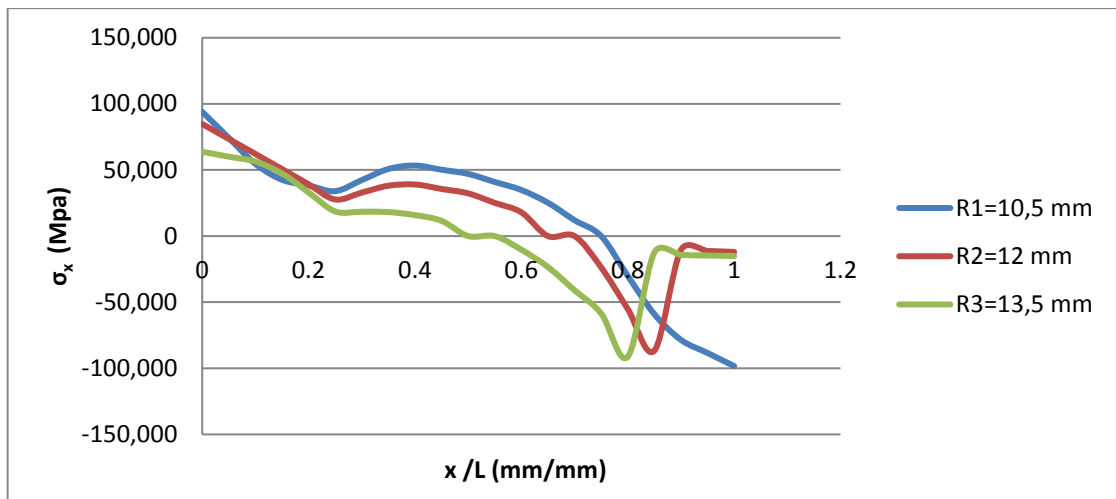


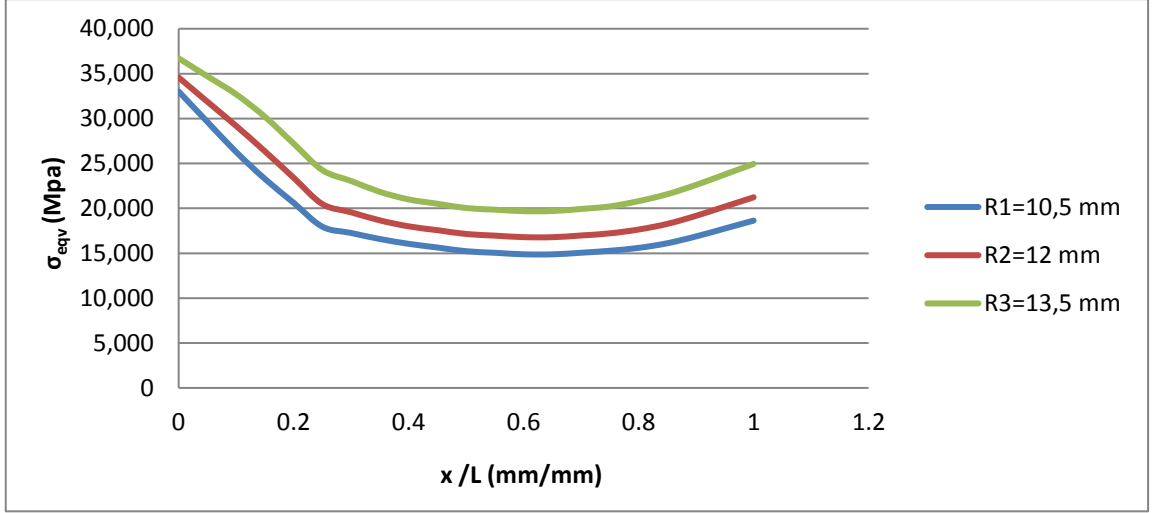


Şekil 6.25 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.13 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

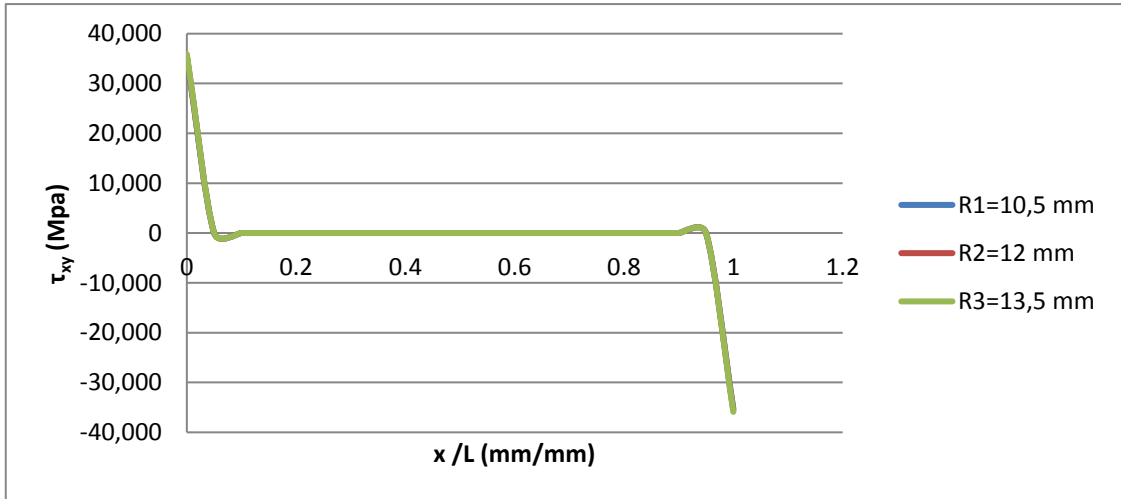
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.26'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri en yüksek gerilme değerine P noktasından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta ulaşmış fakat $R_1=10,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numune maksimum gerilme değerine P noktasında ulaşmıştır ve büyük yarıçap değeri değiştikçe σ_x gerilmelerinde de değişkenlik görülmüştür. σ_y gerilmeleri en yüksek gerilme değerine yaklaşık 0,1-0,4 br ile 0,6-0,9 br arasında ulaşmıştır. σ_z gerilmeleri yaklaşık aynı değerle başlamış ve P noktasına yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum olup sonra tekrar azalmıştır, büyük yarıçap değeri arttıkça P noktasında gerilmeler de artmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise elipsin uç noktasında gerilmeler en yüksek değerini almıştır uç noktadan uzaklaştıkça azalarak belli bir değere ulaştıktan sonra bir süre sabit kalmış sonra tekrar yükselme göstermiştir. R değeri arttıkça gerilmeler de artmıştır.

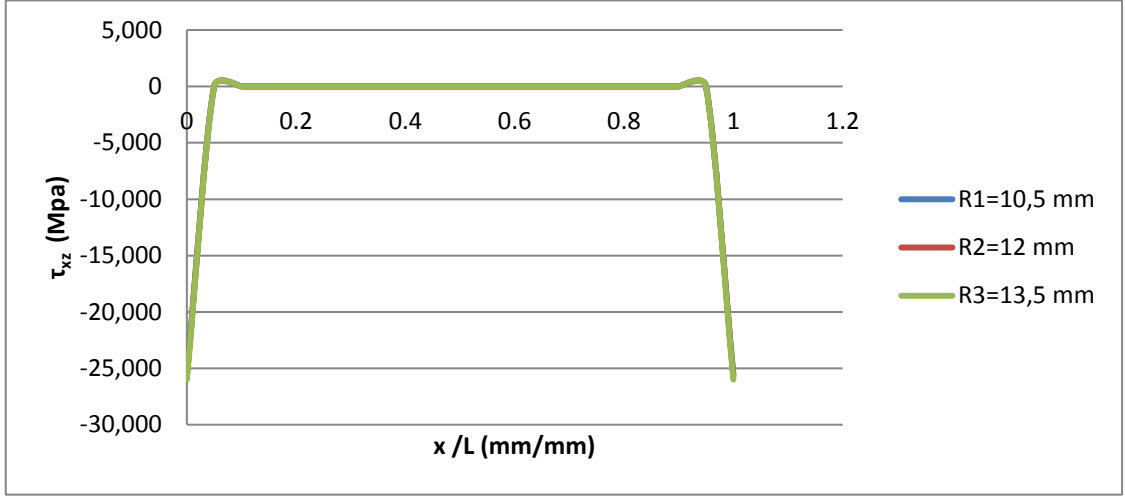
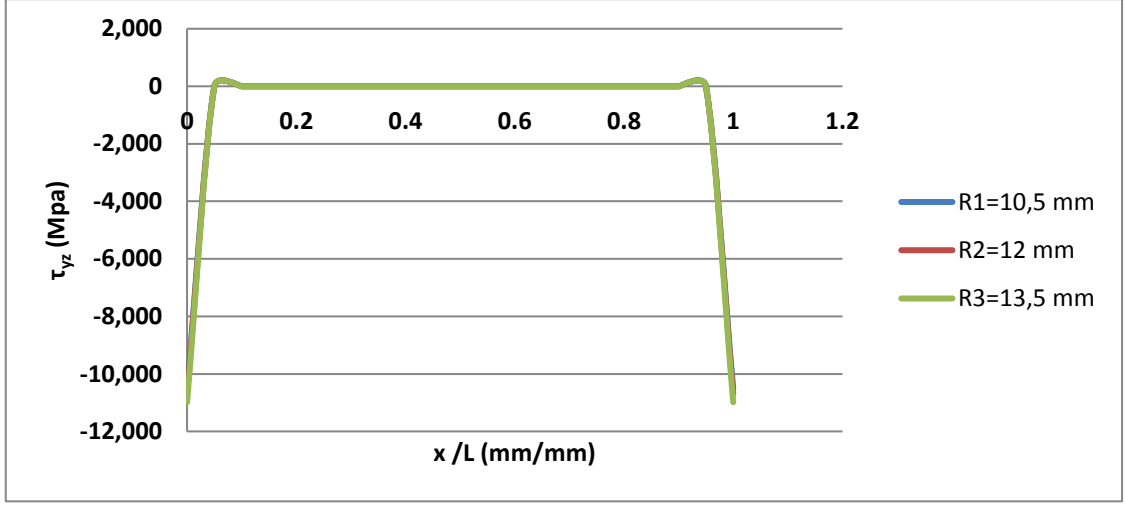




Şekil 6.26 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.27’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri en yüksek gerilme değerine N ve P noktalarında ulaşmıştır. Grafikten anlaşılabacağı üzere τ_{yz} ve τ_{xz} gerilmeleri karakteristik olarak birbirine çok benzer dağılım göstermiştir, N ve P noktalarında maksimum gerilmeler oluşmuş orta noktalarda minimum gerilmeler görülmektedir. Büyük yarıçap değişimine göre grafik incelenirse R değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde etkisinin olmadığı görülmektedir.



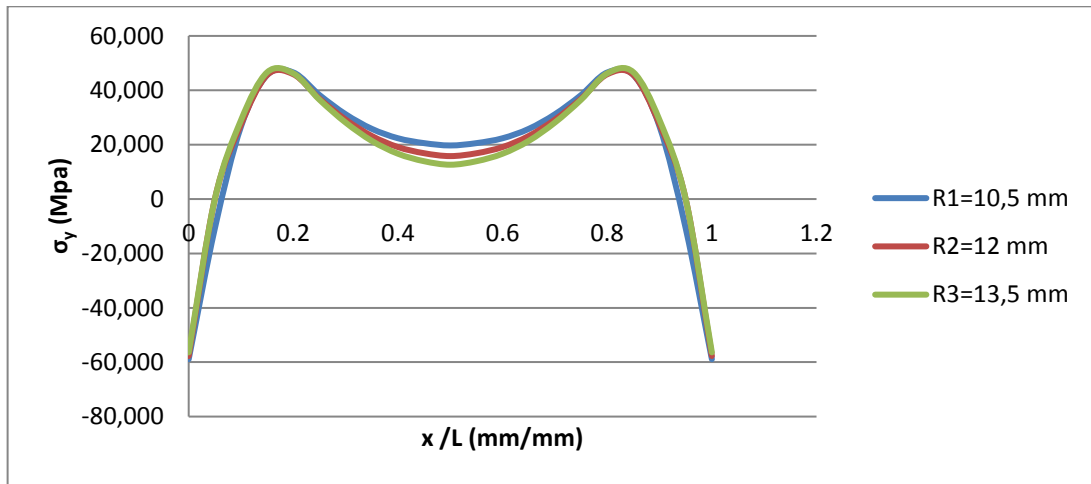
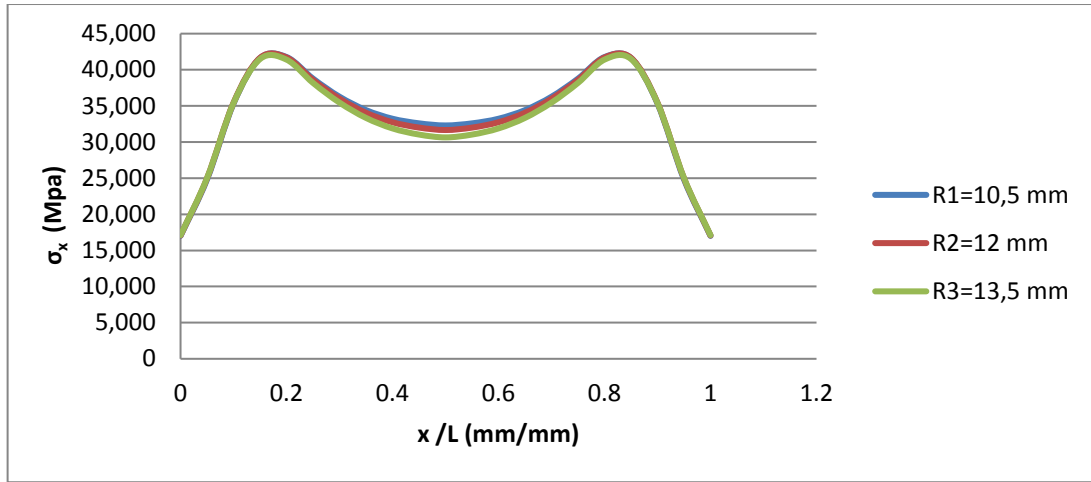


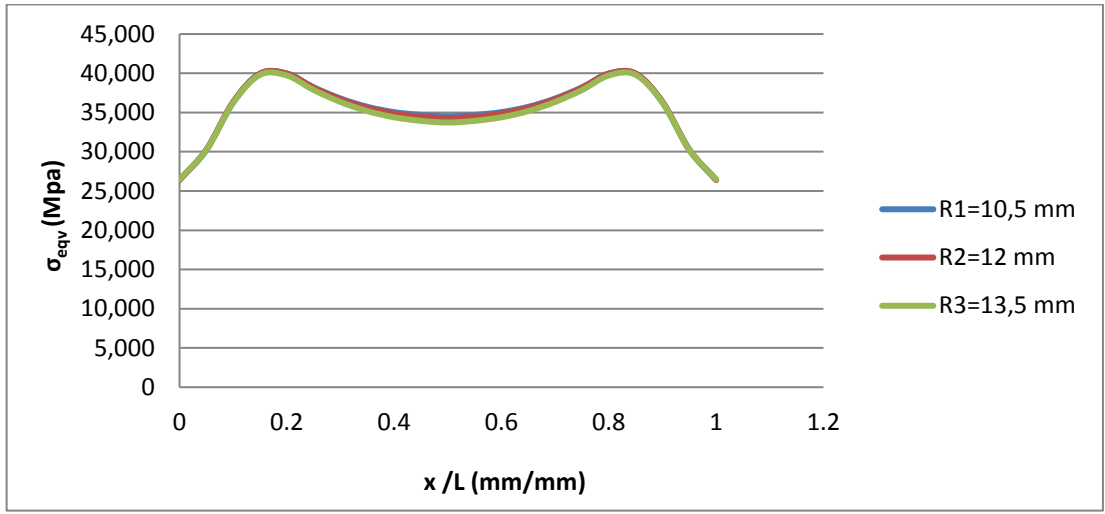
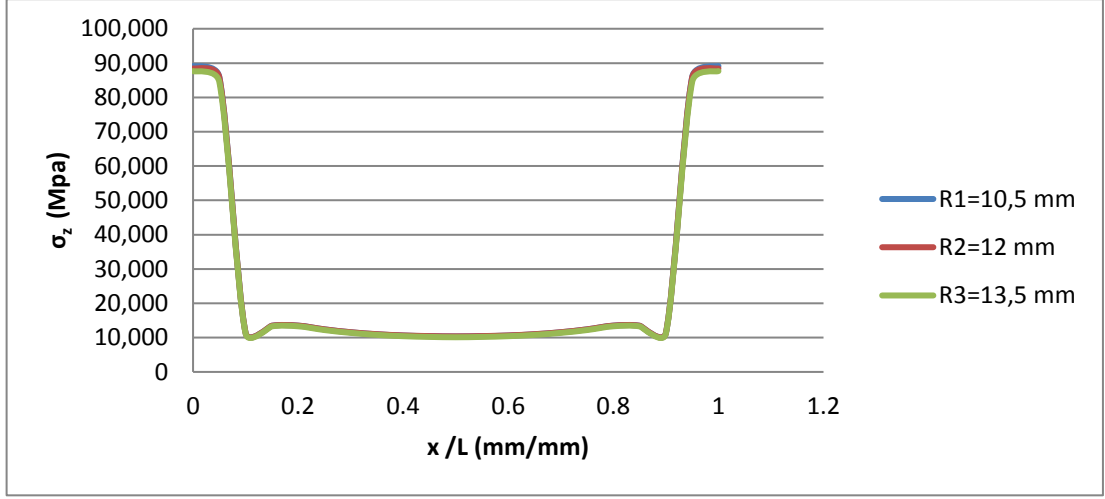
Şekil 6.27 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.14 Çift tarafı $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.28’de verilmiştir. σ_z gerilmeleri dışındaki normal gerilme ve von-Mises gerilme dağılımları karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılım grafikleri oluşturmuşlardır. Gerilmeler elipsin uç noktalarına yaklaştıkça maksimum değeri gösterirken yama uçlarında minimum değeri göstermektedir. Fakat σ_y gerilmeleri yama uçlarında maksimum değerini almıştır. AB

yörüngesi boyunca en büyük ve en küçük gerilmeler yarıçap değerlerinin değişimine göre yaklaşık aynıdır. Negatif değerde başlayan σ_y gerilmeleri mutlak değerde artış göstermiş ve artan azalan durumda ilerlemiştir. En yüksek gerilmeler σ_z gerilmeleri olup yama uçlarında maksimum değer almış yama uçlarından uzaklaştıkça ani bir düşme ile orta noktalarda en düşük değerlerini almıştır ve tekrar yama uçuna yaklaştıkça artış göstererek maksimum olmuştur.

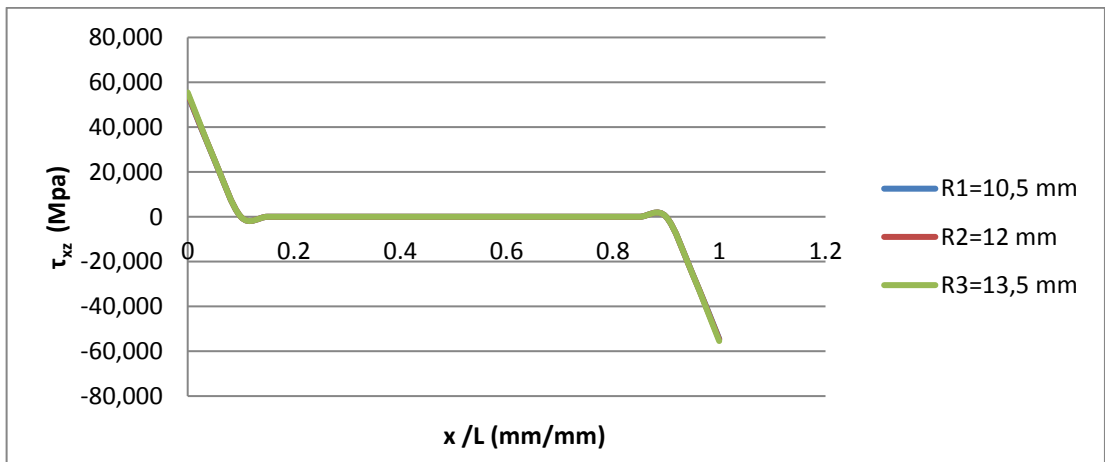
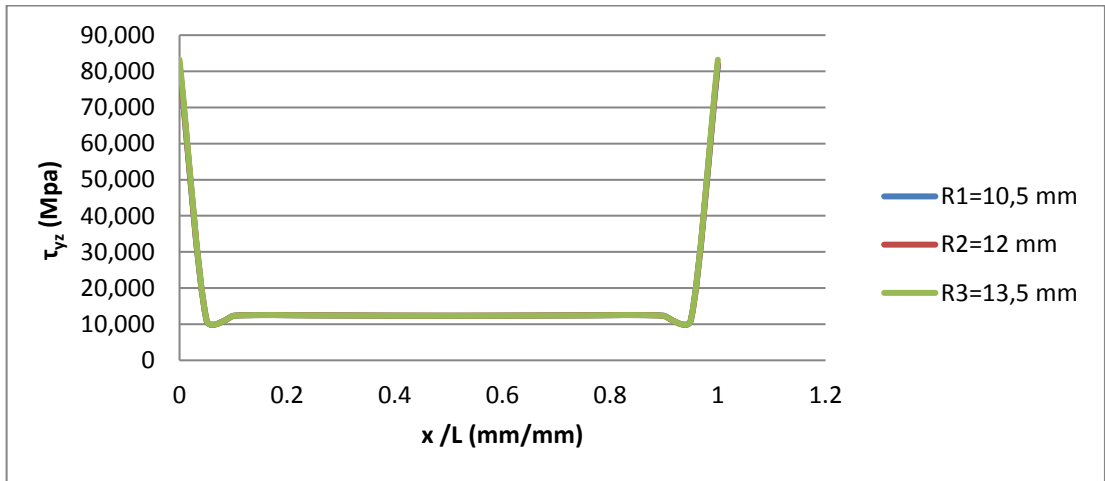
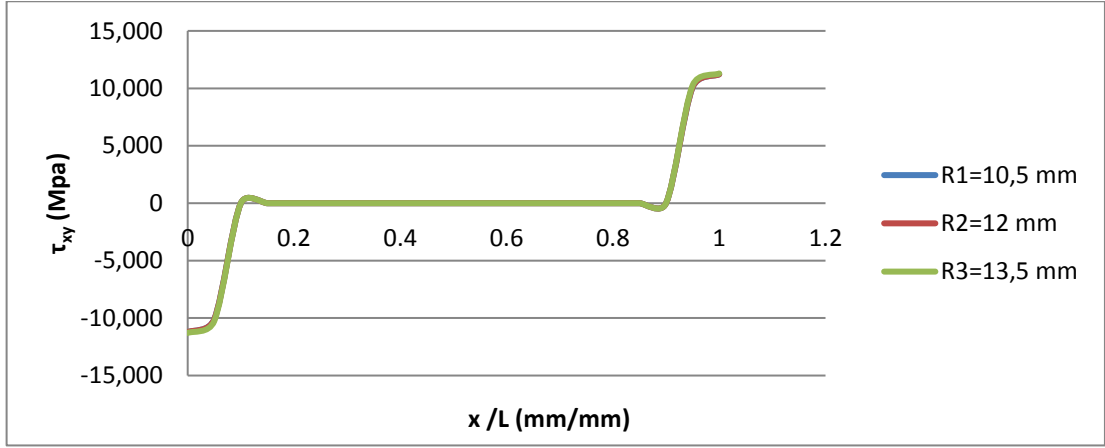




Şekil 6.28 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.29’da verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. En yüksek gerilmeler τ_{yz} gerilmeleri olup A noktasında maksimum değer alırken uç noktadan uzaklaştıkça azalarak orta noktada sabit bir şekilde devam etmiş ve B noktasına yaklaştıkça artış göstererek tekrar maksimum olmuştur. τ_{xz} gerilmeleri de τ_{xy} gerilmeleri gibi dağılım göstermiş ve yama

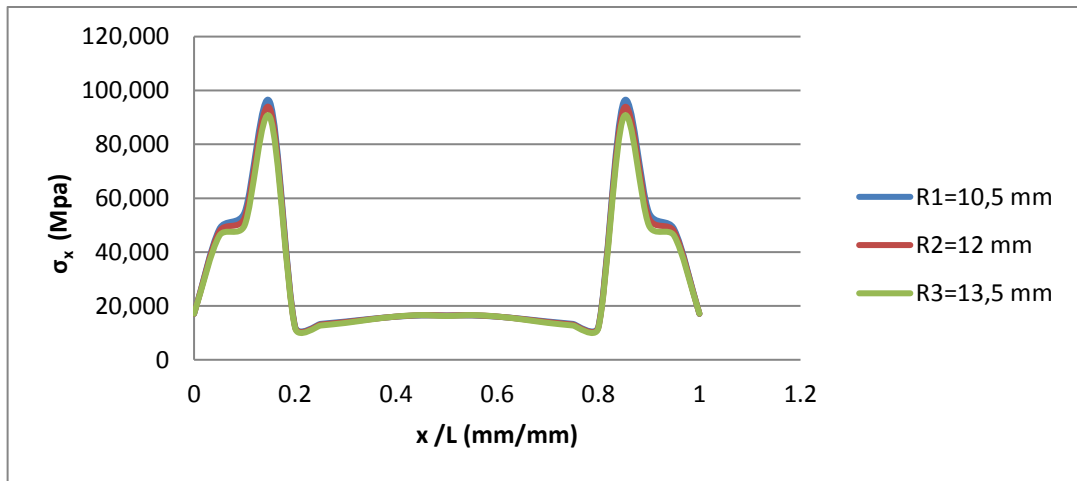
uçlarında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. Grafiklerden de anlaşıldığı gibi büyük yarıçap değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde bir etkisi yoktur.

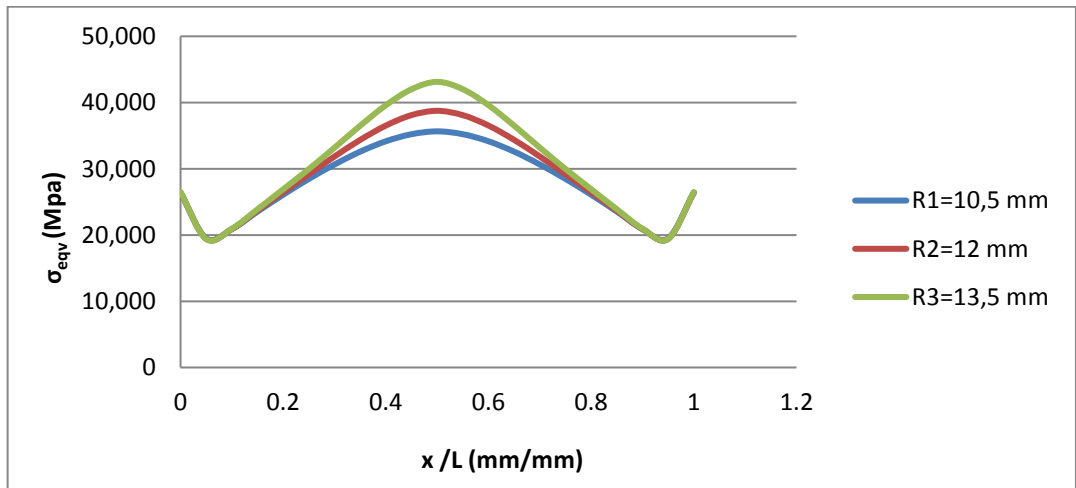
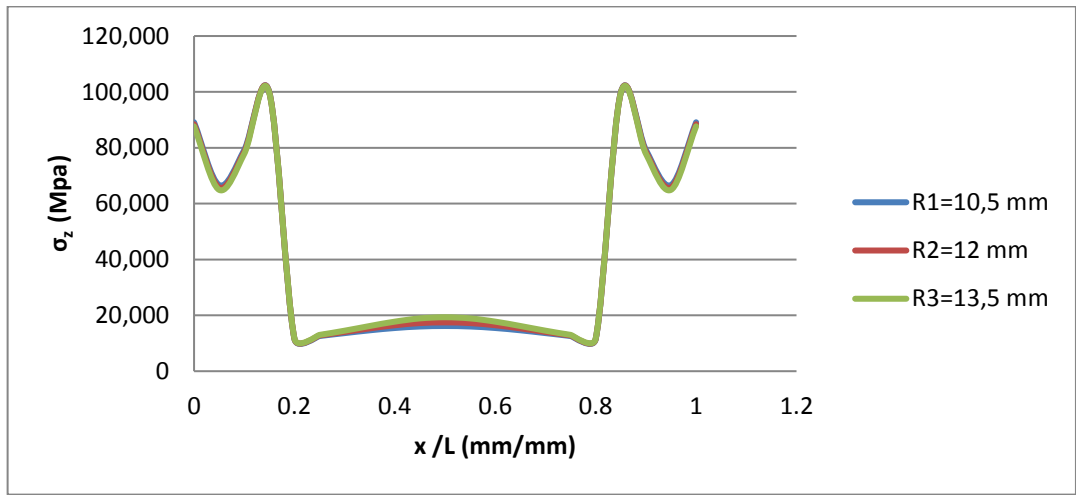
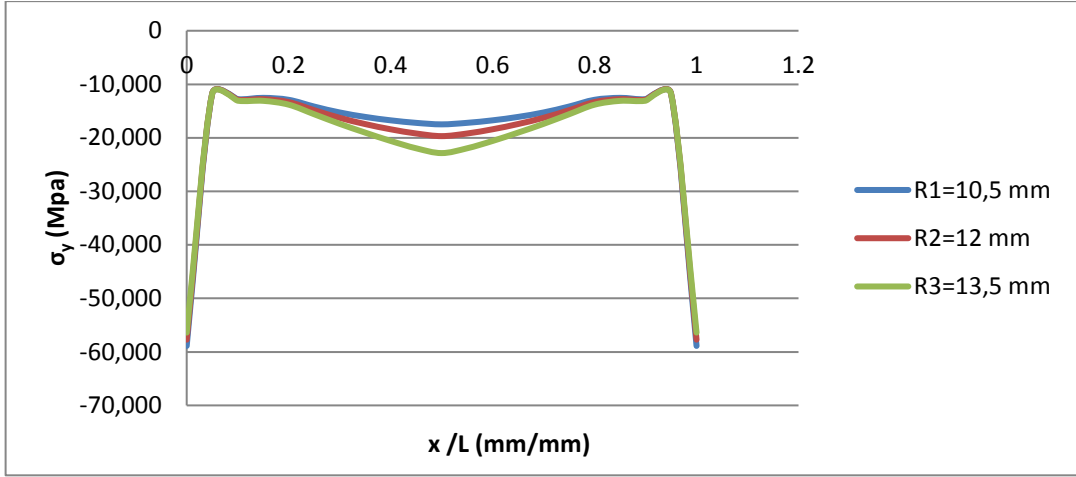


Şekil 6.29 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.15 Çift tarafı WxH=40x28 mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

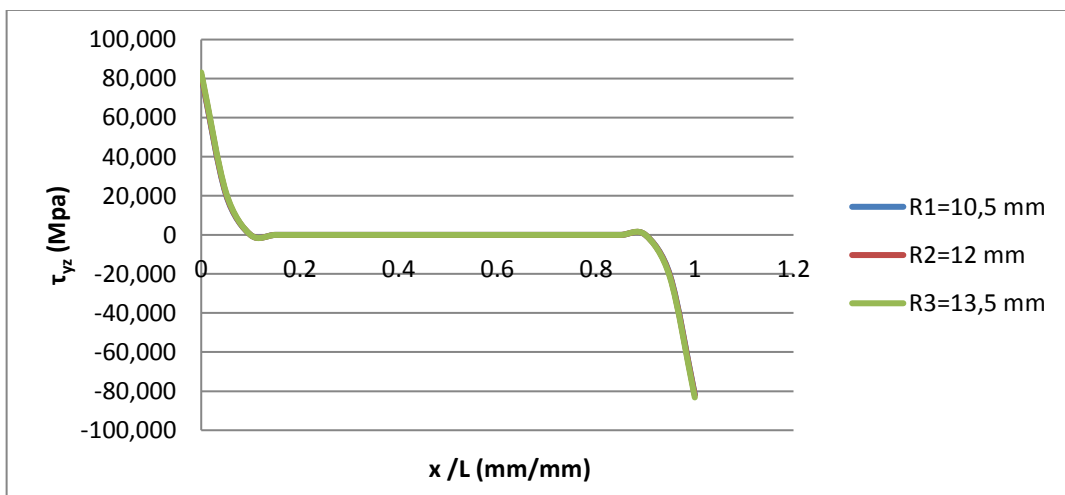
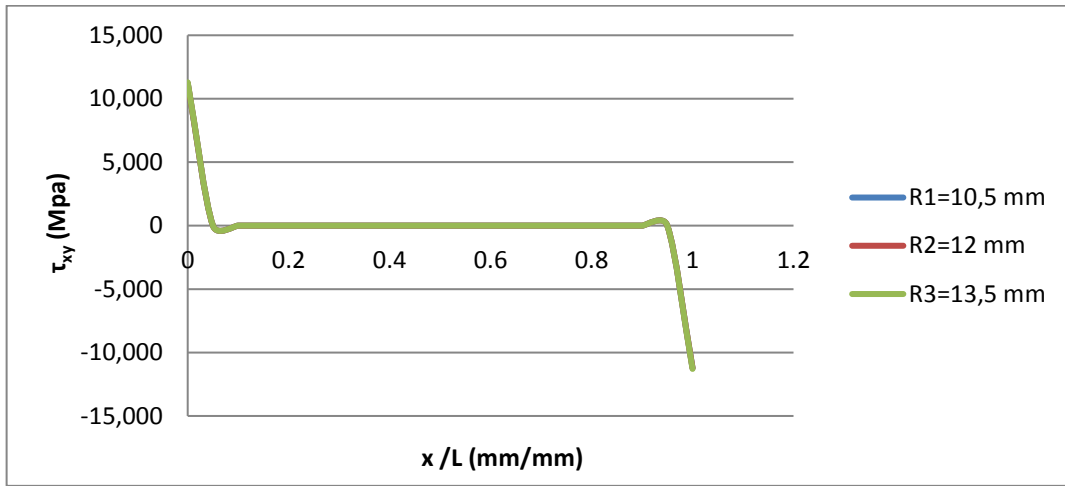
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.30'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri uç noktalarda minimum gerilme değerine yakınsamış uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklaşınca maksimum gerilme değerleri görülmektedir büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmeler azalmaktadır. σ_y gerilmeleri yama uçlarında maksimum yama uçlarından yaklaşık 0,05 br uzaklaşınca minimum olmakta büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmeler azalmaktadır. σ_z gerilmeleri de σ_x gerilmeleriyle benzer gerilme dağılım grafiği göstermiş fakat uç noktalardaki gerilmeler farklılık göstererek maksimuma yakın bir değerle dağılım göstermeye başlamıştır. Eşdeğer gerilmeler ise orta noktada en yüksek değerine ulaşmıştır ve büyük yarıçap arttıkça gerilmeler de artmıştır.

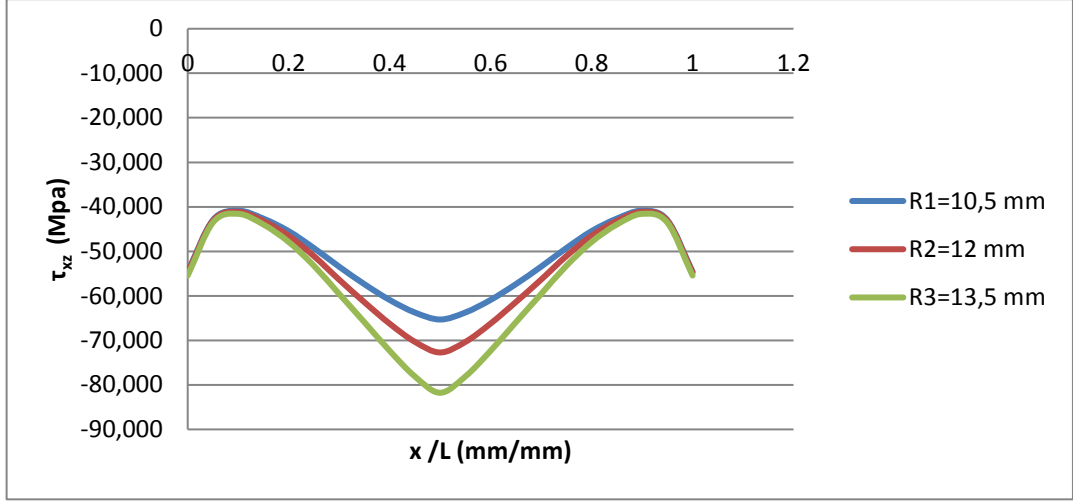




Şekil 6.30 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.31’de verilmiştir. τ_{xy} ve τ_{yz} gerilme grafikleri karakteristik olarak birbirine benzer dağılım göstermiştir ve B noktasında en yüksek gerilme değerini almış sonra ani bir düşme göstererek orta noktada sıfır olmuş H noktasına yaklaştıkça artarak uç noktada negatif bölgede tekrar maksimum değer almıştır, R değişiminin etkisi olmamıştır. τ_{xz} gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta minimum değer almış orta noktada maksimum değer almış ve büyük yarıçap arttıkça maksimum gerilmeler de artmıştır.

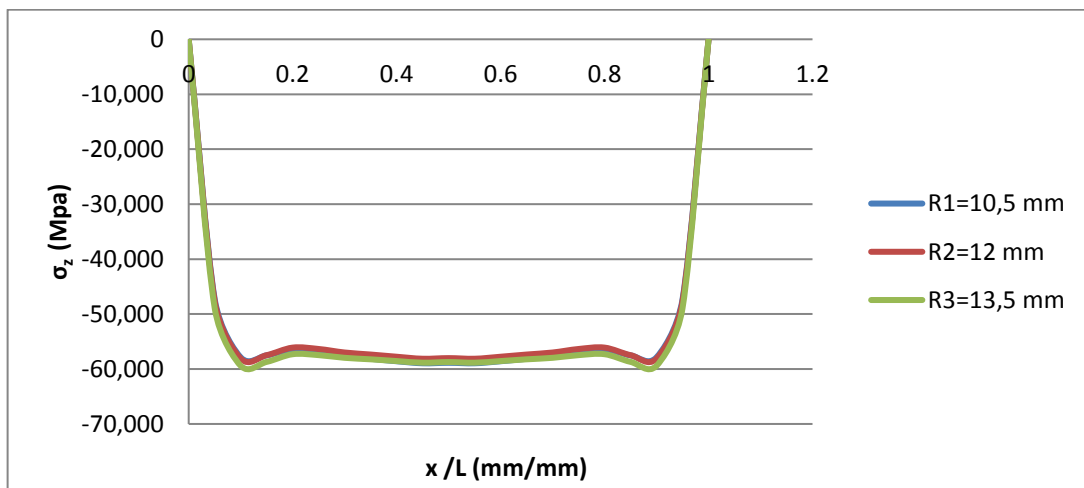
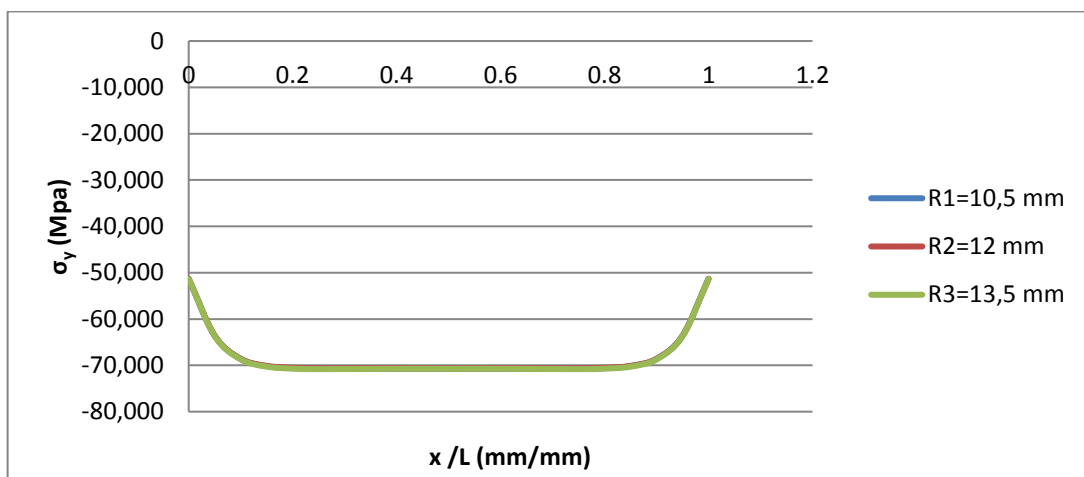
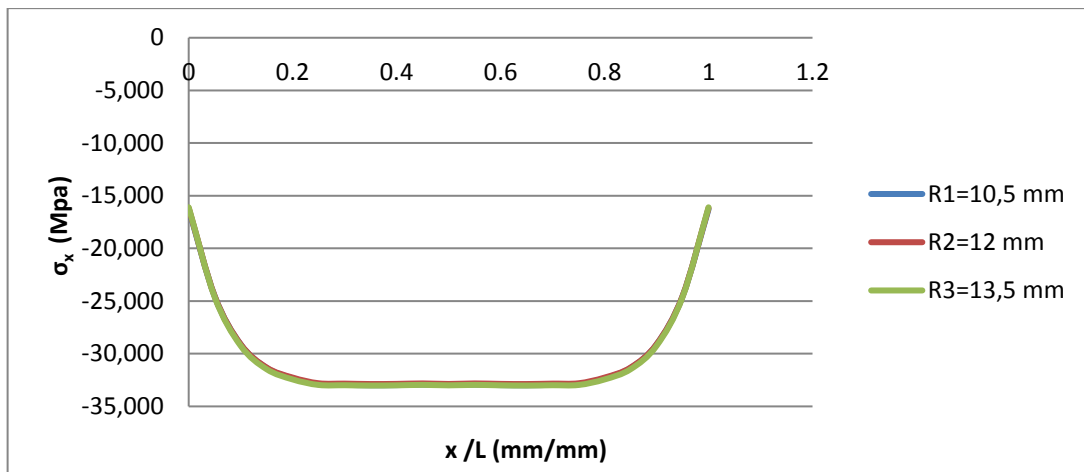


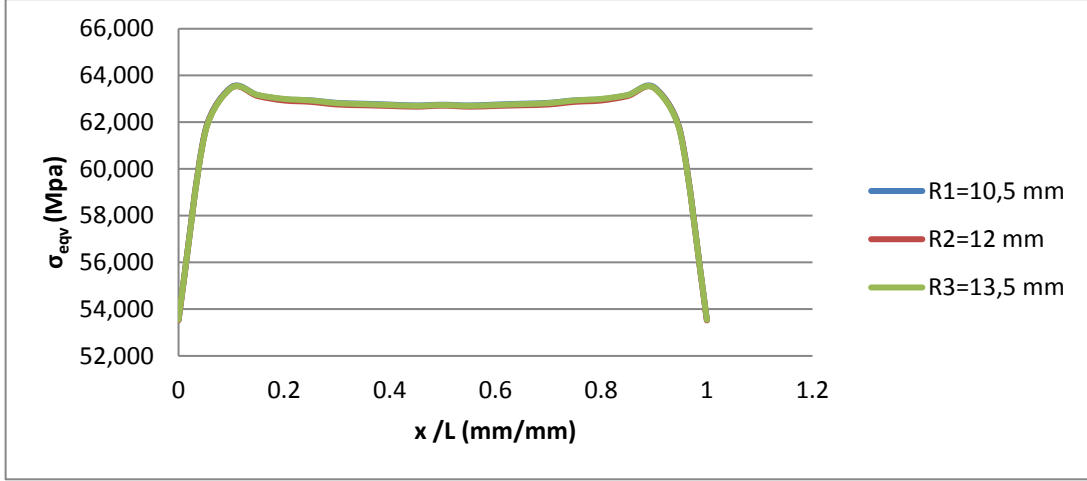


Şekil 6.31 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.16 Çift tarafı $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

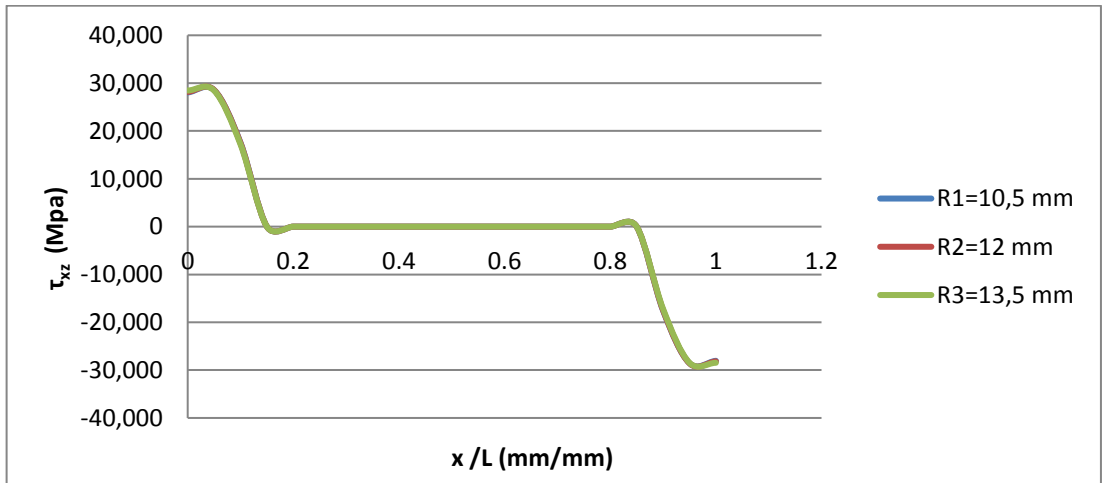
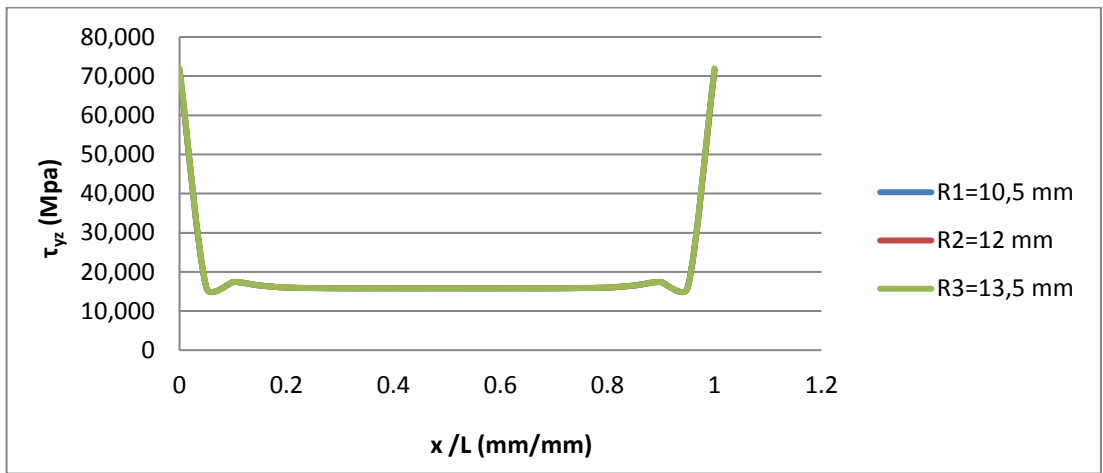
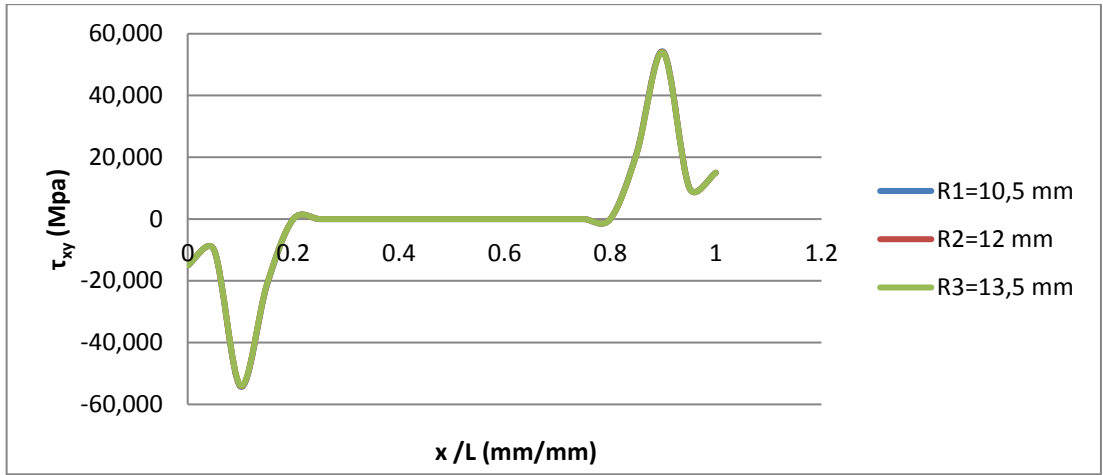
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.32’de verilmiştir. Normal gerilmelerin tümü ve eşdeğer gerilmeler karakteristik olarak benzer bir dağılım grafiği göstermiştir fakat normal gerilmeler negatif tarafta eşdeğer gerilmeler ise pozitif tarafta dağılım göstermişlerdir. Normal gerilmeler ve eşdeğer gerilmeler yama uçlarında minimum ve orta noktalarda maksimum değer almışlardır. Mutlak değerde en büyük gerilmeler σ_y gerilmeleridir. Büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde etkisi görülmemektedir.





Şekil 6.32 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

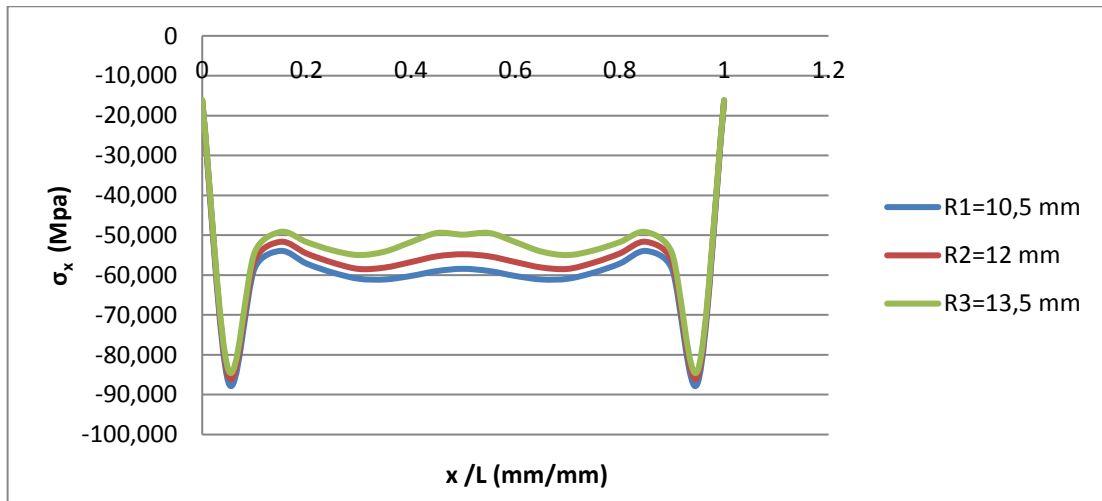
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.33'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değerini almıştır. En yüksek gerilmeler τ_{yz} gerilmeleridir ve yama uçlarında maksimum değer alırken uç noktalardan uzaklaştıkça ani düşmeler gösterip minimum gerilme değerini almıştır. τ_{xz} gerilmeleri ise C noktasında pozitif bölgede D noktasında negatif bölgede olmak üzere yama uçlarında maksimum değer almış orta noktalarda da sıfır olmuştur. Grafiklerden de anlaşıldığı gibi R büyük yarıçap değerinin değişmesinin kayma gerilmeleri üzerinde bir etkisi görülmemektedir.

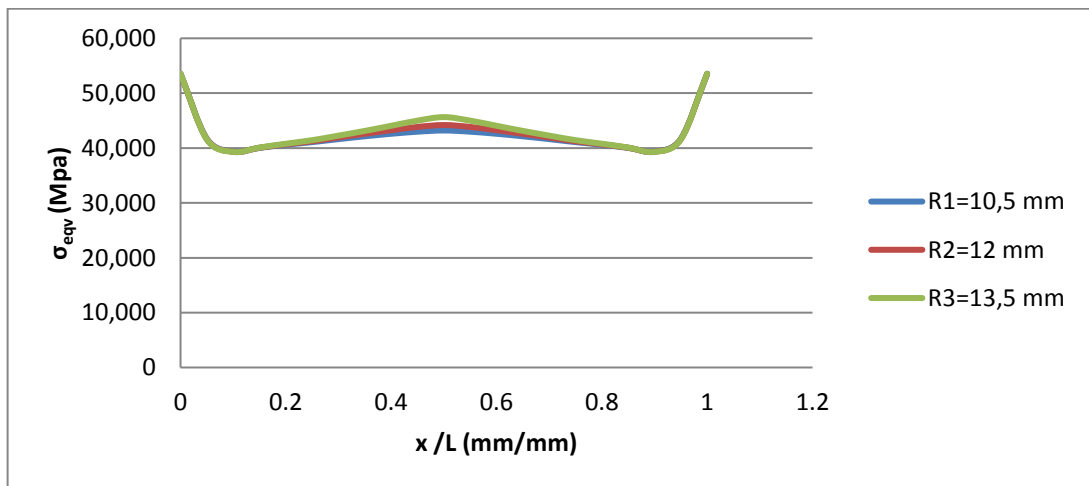
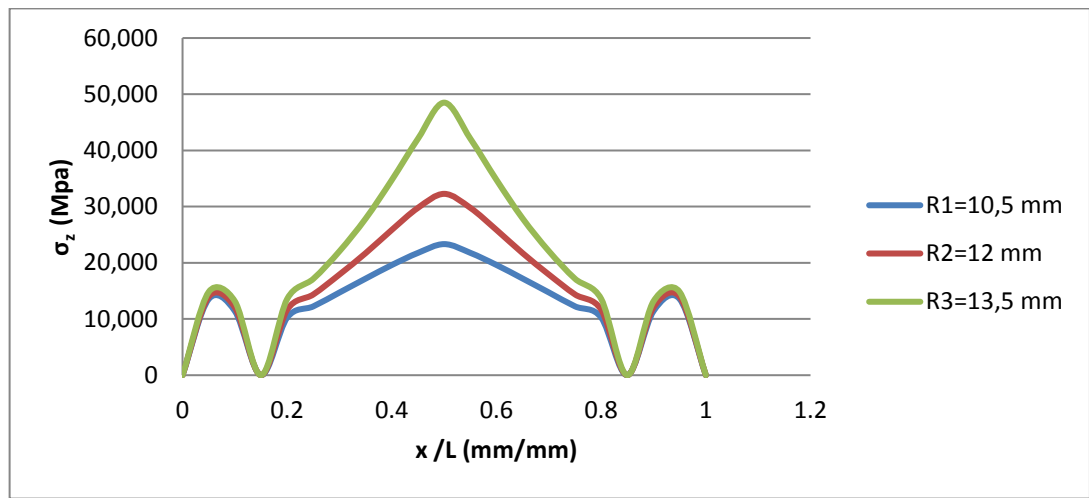
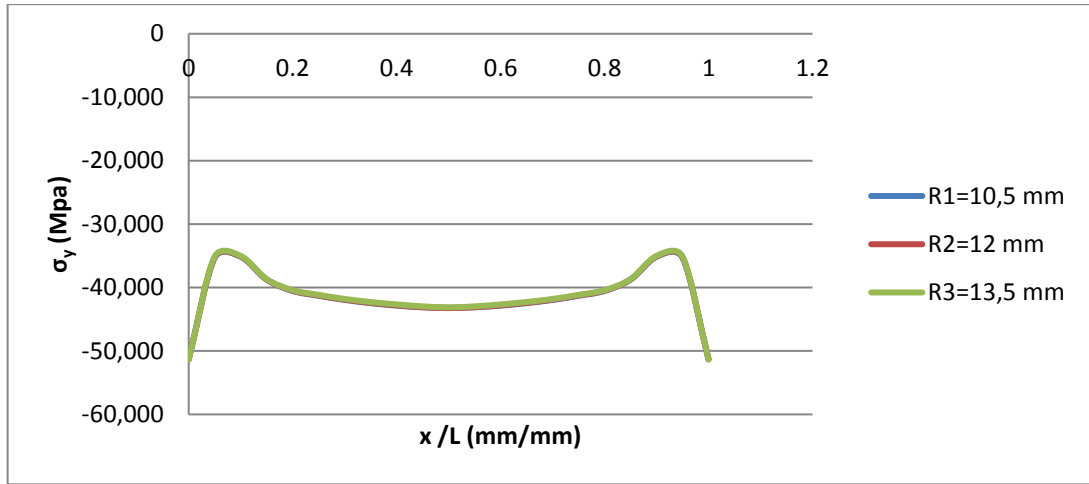


Şekil 6.33 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.17 Çift tarafı WxH=40x28 mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

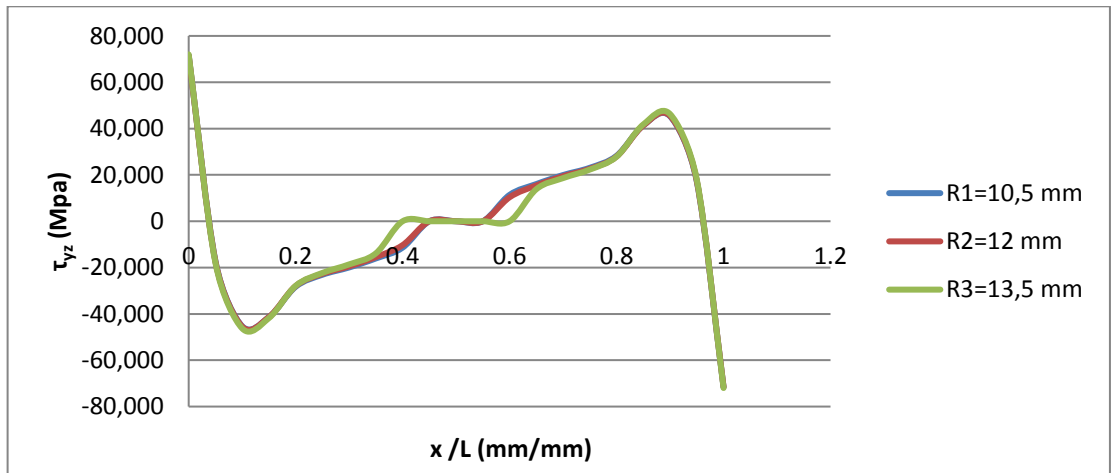
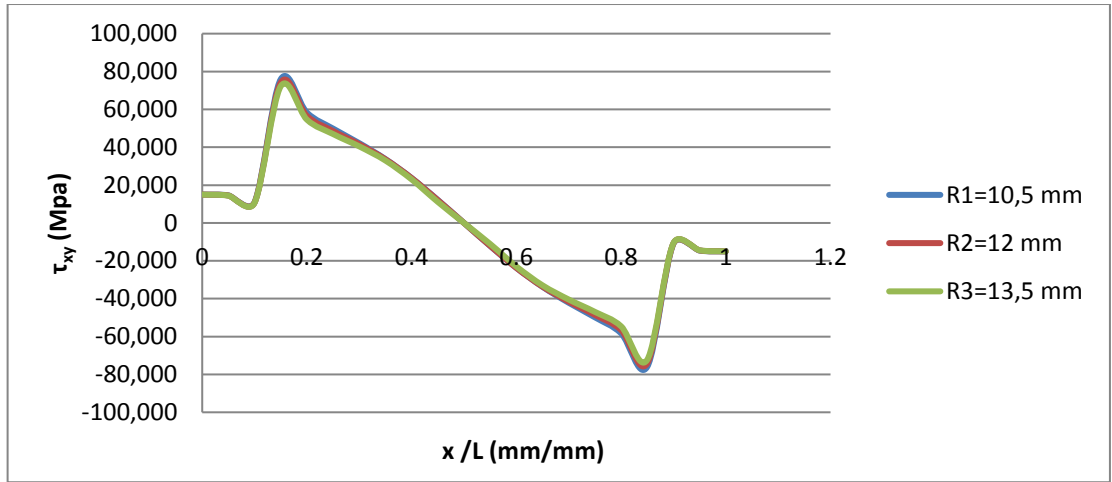
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.34’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarında D noktasında minimum değer almış uç noktalardan uzaklaştıkça ani bir artış göstermiş ve D noktasından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum gerilme değerine ulaşmıştır orta noktalarda artan azalan eğriler görülmektedir. Büyük yarıçap değeri arttıkça σ_x gerilmeleri azalmıştır. Büyük yarıçap değişimi σ_y gerilmelerini etkilemezken gerilmeler yama D ve L noktalarında maksimum yama uçlarında yaklaşık 0,05 br uzaklıkta minimum olmuştur. Büyük yarıçap R arttıkça σ_z gerilmeleri artış göstermiştir, en yüksek gerilmeye DL yörüngesi boyunca yapıştırma yüzeyinin orta noktasında ulaşmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise grafikte de görüldüğü gibi yama uçlarında maksimum değer almış ve büyük yarıçap değişiminin eşdeğer gerilmeler üzerinde etkisi yoktur.

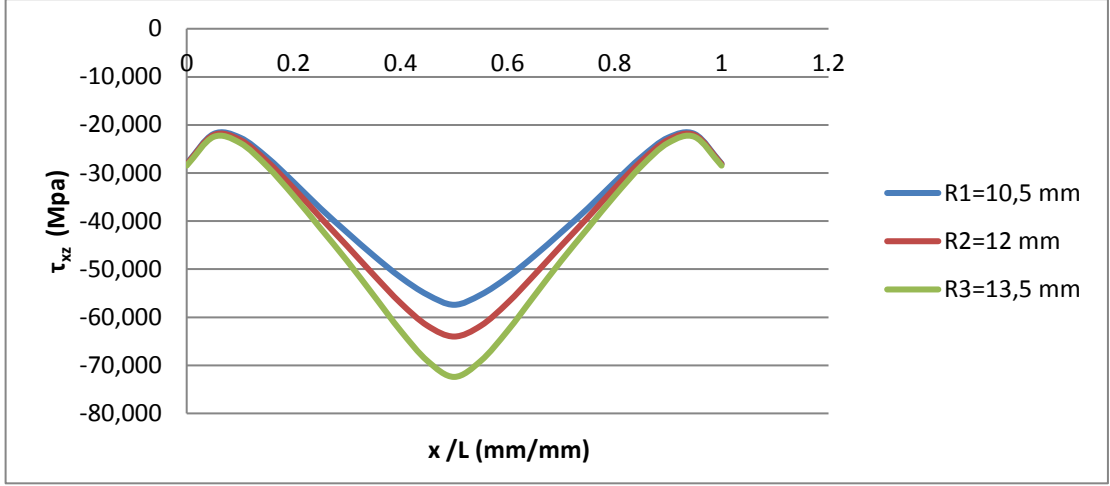




Şekil 6.34 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.35'te verilmiştir. R büyük yarıçap değişimi τ_{xz} gerilmeleri dışında diğer kayma gerilmeleri üzerinde etkisi yoktur. En yüksek τ_{xz} gerilmeleri $R_3=13,5$ mm olan numunede oluşurken en düşük τ_{xz} gerilmeleri $R_1=10,5$ mm olan numunede oluşmuştur, büyük yarıçap arttıkça gerilme değerleri de artmıştır.

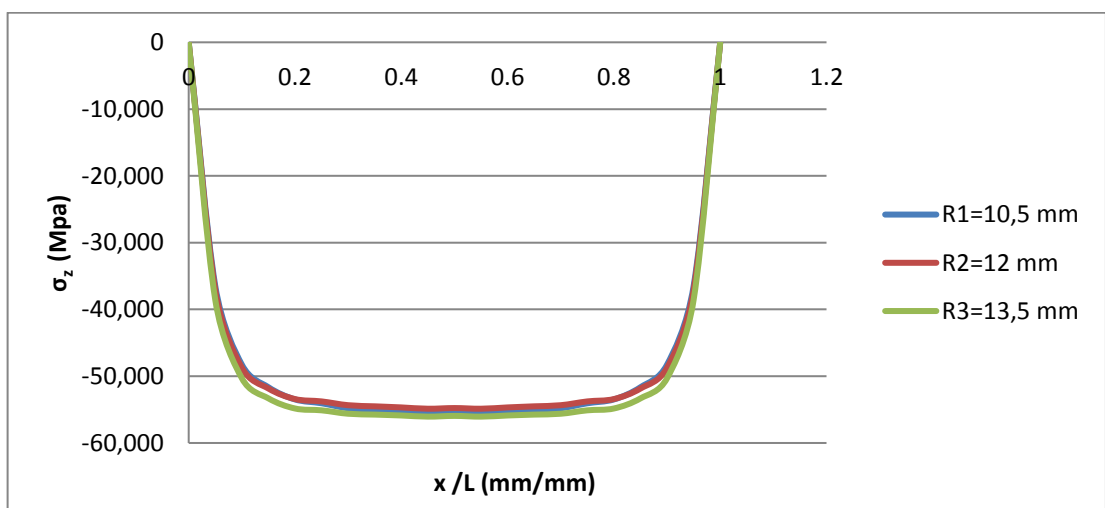
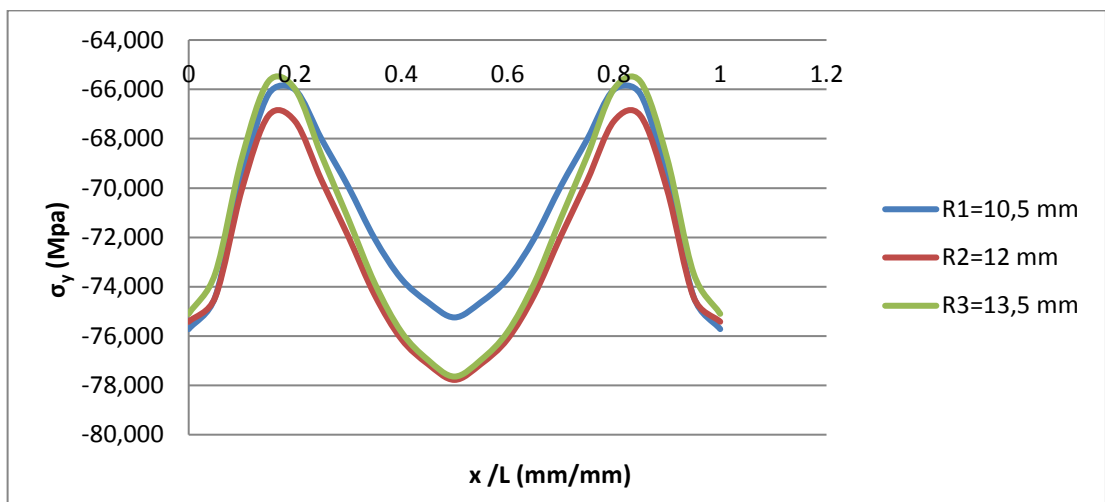
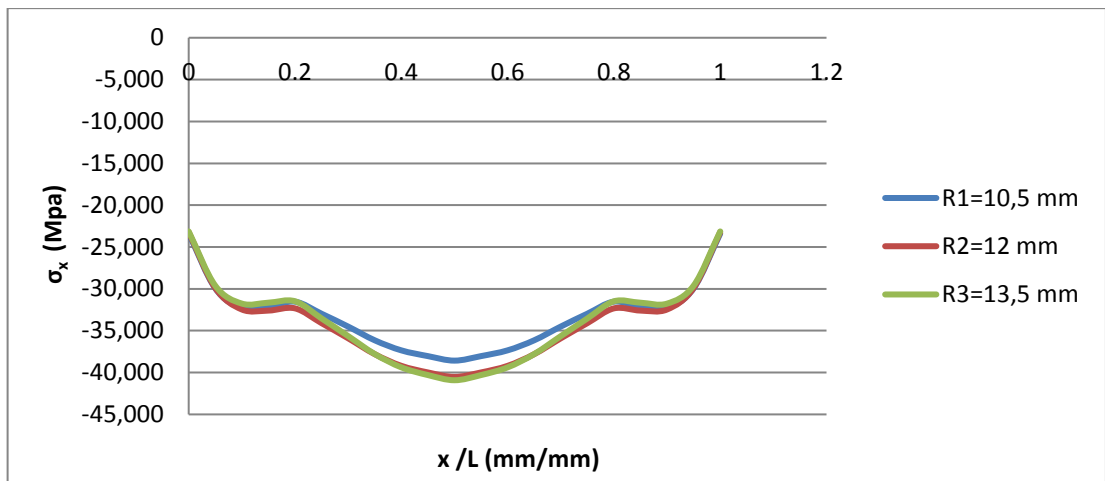


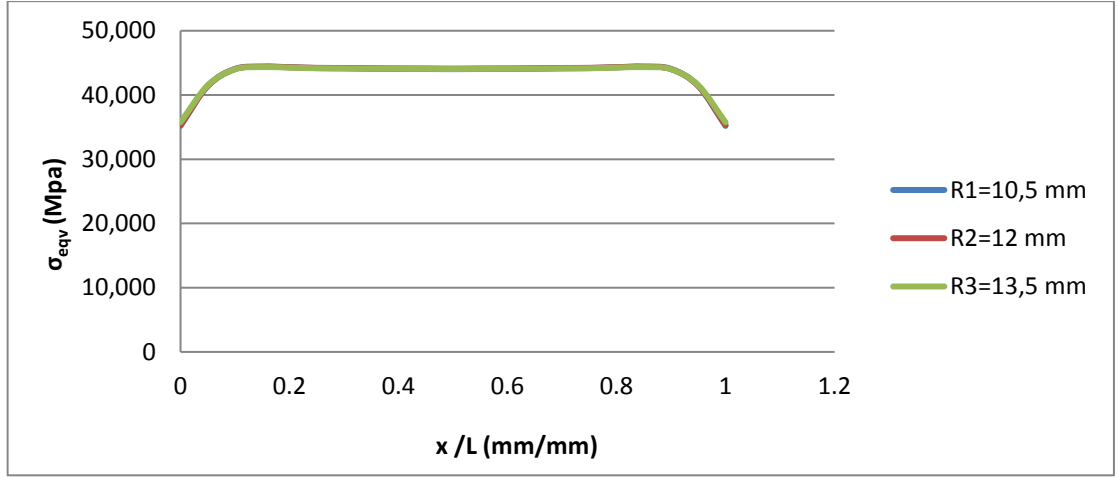


Şekil 6.35 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.18 Çift taraflı $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

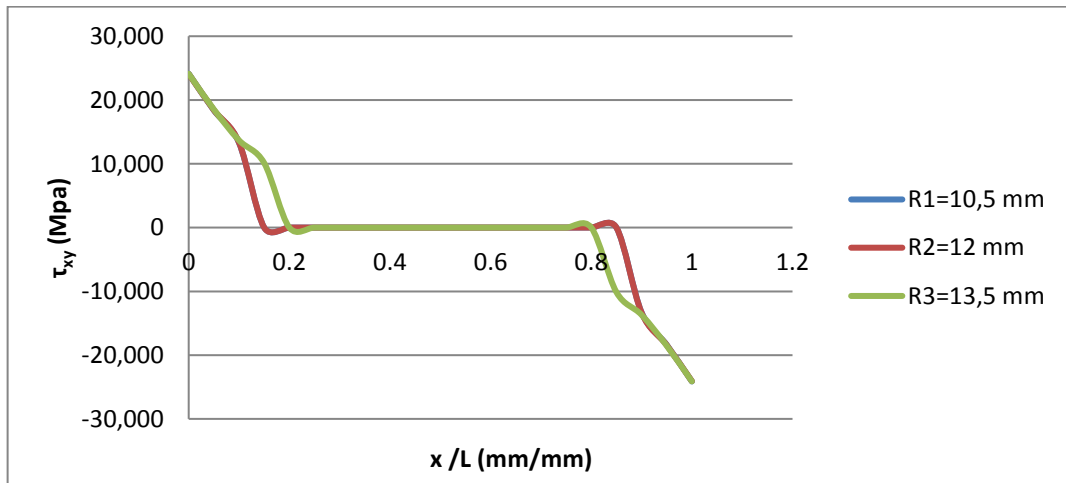
Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.36'da verilmiştir. Büyük yarıçap değişimine göre σ_x gerilmeleri minimum gerilmelerde eşit değer göstermiş fakat maksimum gerilmelerde R_2 ve R_3 yarıçap değerine sahip numuneler de daha yüksek gerilme değeri göstermiştir. σ_y gerilmeleri de maksimum gerilme değerlerine orta noktada R_2 ve R_3 yarıçap değerine sahip numunelerde ulaşmıştır. Büyük yarıçap değişiminin σ_z gerilmeleri üzerinde pek fazla etkisi olmamıştır fakat maksimum gerilmeler yarıçap değişimine göre değişkenlik göstermiştir. σ_z gerilmeleri negatif yönde ve orta noktada maksimum değerini almıştır. Eşdeğer gerilmeler σ_z gerilmelerine benzer bir dağılım göstermiştir fakat gerilmeler pozitif bölgede oluşmuştur ve büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde bir etkisi yoktur.

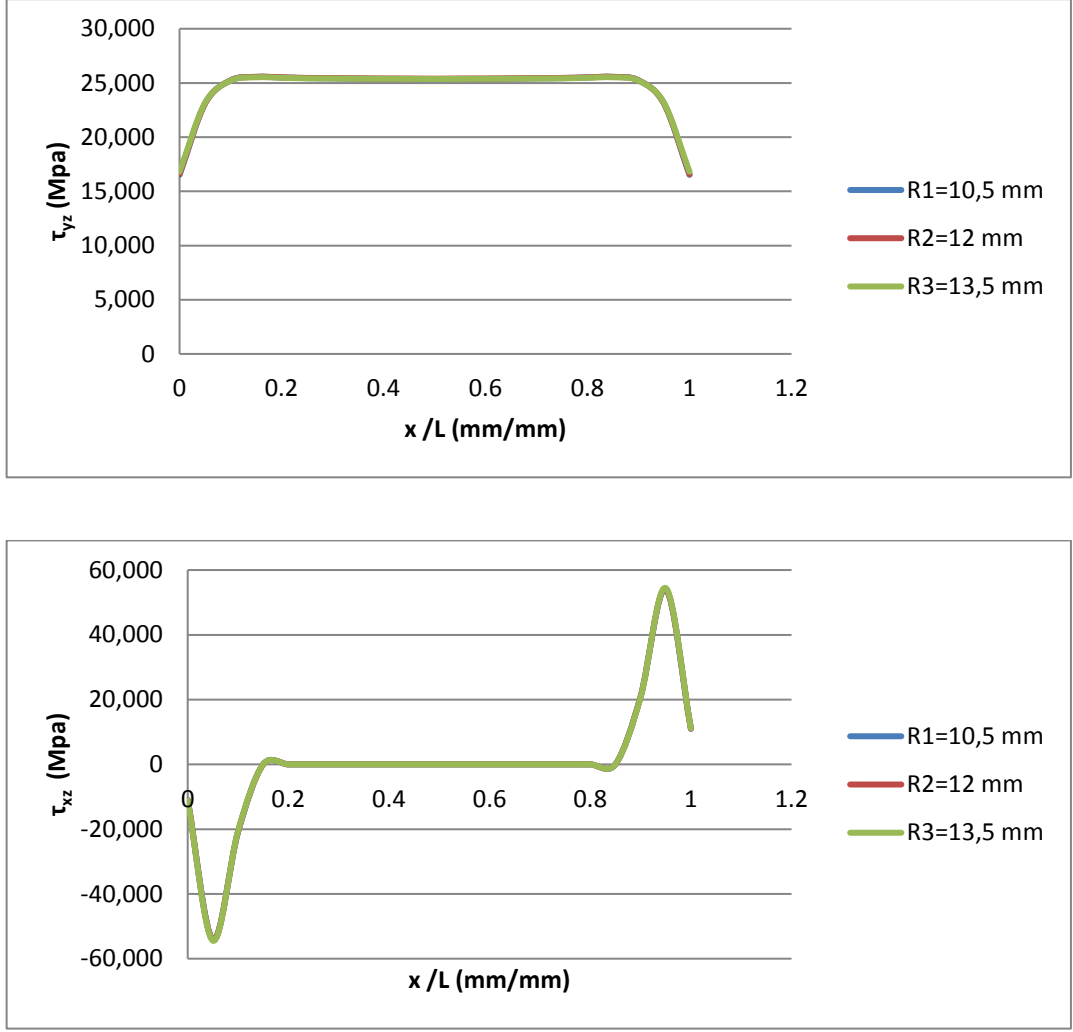




Şekil 6.36 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.37’de gösterilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri E noktasında maksimum gerilme değerini almış orta noktalarda sıfır olmuş F noktasında negatif bölgede tekrar maksimum değere ulaşmıştır. τ_{yz} gerilmeleri uç noktalarda minimum gerilme değeri almış orta noktalarda maksimum gerilme değeri göstermiş ve sabit kalmıştır. τ_{xz} gerilmeleri en yüksek gerilmeler olup uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta en yüksek gerilme değerine ulaşmıştır. Büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde etkisi yoktur.



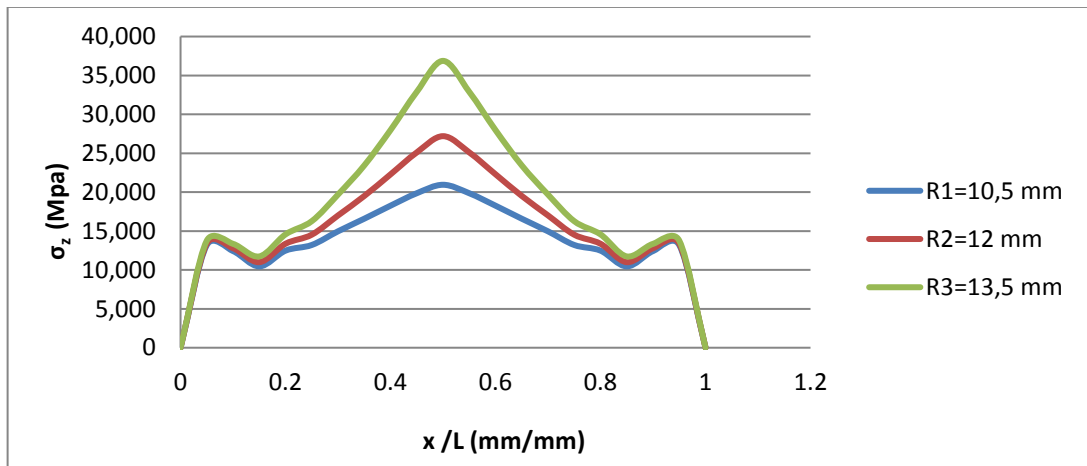
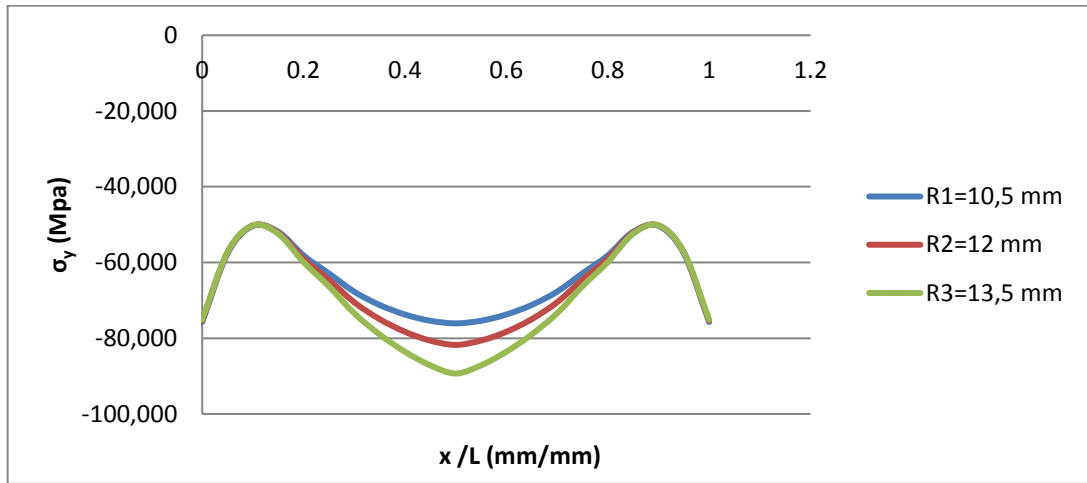
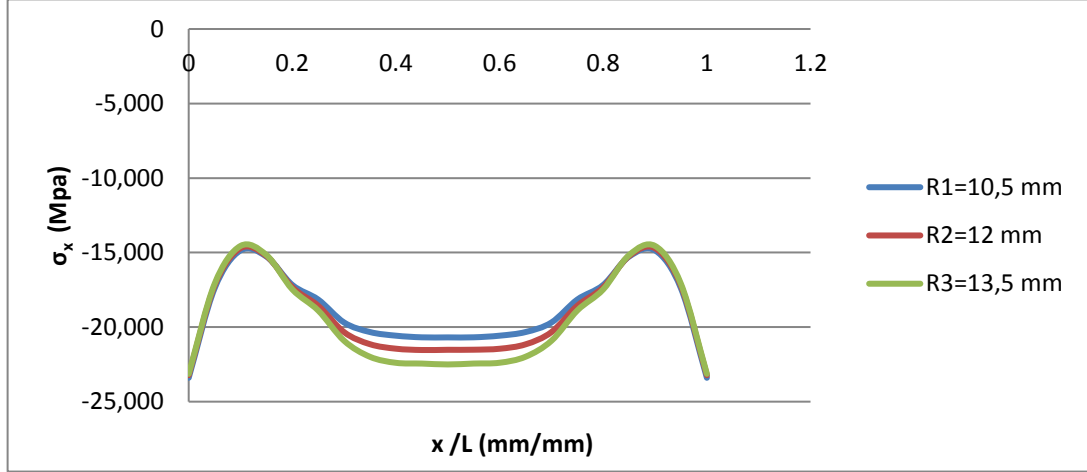


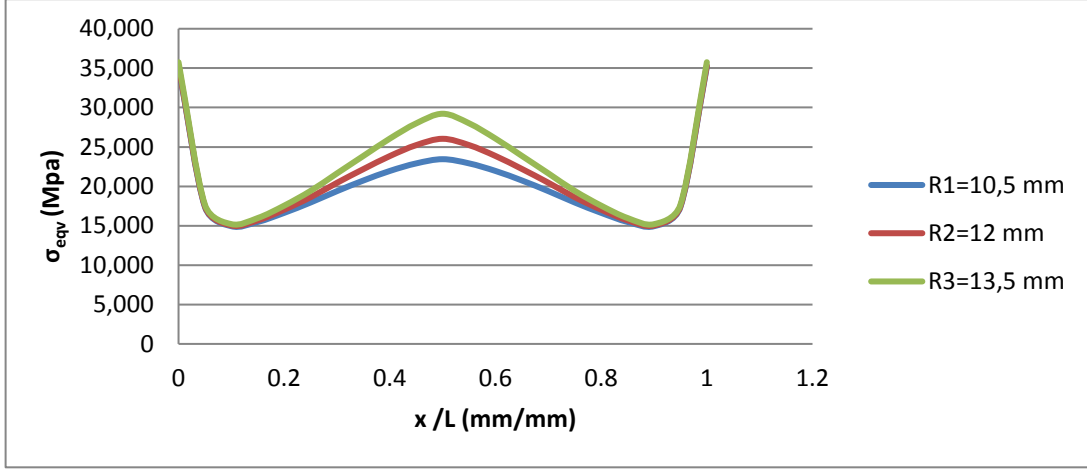
Şekil 6.37 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.19 Çift taraflı $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.38’de verilmiştir. Eşdeğer gerilmeler ve normal gerilme dağılım grafikleri karakteristik olarak birbirine benzer bir dağılım göstermiştir ancak σ_x ve σ_y gerilmeleri negatif yönde gerilme dağılımları gösterirken σ_z ve σ_{eqv} gerilmeleri pozitif yönde gerilme dağılımı göstermiştir. En yüksek gerilmeler $R_3=13,5$ mm yarıçap değerine sahip numunelerde görülmüştür ve yarıçap

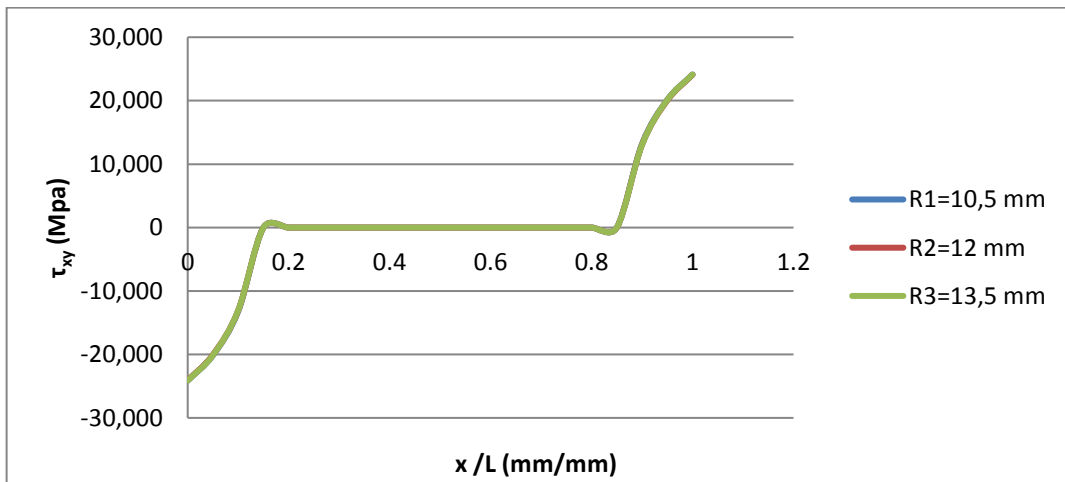
değeri azaldıkça gerilmelerin de azaldığı grafiklerden anlaşılmaktadır. σ_x gerilmeleri ve eşdeğer gerilmeler maksimum değerine yama uçlarında, σ_y ve σ_z gerilmeleri ise orta noktada ulaşmışlardır.

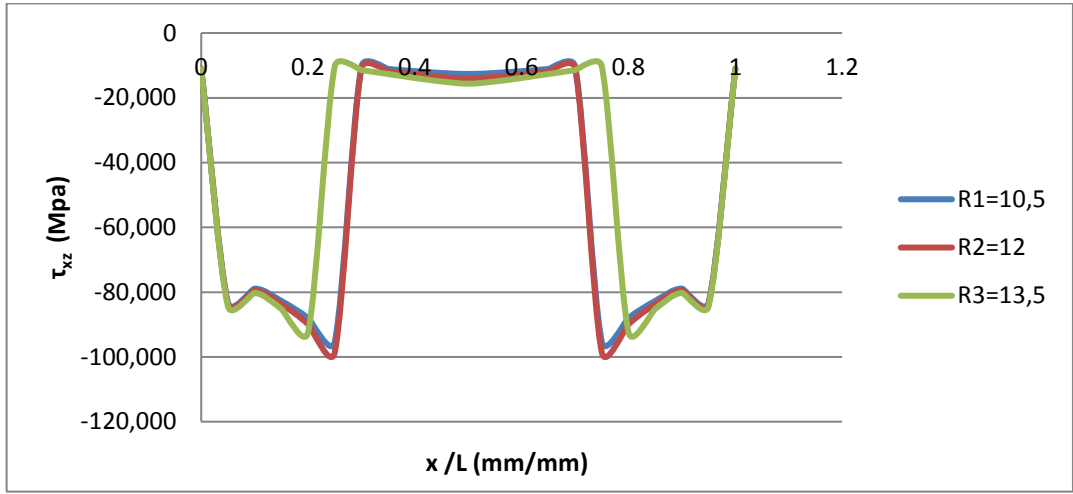
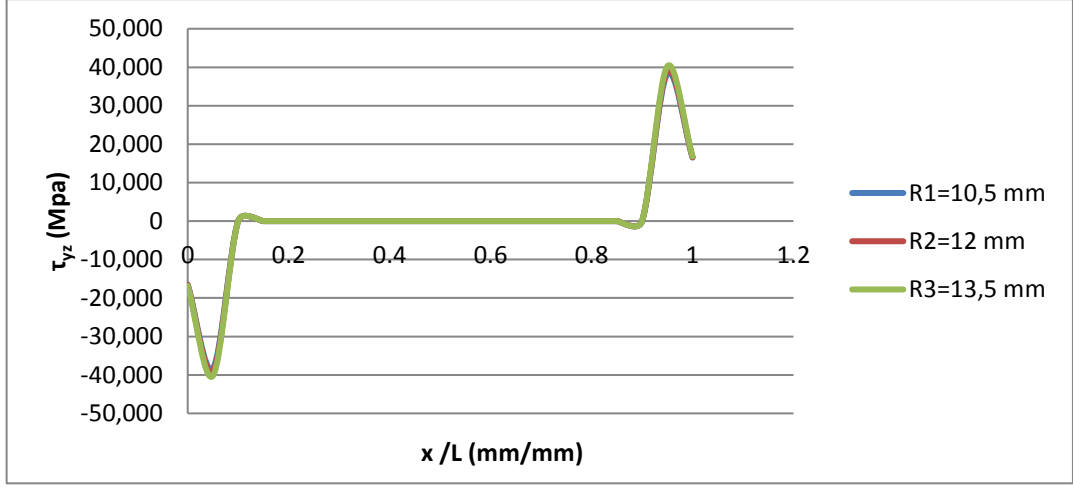




Şekil 6.38 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.39’da verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri F noktasında negatif bölgede en yüksek gerilme değerini almış uç noktadan uzaklaştıkça azalarak sıfır olmuş K noktasına yaklaştıkça artış göstermiş ve uç noktada pozitif bölgede tekrar en yüksek değerini almıştır. τ_{yz} gerilmeleri uç noktalara yaklaşık 0,05 br uzaklıkta maksimum olmuştur, büyük yarıçap değişiminin τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri üzerinde bir etkisi görülmemektedir. τ_{xz} gerilmeleri 0,2-0,4 br ile 0,6-0,8 br arasında maksimum değere ulaşmıştır ve en yüksek gerilmeler $R_2=12$ mm olan numunede görülmektedir.



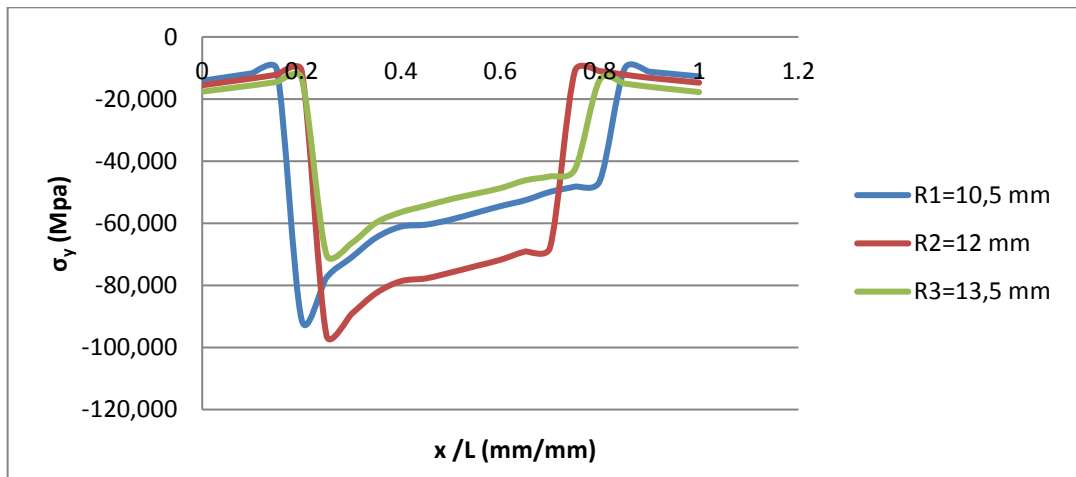
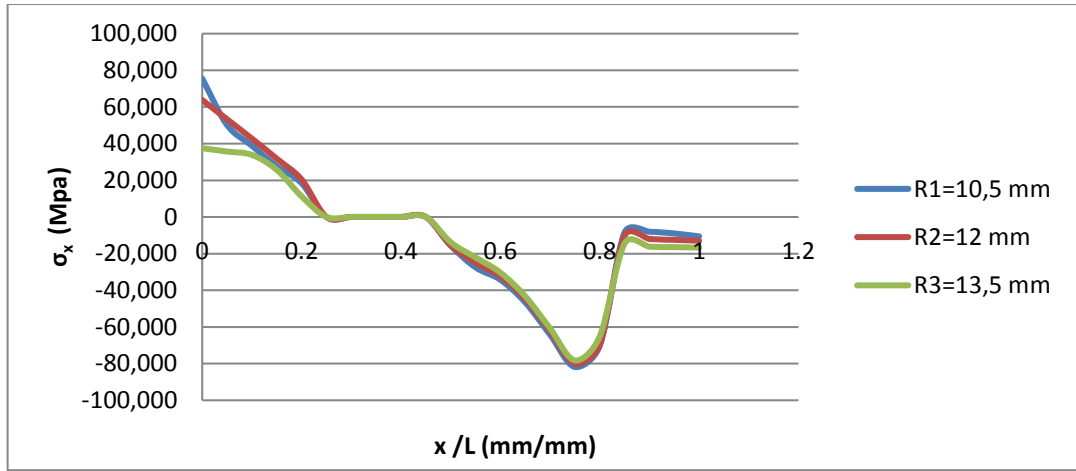


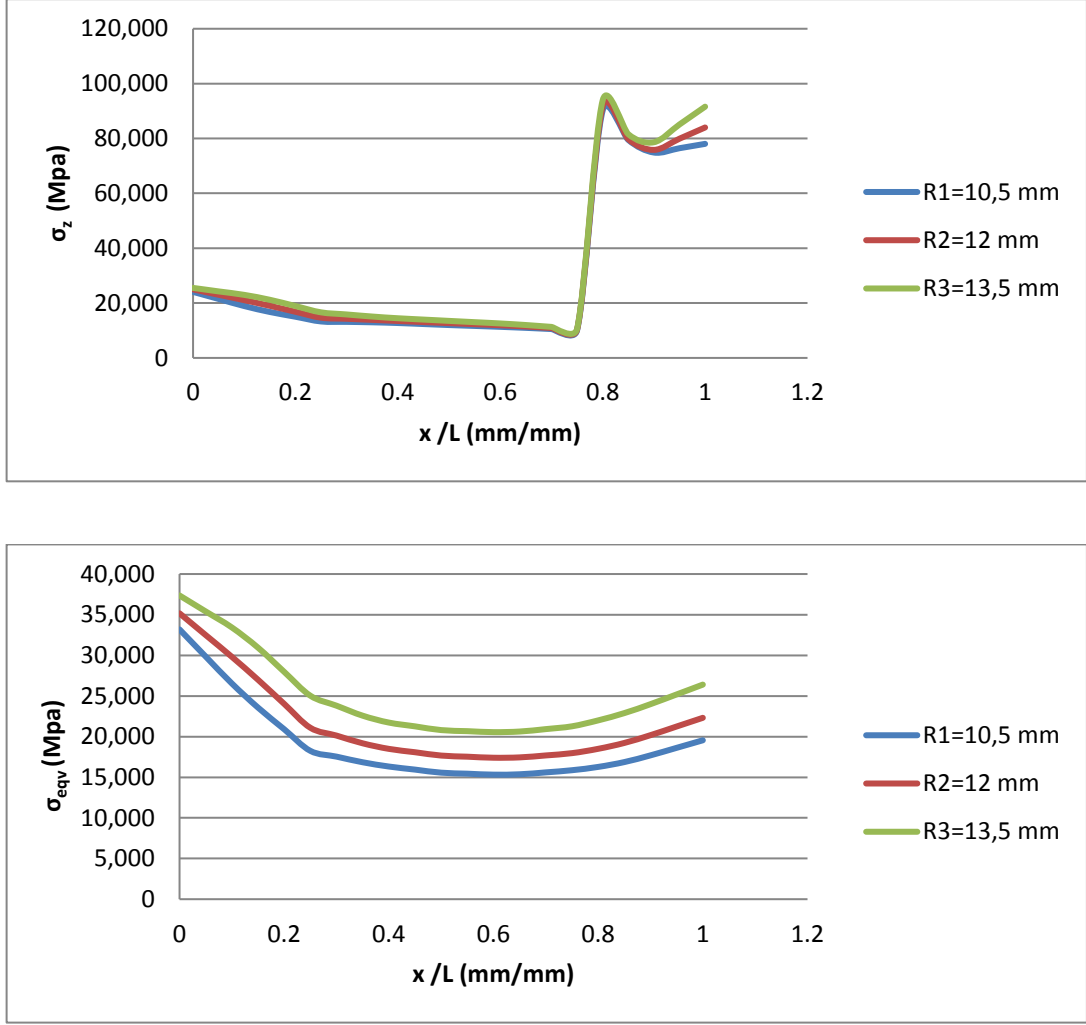
Şekil 6.39 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.20 Çift tarafı $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.40'da verilmiştir. σ_x gerilme grafiği incelendiğinde maksimum gerilmeler 0,6-0,8 br arasında görülmektedir ve en yüksek gerilme değerinin $R_1=10,5$ mm olan numunede olduğu görülmüştür, büyük yarıçap değeri arttıkça uç noktada gerilme değerlerinin düştüğü görülmüştür. σ_y gerilmeleri $R_2=12$ mm olan numunede elips uçlarına yakın bir noktada maksimum

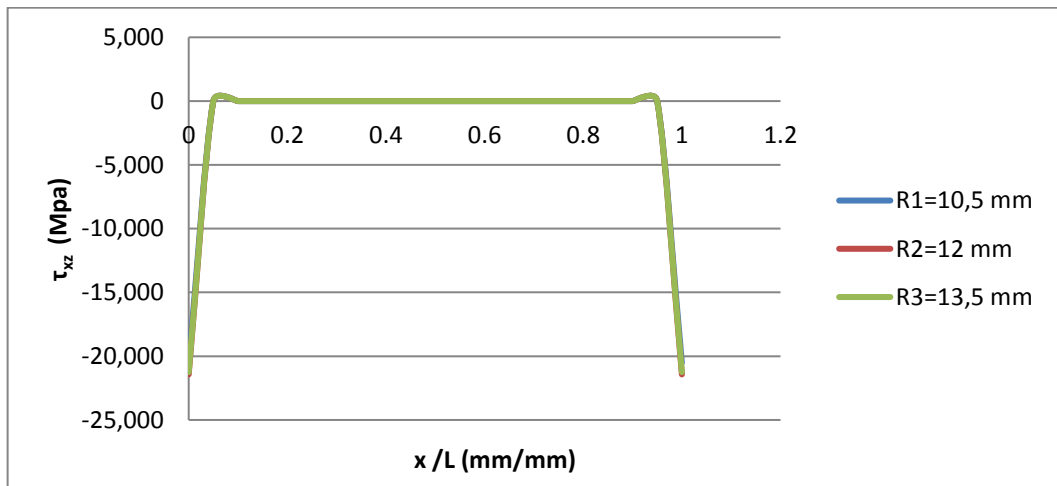
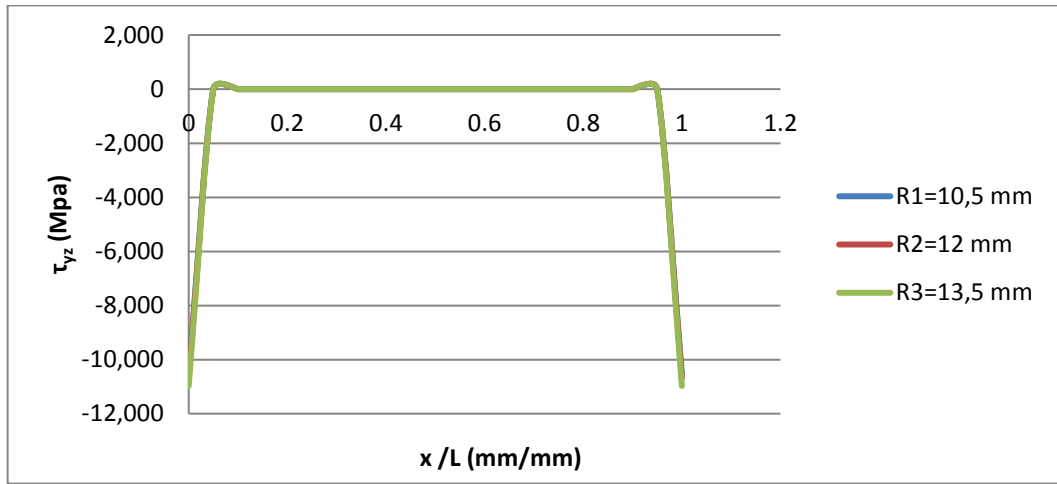
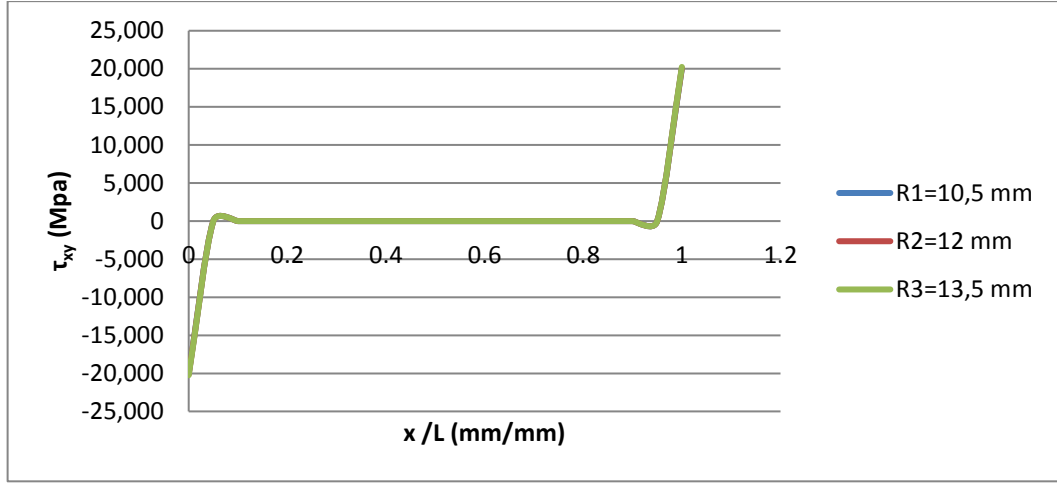
gerilme değerine ulaşmıştır. Büyük yarıçap değişiminin σ_z gerilmeleri üzerinde pek fazla bir etkisi olmamıştır ve P noktasına yaklaşık 0,2 br uzaklıkta en yüksek gerilme değerleri görülmektedir. Eşdeğer gerilmeler ise N noktasında maksimum değerde olup P noktasına kadar azalma göstermiştir. Eşdeğer gerilme dağılım grafikleri incelendiğinde en yüksek σ_{eqv} gerilmeleri $R_3=13,5$ mm olan numunede görülmüştür ve büyük yarıçap değeri arttıkça gerilmelerin arttığı tespit edilmiştir.





Şekil 6.40 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

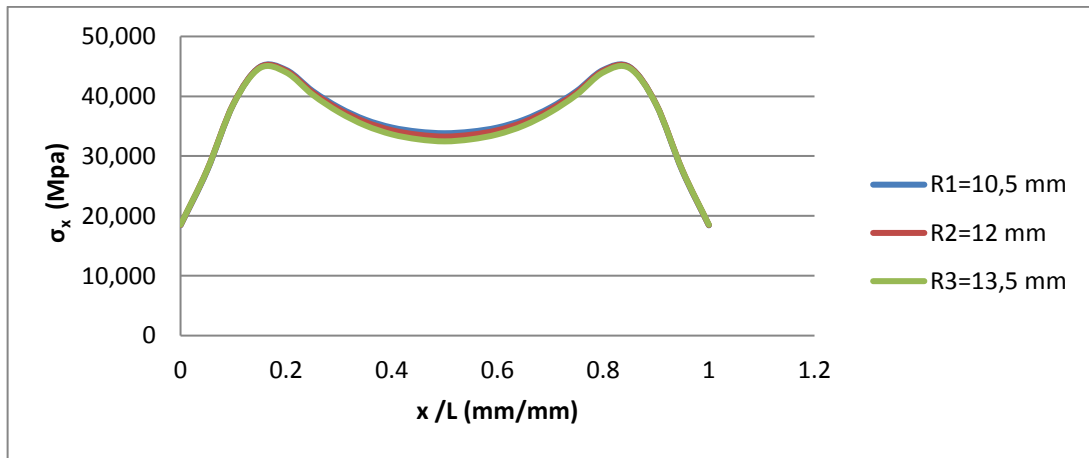
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.41’de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılım grafiklerinin oluştuğu görülmektedir. Kayma gerilmelerinin hepsinde uç noktalarda maksimum gerilmiş görülmüş uç noktalardan uzaklaştıkça ani bir düşme oluşmuş ve orta noktada gerilmeler sıfır değerini almıştır, P noktasına yaklaştıkça tekrar artarak maksimum gerilme değerini almıştır. Fakat τ_{xy} gerilmeleri P noktasında maksimum değeri pozitif bölgede almıştır ve büyük yarıçap değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir.

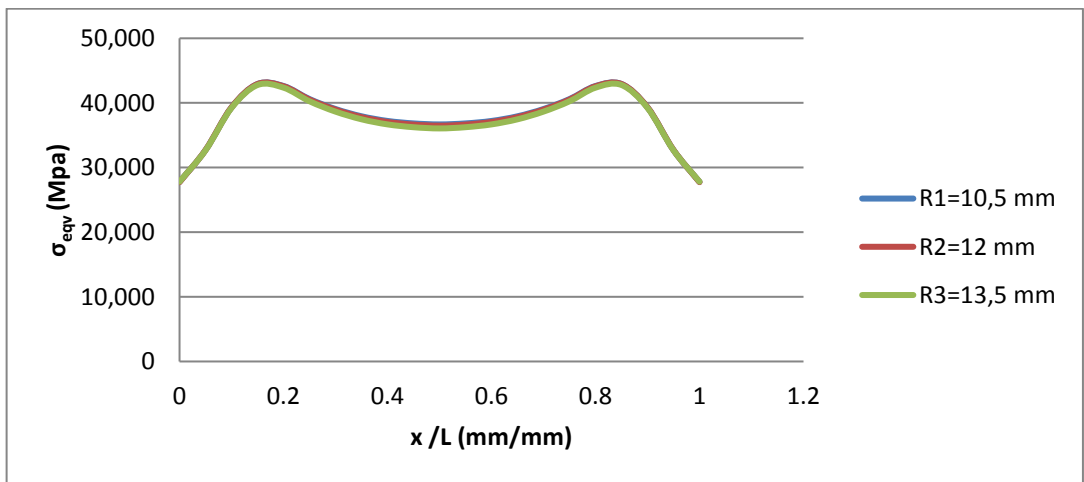
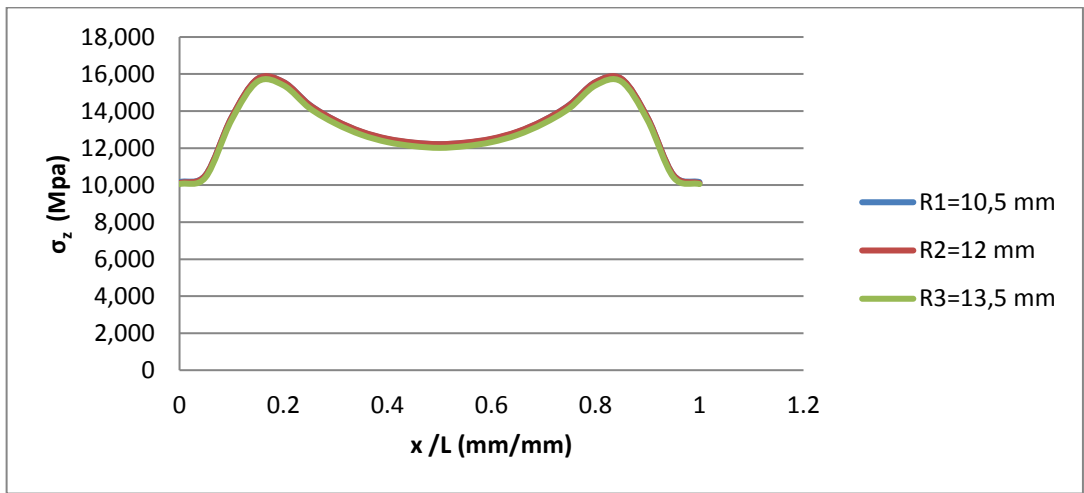
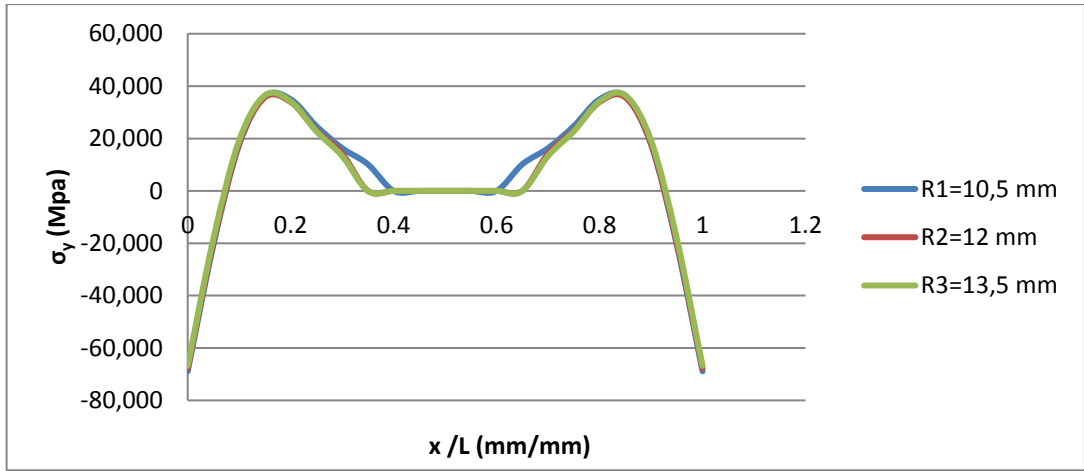


Şekil 6.41 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

5.Çift tarafı WxH=40x32 mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

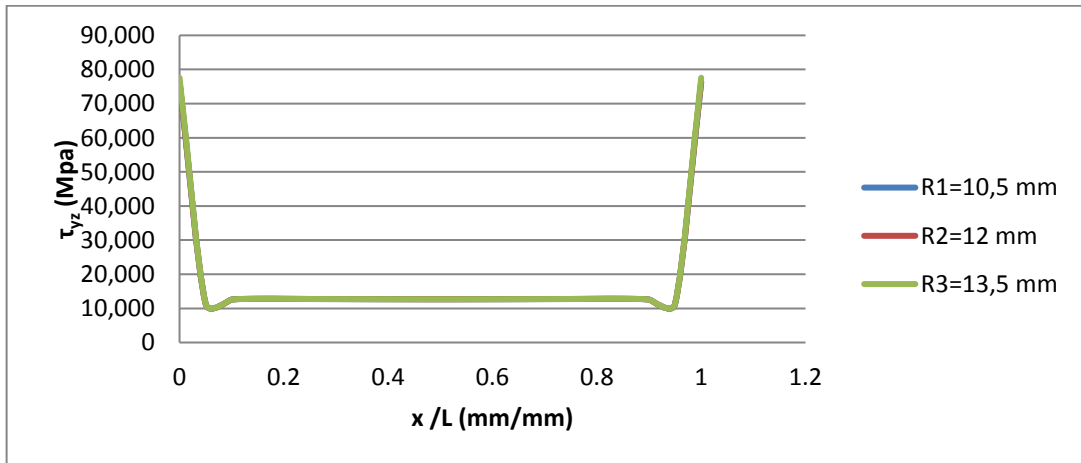
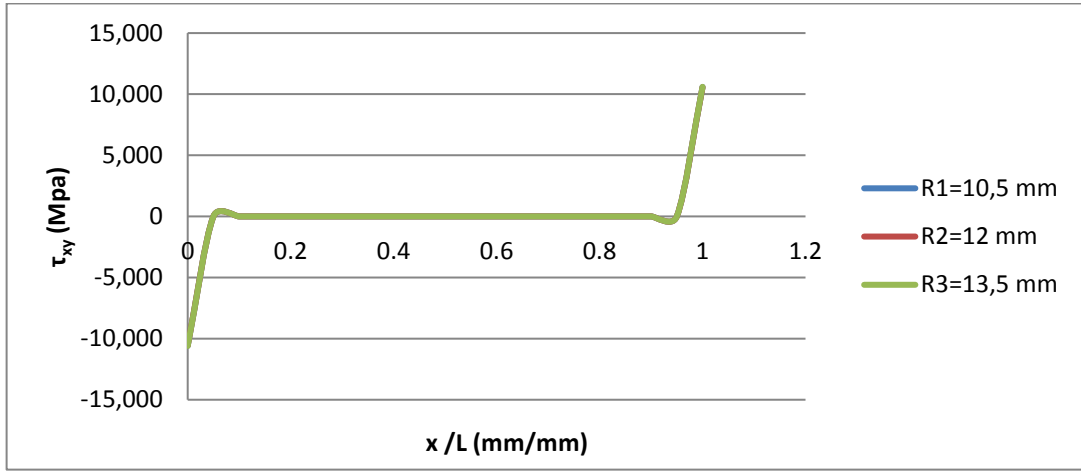
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.42’de verilmiştir. σ_y gerilmeleri dışındaki normal gerilmeler ve eş değer gerilmeler karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılımı gösteren grafik oluşturmuşlardır. Gerilmeler A ve B noktasında minimum değer almış uç noktalardan yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değer almıştır. σ_y gerilmeleri ise negatif yönde maksimum değere ulaşmış sonra azalarak sıfır olmuş ve pozitif yönde artmaya devam etmiş orta noktalarda bir süre sıfırda sabitliğini korumuş daha sonra artan azalan değerler ve negatif olarak artan değerler şeklinde devam etmiştir. Büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde etkisi görülmemektedir.

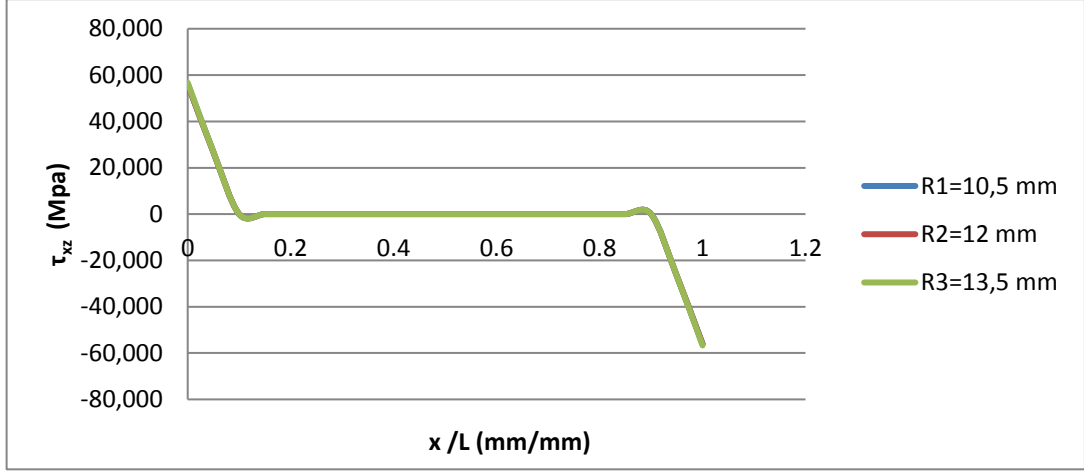




Şekil 6.42 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikler

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.43'te verilmiştir. Kayma gerilme grafikleri birbirine benzer dağılım göstermiş ve uç noktalarda maksimum değere ulaşmış uç noktalardan uzaklaşınca ani bir düşme göstererek sıfır olmuş orta noktalarda sıfır olarak sabit kalmıştır. Ancak τ_{yz} gerilmeleri bütün değerlerini pozitif bölgede almıştır ve en yüksek gerilme değerleri τ_{yz} gerilmelerine aittir. Büyük yarıçap değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir.

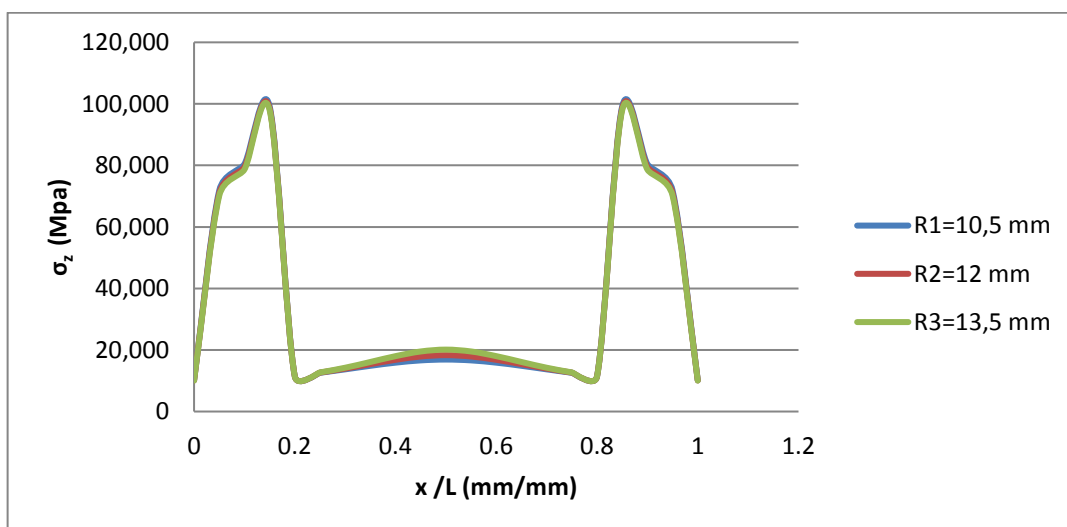
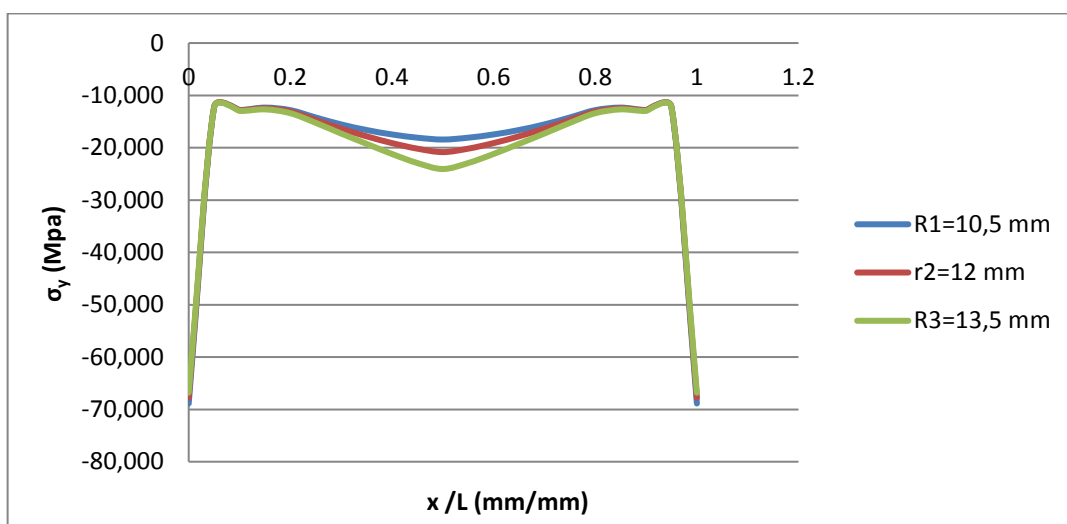
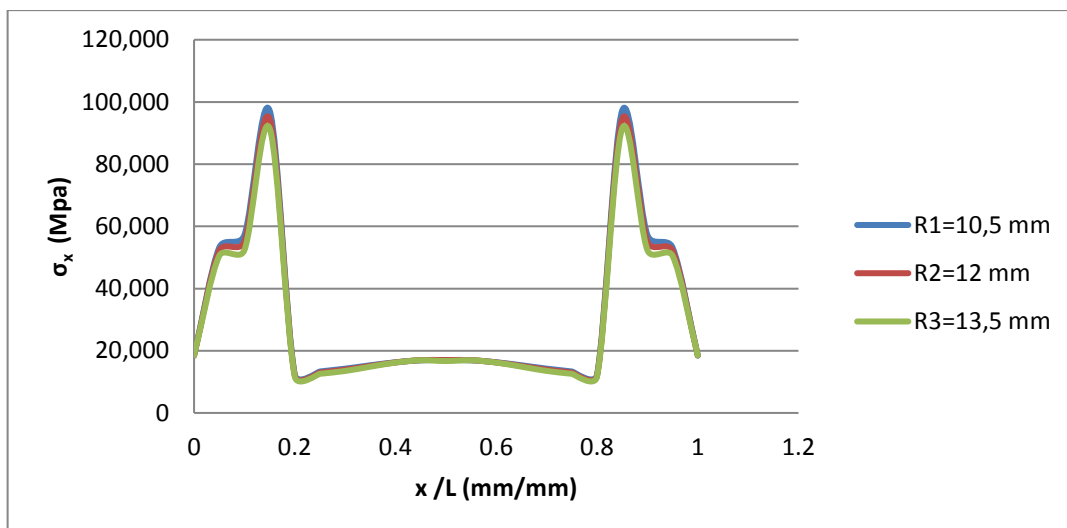


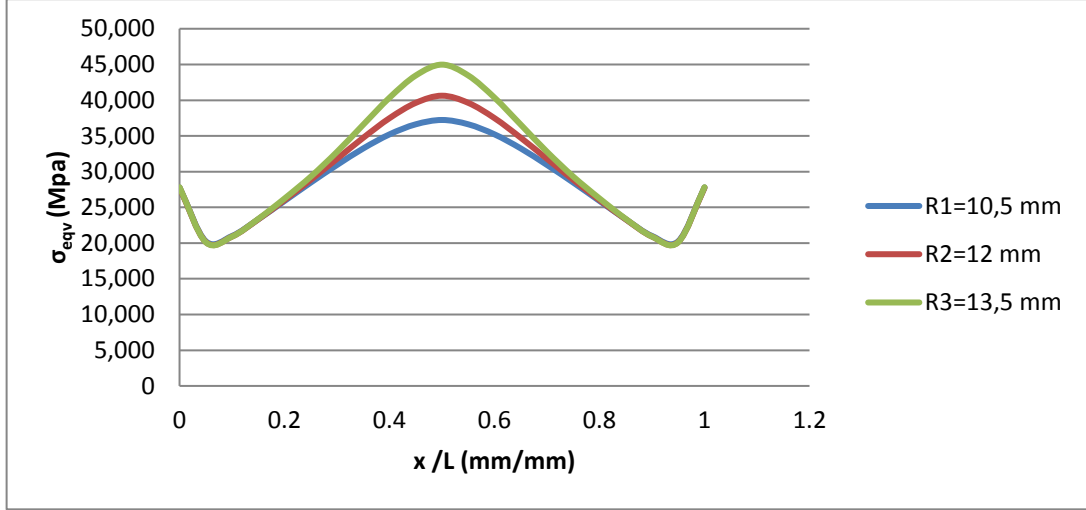


Şekil 6.43 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.21 Çift tarafı $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

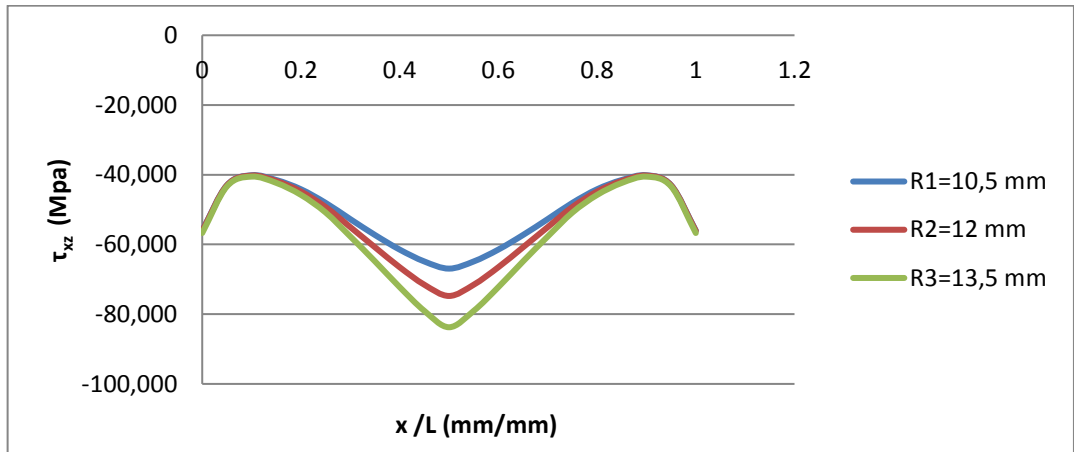
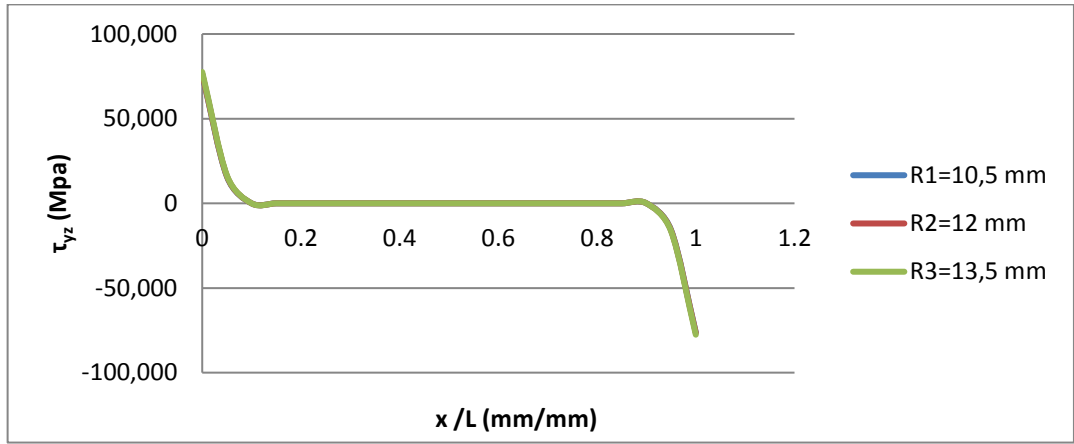
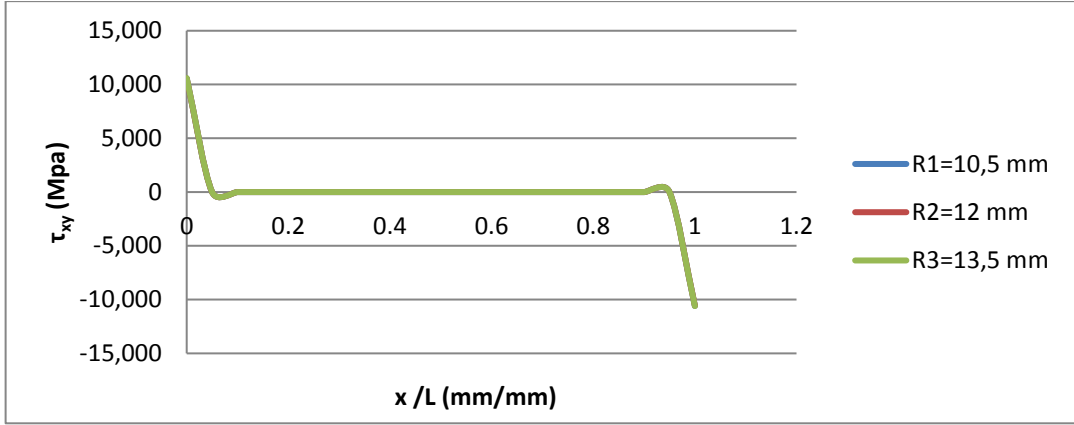
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.44’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,15 br uzaklıkta maksimum değer almış en yüksek gerilmeler $R_1=10,5$ mm yarıçap değerine sahip numunede görülmüştür. σ_y gerilmeleri yama uçlarında ve negatif bölgede maksimum değer almıştır, büyük yarıçap değişiminin σ_y gerilmeleri üzerinde pek fazla etkisi yoktur. σ_z gerilmeleri de σ_x gerilmeleri ile benzer şekilde bir gerilme dağılım grafiği göstermiştir fakat büyük yarıçap değişiminin σ_z gerilmeleri üzerinde etkisi yoktur. Eşdeğer gerilmeler ise yamanın orta noktasında maksimum olmuştur ve en yüksek gerilmeler $R_3=13,5$ mm değere sahip numunede oluşmuş ve büyük yarıçap değeri küçüldükçe gerilmeler de küçülmüştür.





Şekil 6.44 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

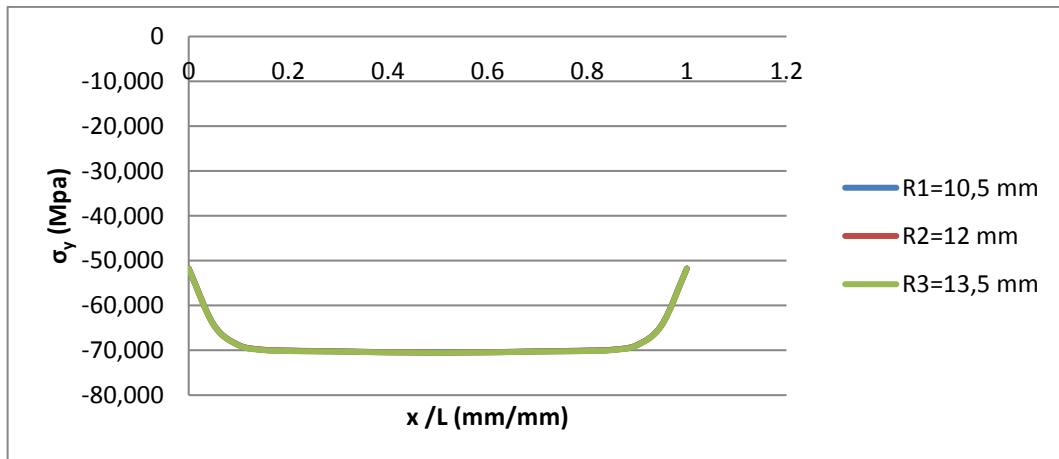
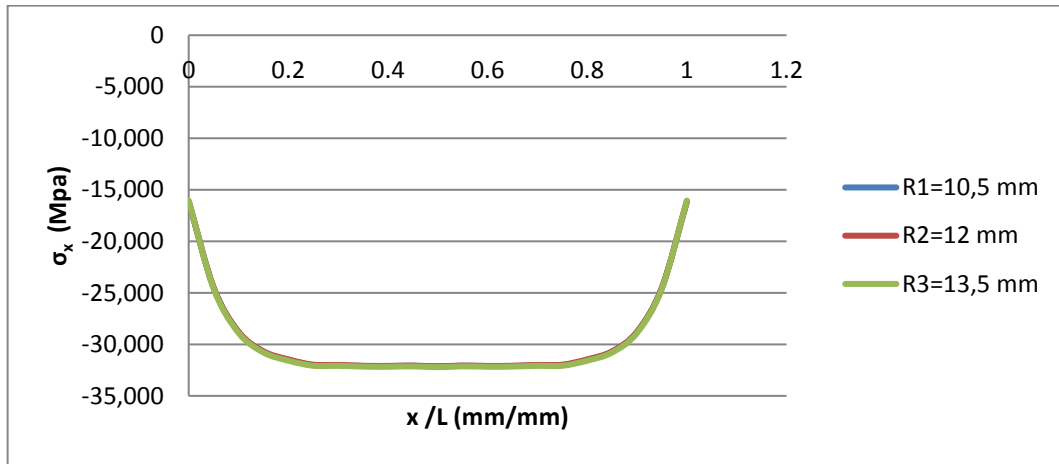
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.45'te verilmiştir. τ_{xy} ve τ_{yz} kayma gerilme dağılım grafikleri birbirine benzer şekilde oluşmuştur B noktasında pozitif bölgede maksimum değer almışlar daha sonra ani bir düşme görülerek sıfırda sabit kalmışlar H noktasına yaklaştıkça negatif bölgede artış göstererek tekrar maksimum değer almışlardır. Büyük yarıçap değişiminin τ_{xy} ve τ_{yz} kayma gerilmeleri üzerinde bir etkisi yoktur. τ_{xz} gerilme dağılım grafiği incelenirse negatif bölgede ve yamanın orta noktasında maksimum gerilme değerlerini almışlardır. En düşük gerilme değeri $R_1=10,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numunede görülmüştür ve büyük yarıçap değeri arttıkça τ_{xz} gerilme değerleri de artmıştır.

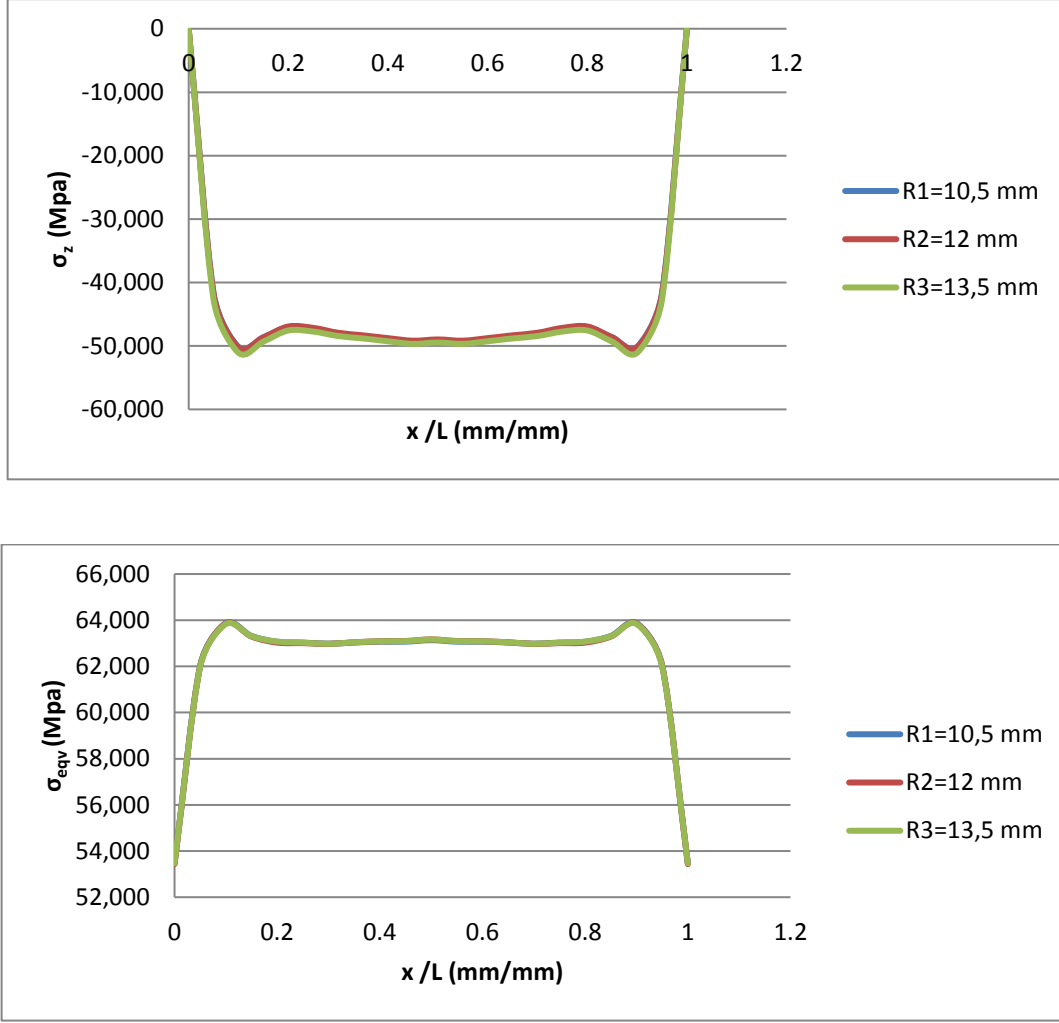


Şekil 6.45 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.22 Çift tarafı WxH=40x32 mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

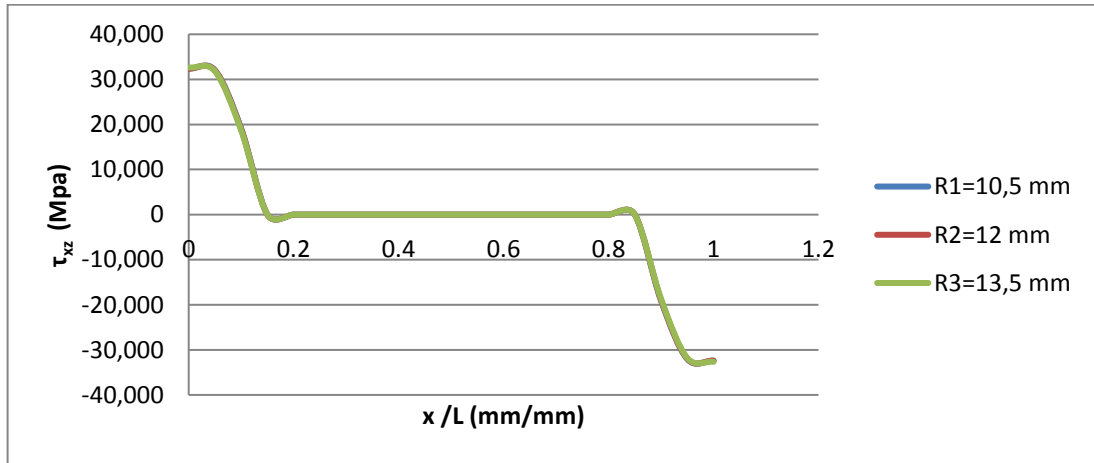
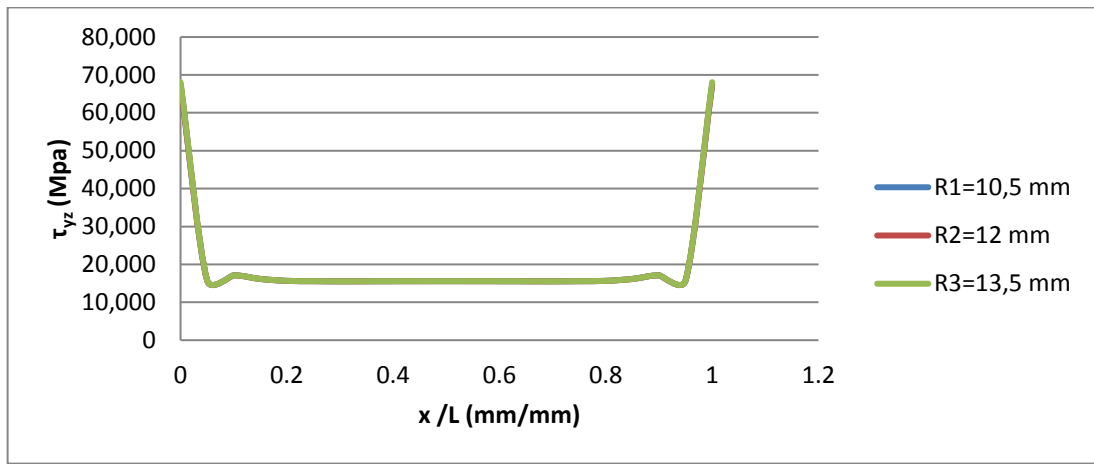
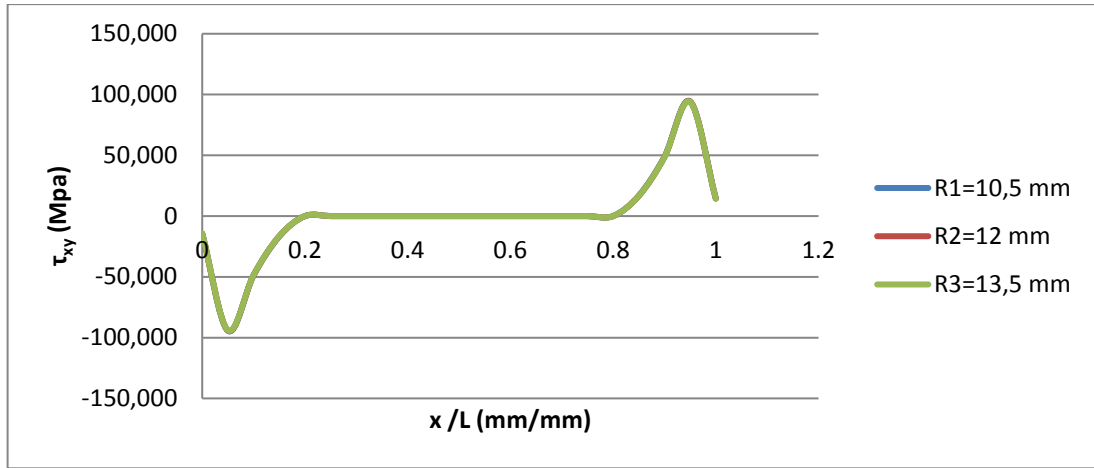
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.46'da verilmiştir. Eşdeğer gerilme ve normal gerilme dağılım grafikleri karakteristik olarak birbirine benzer dağılım göstermiştir. Fakat normal gerilmeler negatif bölgede gerilme dağılımı gösterirken eşdeğer gerilmeler pozitif bölgede gerilme dağılımı göstermişlerdir ve en yüksek gerilmeler σ_y gerilmeleridir. Yama uçlarında minimum gerilmeler orta noktada ise maksimum gerilmeler görülmektedir. Büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde etkisi görülmemektedir.





Şekil 6.46 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

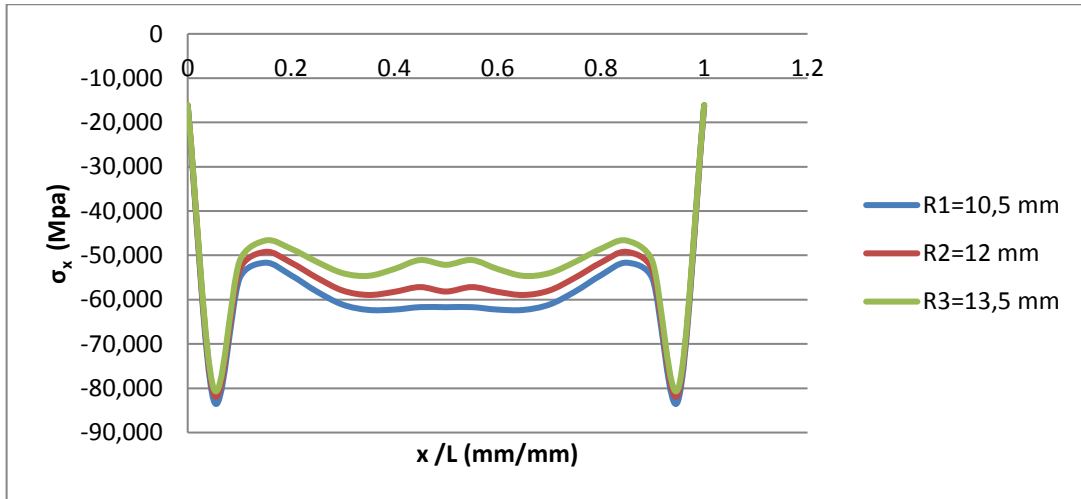
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.47’de verilmiştir. En yüksek gerilmeler τ_{xy} gerilmeleri olup yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değer almış ve orta noktalarda ise sıfır değerinde sabit kalmıştır. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında maksimum değere ulaşmış uç noktalardan uzaklaştıkça ani düşme görülmekte ve orta noktalarda minimum değer alarak sabit kalmıştır. τ_{xz} gerilmeleri ise C ve D noktalarında en yüksek değerini almış orta noktalarda da sıfır olmuştur. Büyük yarıçap değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir.

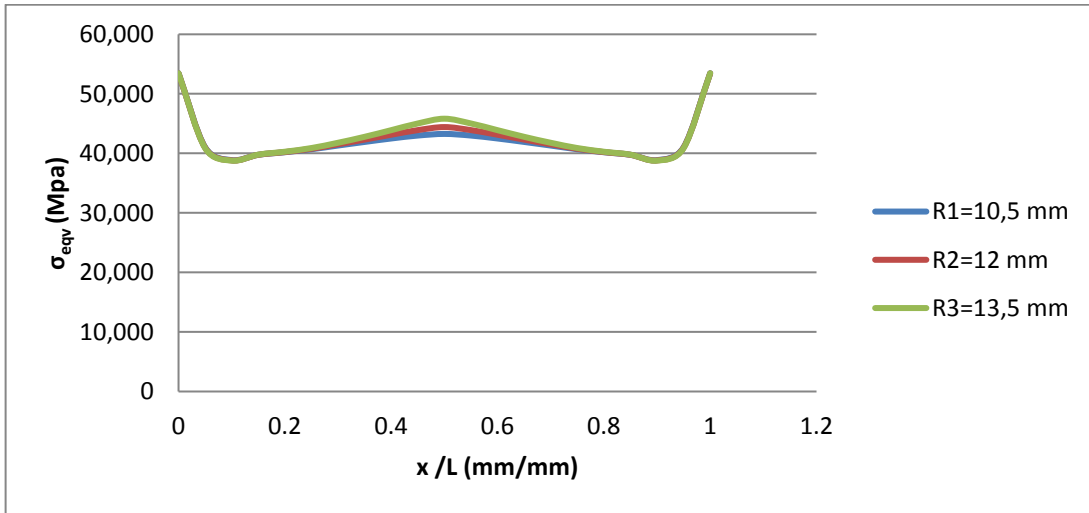
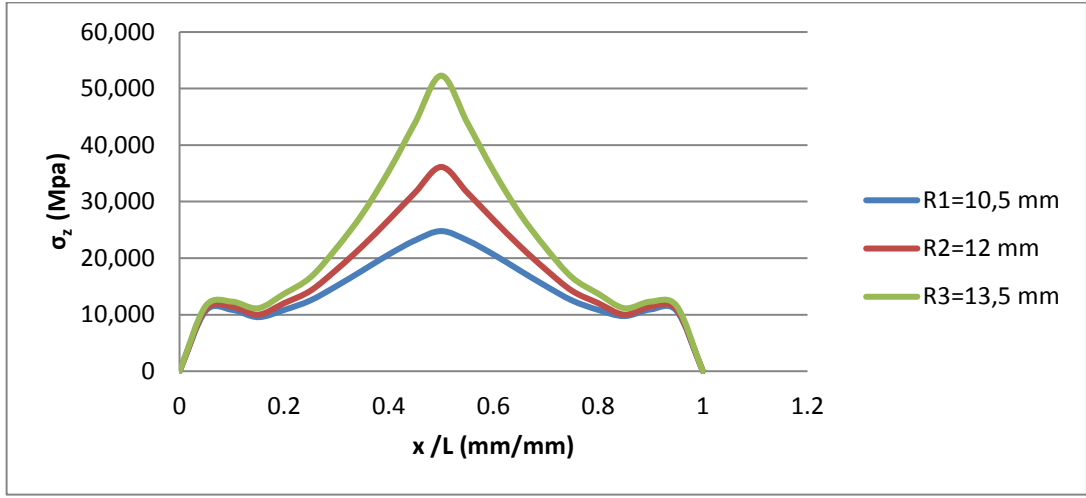
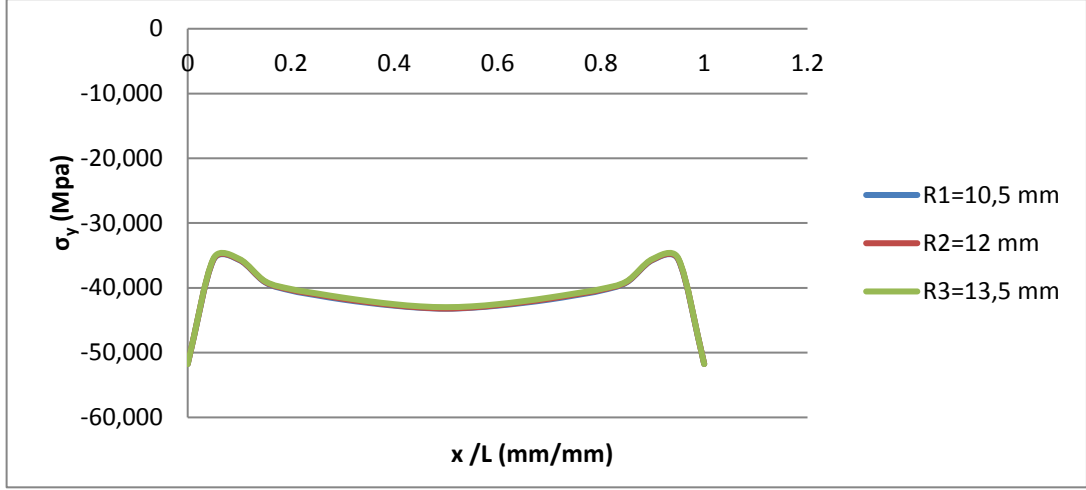


Şekil 6.47 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.23 Çift tarafı WxH=40x32 mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

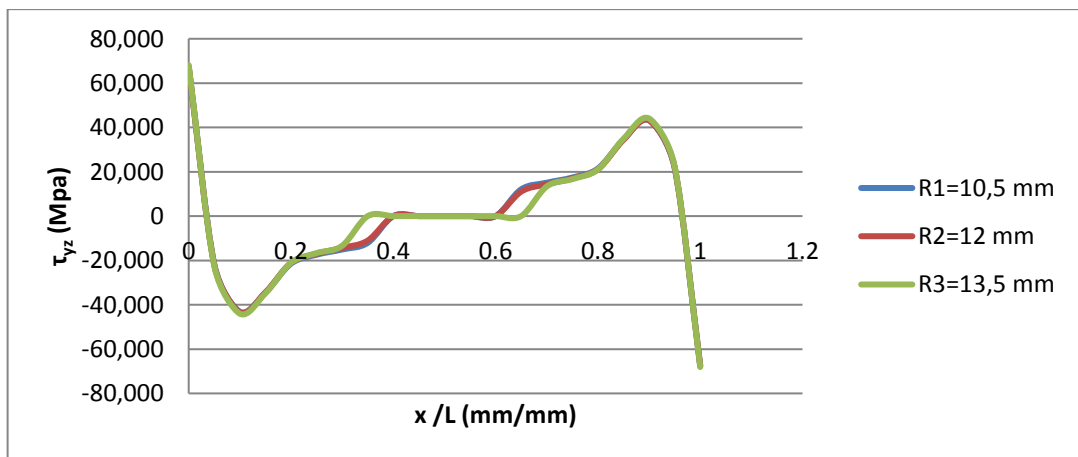
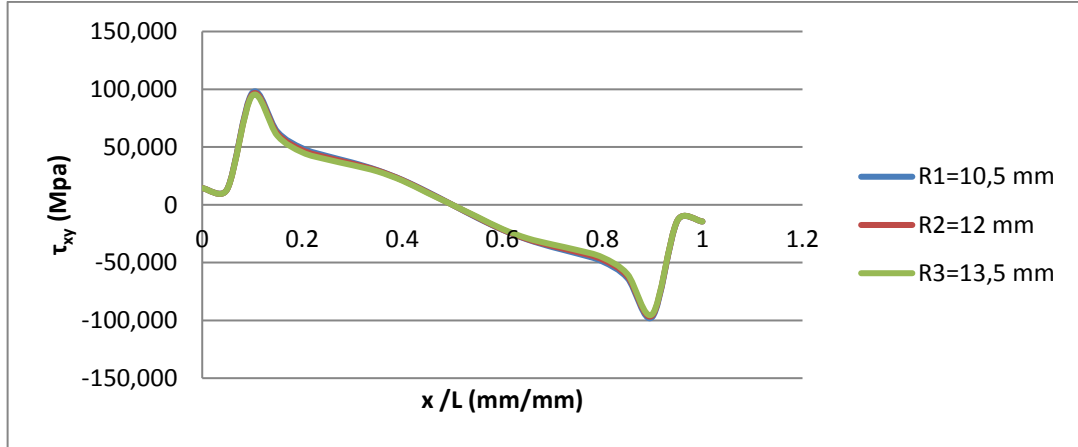
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.48'de verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarında minimum değer alıp uç noktalardan uzaklaşınca aniden artmış ve maksimum değer almıştır. Büyük yarıçap değişimi minimum değerleri etkilememiştir fakat R değeri arttıkça maksimum gerilmeler azalmıştır ve orta noktalarda gerilme değerleri yarıçap değeri arttıkça artış göstermiştir. σ_y ve σ_{eqv} gerilmeleri birbirine benzer grafik dağılımı göstermiştir. Uç noktalarda en yüksek gerilme değerlerini almışlar ve uç noktalardan biraz uzaklaşınca minimum değer göstermişler orta noktalarda ise artan azalan gerilmeler görülmektedir. σ_z gerilmeleri maksimum gerilme değerine orta noktada ulaşmıştır ve en yüksek gerilme değerine $R_3 = 13,5$ mm olan numunede ulaşmıştır. Büyük yarıçap değeri azaldıkça gerilmeler de azalmıştır.

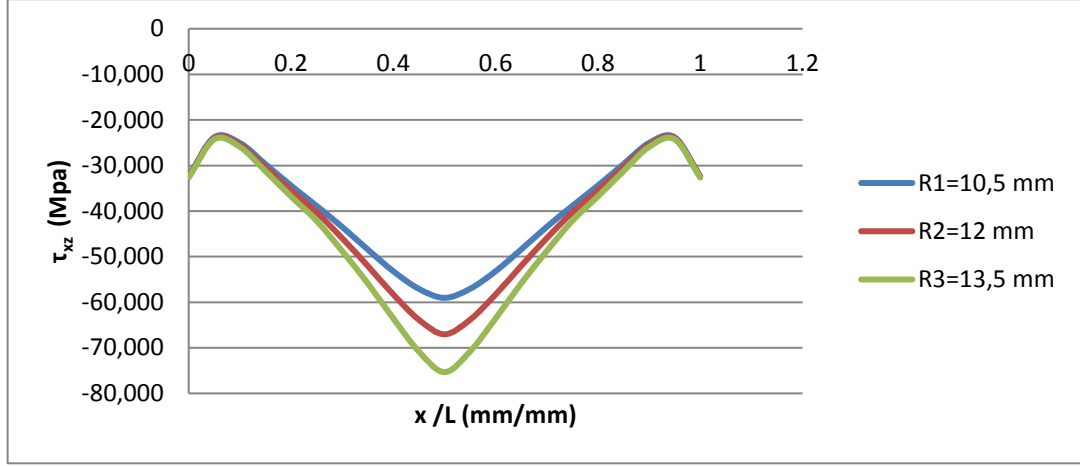




Şekil 6.48 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.49'da verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri uç noktalara yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değer almıştır ve en yüksek gerilmeler τ_{xy} gerilmeleridir. Büyük yarıçap değişiminin τ_{xy} gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında maksimum gerilme değerine ulaşmış orta noktalarda ise artan azalan eğriler görülmektedir. τ_{xz} gerilmeleri maksimum gerilme değeri orta noktada görülmektedir. En büyük τ_{xz} gerilmeleri $R_3 = 13,5$ mm değerine sahip olan numunede oluşmuştur ve büyük yarıçap değeri azaldıkça gerilmelerde de azalma görülmüştür.

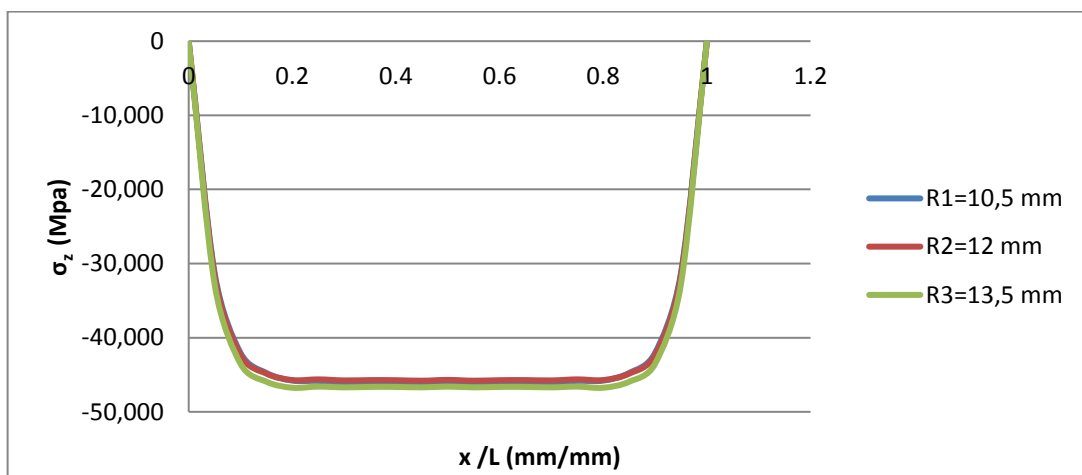
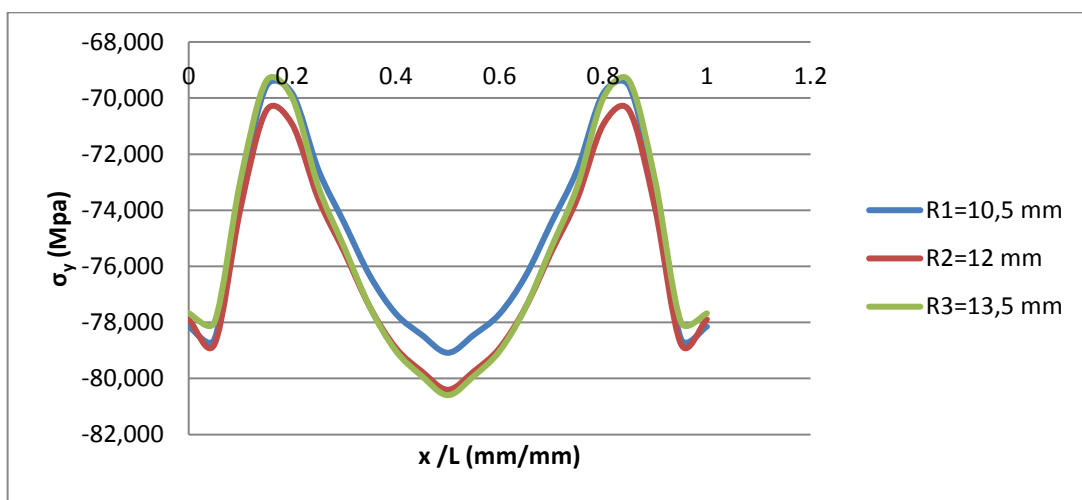
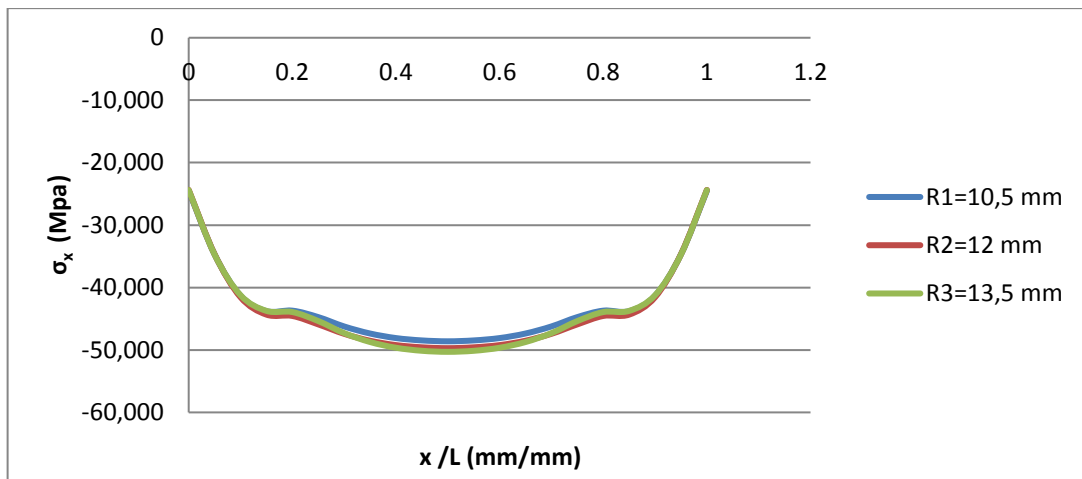


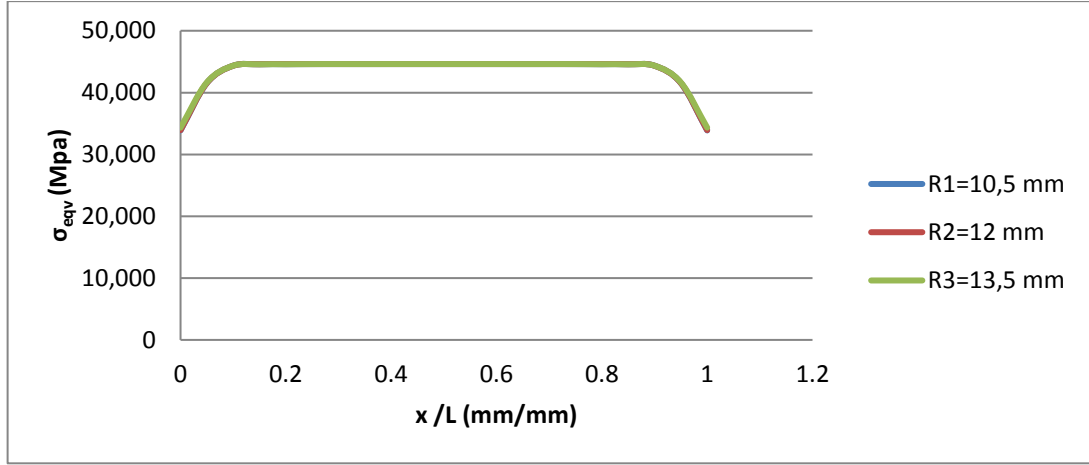


Şekil 6.49 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.24 Çift tarafı $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

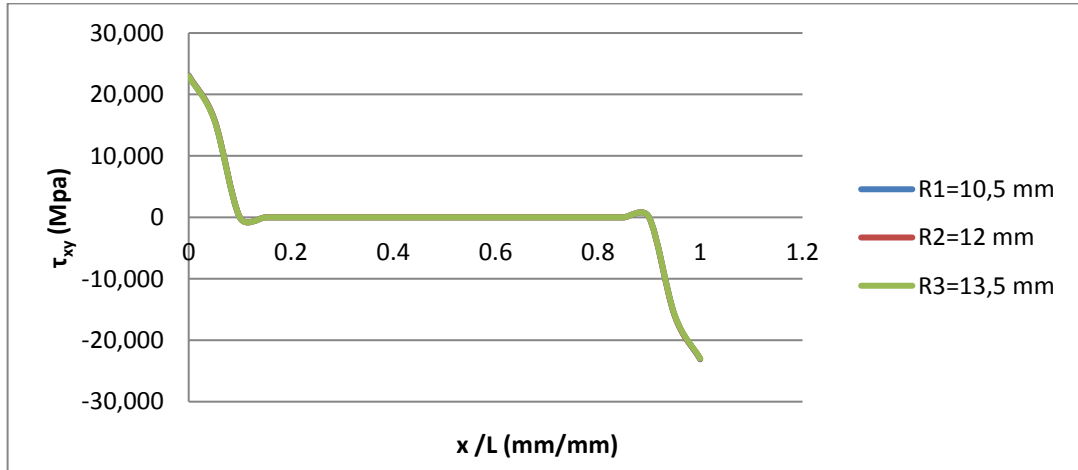
Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.50’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri negatif bölgede yama uçlarında minimum değer almış orta noktada maksimum değer almıştır. σ_y gerilmeleri yamanın orta noktasında en yüksek değerine ulaşmıştır ve büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de negatif bölgede artmıştır. σ_z ve σ_{eqv} gerilmeleri birbirine benzer şekilde dağılım grafiği göstermişlerdir. Yama uçlarında minimum değer alırken orta noktalarda maksimum değer olarak sabit kalmış ve uç noktaya yakınsayınca azalmaya başlamıştır. Büyük yarıçap değişiminin σ_y gerilmeleri dışındaki gerilmeler üzerinde fazla bir etkisi yoktur.

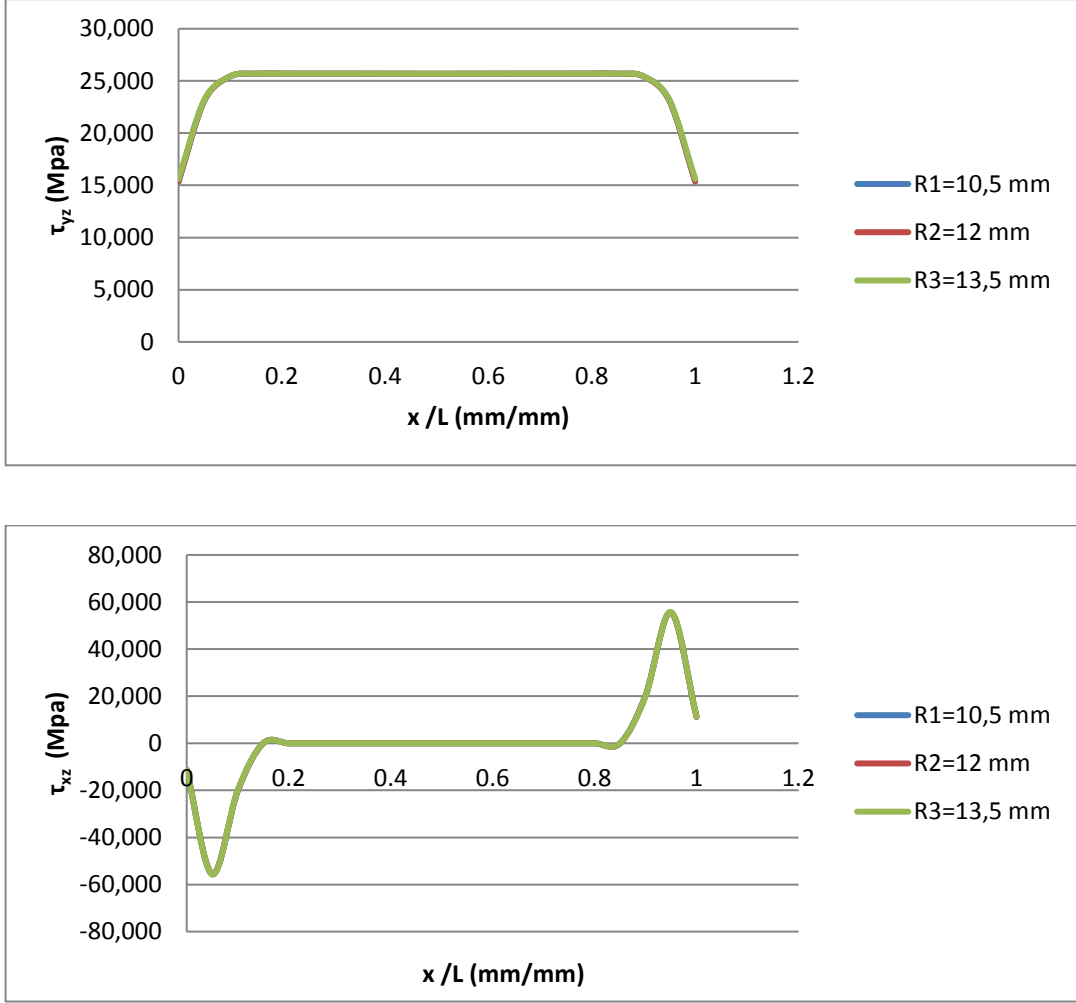




Şekil 6.50 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.51’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri E ve F noktalarında maksimum değer almış orta noktalarda sıfır değerini alarak sabit kalmıştır. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında minimum değer almış orta noktalarda ise maksimum değer alarak sabit kalmıştır. τ_{xz} gerilmeleri de yama uçlarında düşük gerilme değeri göstermiş uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değerlere ulaşmışlardır orta nokta da ise τ_{xy} gerilmeleri gibi sıfırda sabit kalmıştır. Grafikler incelendiğinde büyük yarıçap değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir.



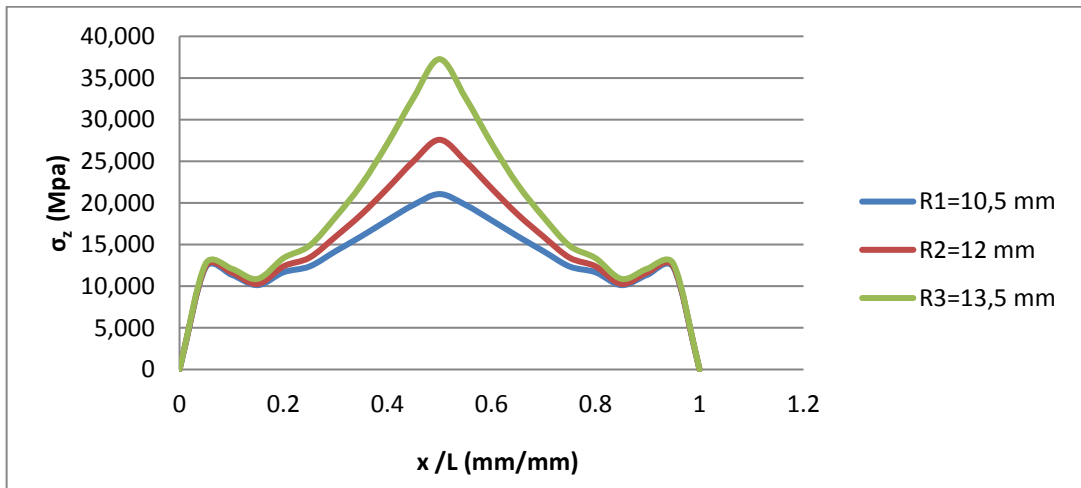
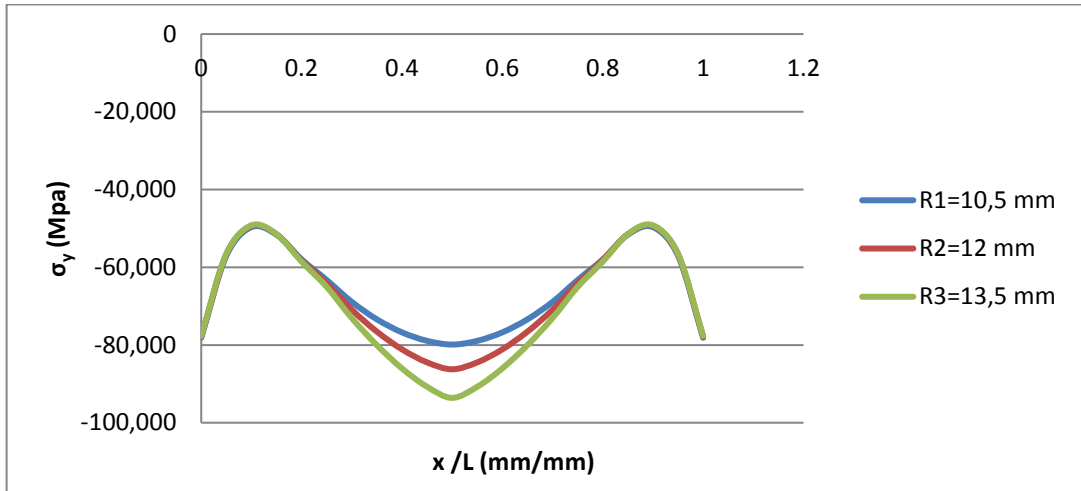
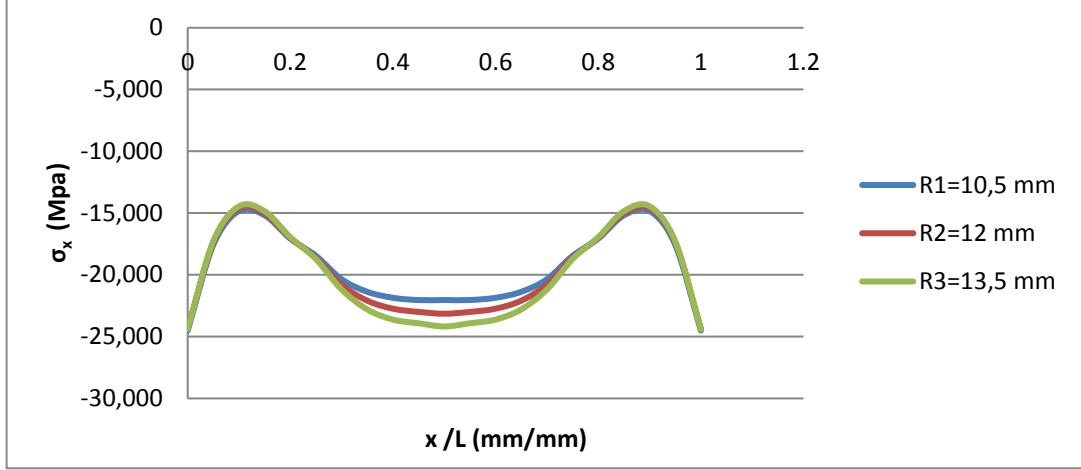


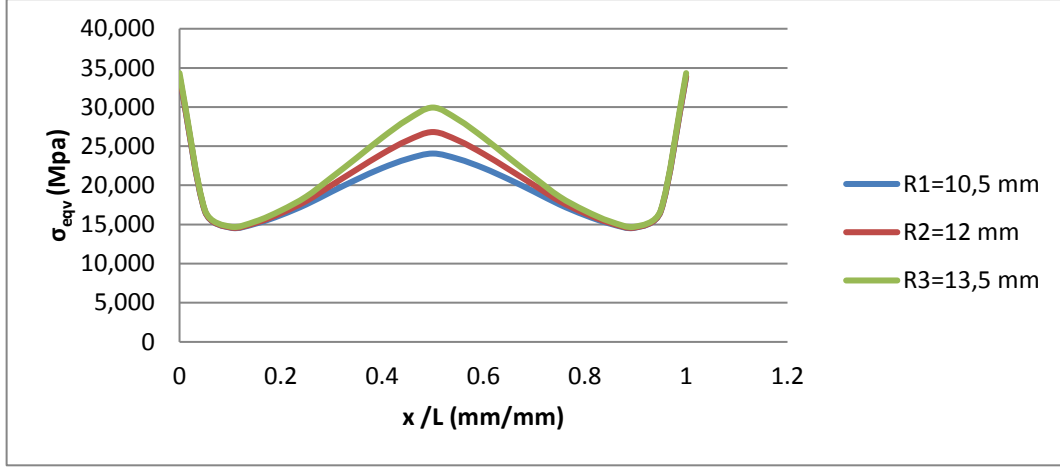
Şekil 6.51 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.25 Çift tarafı $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.52’de verilmiştir. Normal gerilmeler ve eşdeğer gerilmeler karakteristik olarak birbirine benzer dağılım göstermişlerdir fakat σ_x ve σ_{eqv} gerilmeleri en yüksek gerilmelere yama uçlarında ulaşırken σ_y ve σ_z gerilmeleri orta noktada en yüksek gerilme değerine ulaşmışlardır. σ_x ve σ_y gerilmeleri negatif bölgede dağılım gösterirken σ_z ve σ_{eqv} gerilmeleri pozitif

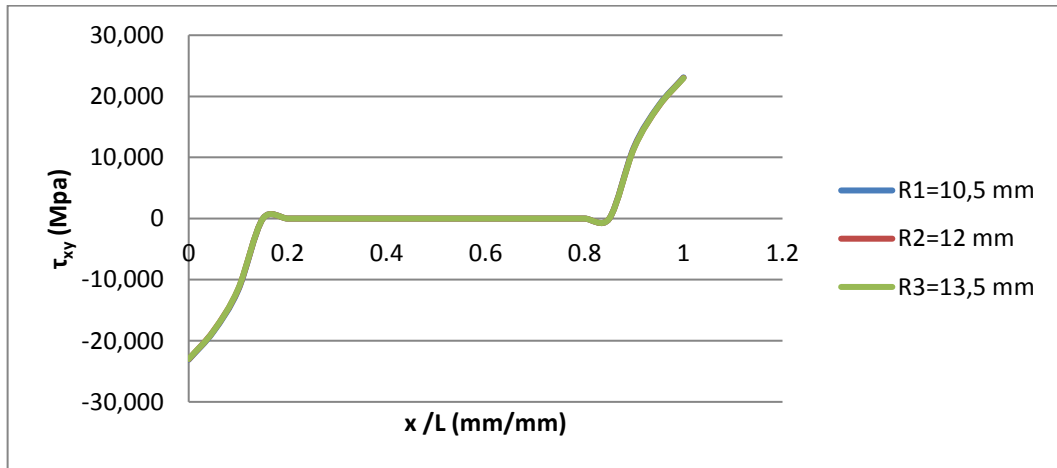
bölgede dağılım göstermişlerdir. Orta noktada tüm gerilmelerde büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değeri artmıştır.

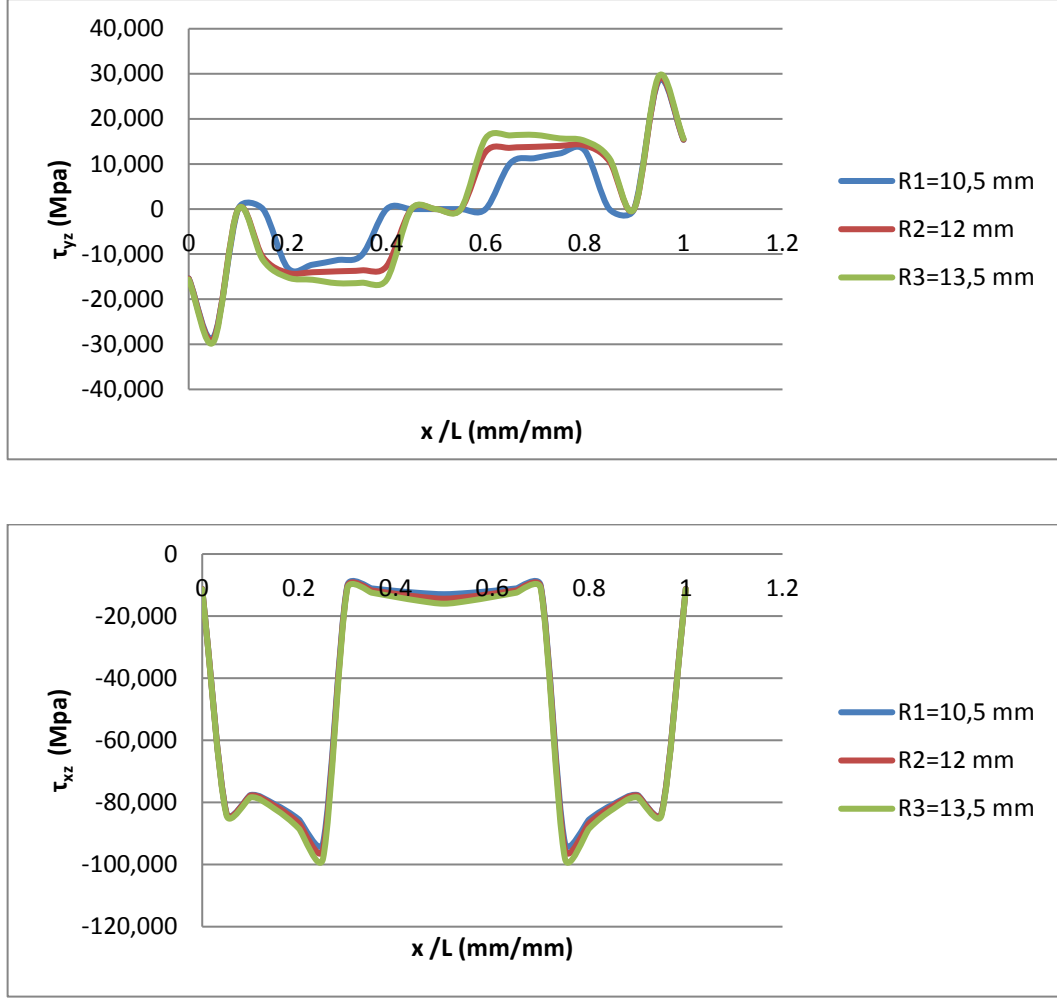




Şekil 6.52 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.53'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri F noktasında negatif tarafta K noktasında pozitif tarafta olmak üzere en yüksek gerilme değerlerine ulaşmıştır. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarına yaklaşık 0,05 br uzaklıkta maksimum olmuş ani bir düşme görülmüş orta noktalarda artan azalan ve sabit değerler görülmektedir. τ_{xz} gerilmeleri en yüksek kayma gerilmeleri olup yama uç noktalarından yaklaşık 0,3 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmıştır. Grafikler incelendiğinde R büyük yarıçap değişiminin maksimum kayma gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir.



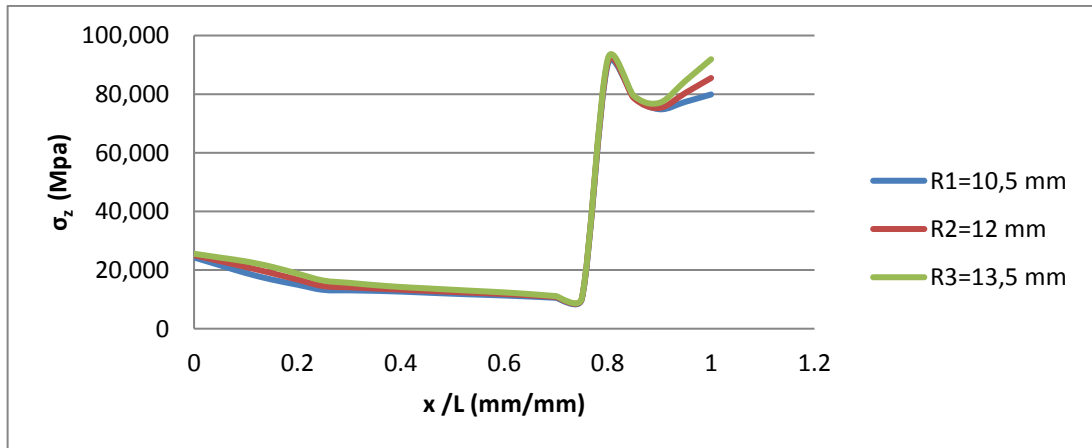
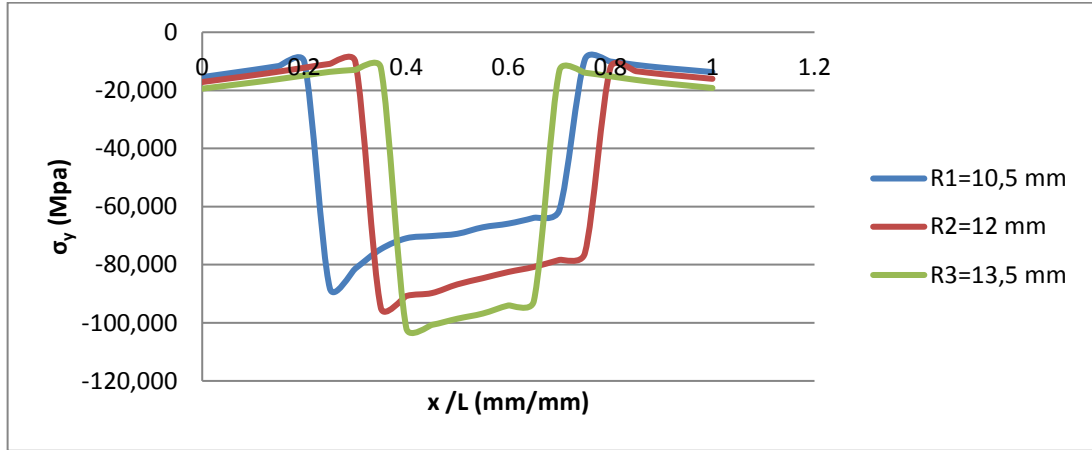
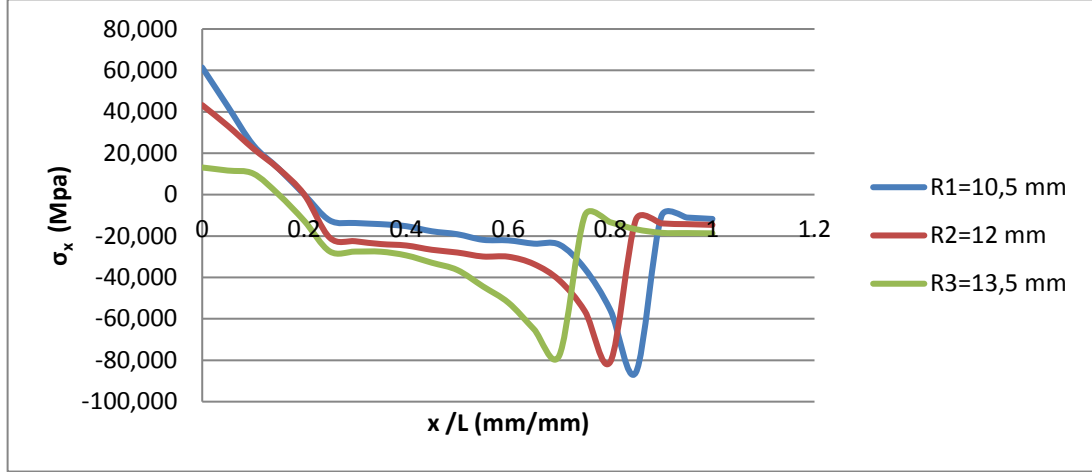


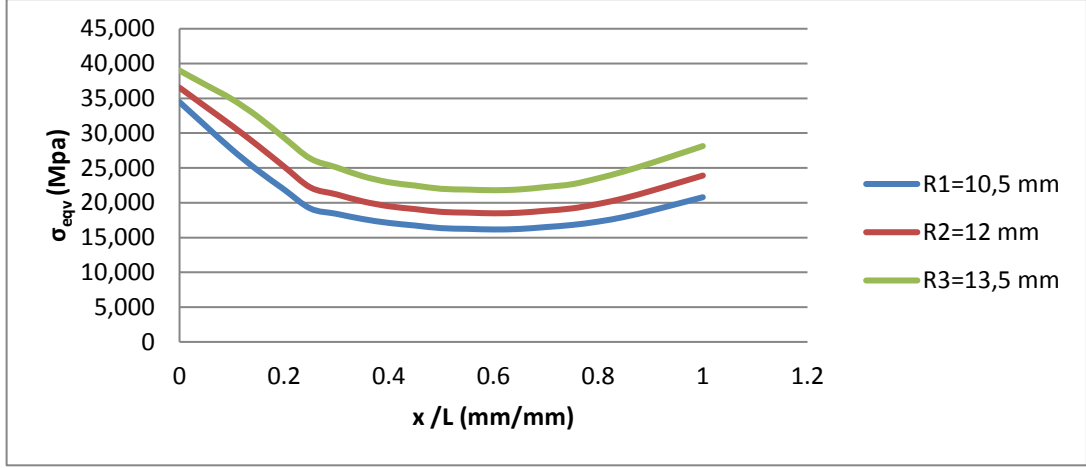
Şekil 6.53 Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.26 Çift taraflı $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift taraflı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.54’de verilmiştir. En yüksek σ_x gerilmeleri $R_1 = 10,5$ mm değerine sahip olan numunede görülmüştür. σ_y gerilmeleri en yüksek değerini $R_3 = 13,5$ mm değerine sahip olan numunede almıştır ve büyük yarıçap değeri azaldıkça gerilmeler de azalmıştır. Büyük yarıçap değişimi σ_z gerilmelerinin maksimum ve minimum gerilme değerleri üzerinde etkili olmamıştır fakat N ve P noktalarında en yüksek gerilme $R_3 = 13,5$ mm olan numunede görülmektedir.

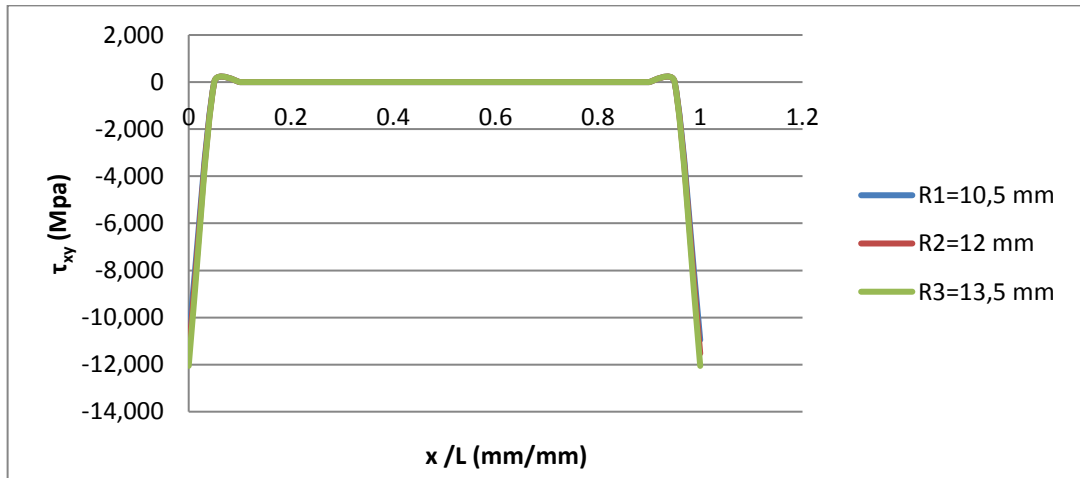
Maksimum σ_{eqv} gerilmeleri N noktasında oluşmuştur ve büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri artmıştır. En küçük σ_{eqv} gerilmeleri ise P noktasına yaklaşık 0,6 br uzaklıkta oluşmuştur.

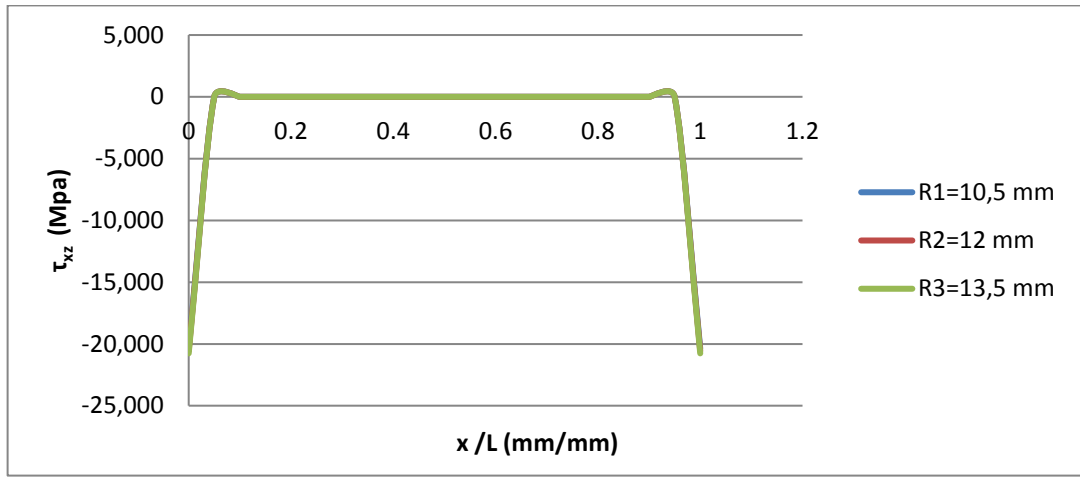
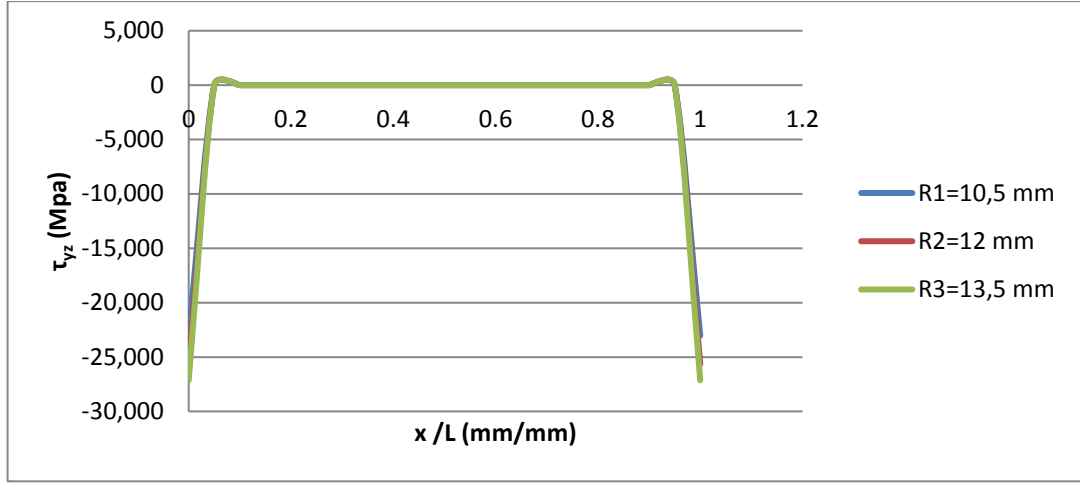




Şekil 6.54 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.55'te verilmiştir. Grafikler incelenirse tüm kayma gerilme dağılım grafikleri karakteristik olarak birbirine benzer şekilde dağılım göstermişlerdir. Maksimum gerilme değerine yamanın uç noktalarında ulaşmışlar ve uç noktadan uzaklaştıkça ani olarak azalma göstererek sıfıra yakınsamış ve P noktasına yaklaşıp kadar sabit kalmıştır. R büyük yarıçap değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde pek fazla etkisi görülmemektedir.



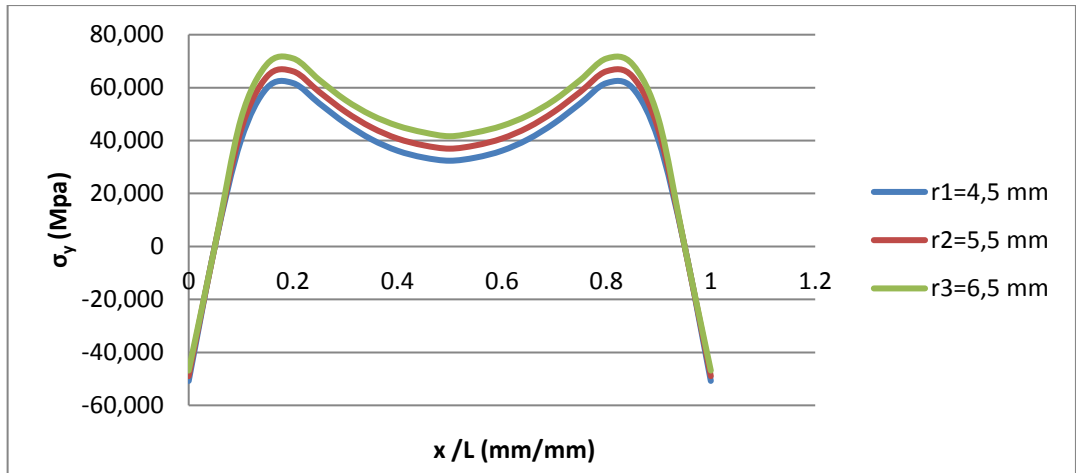
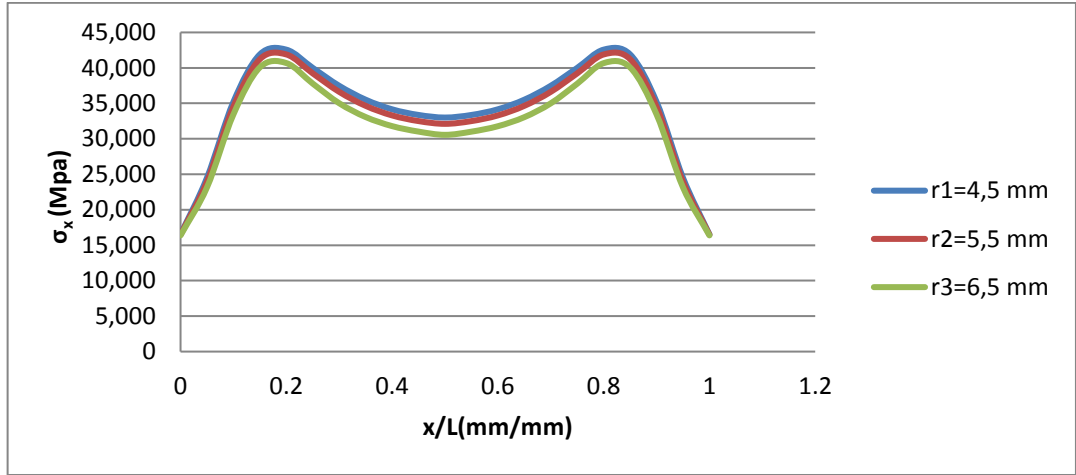


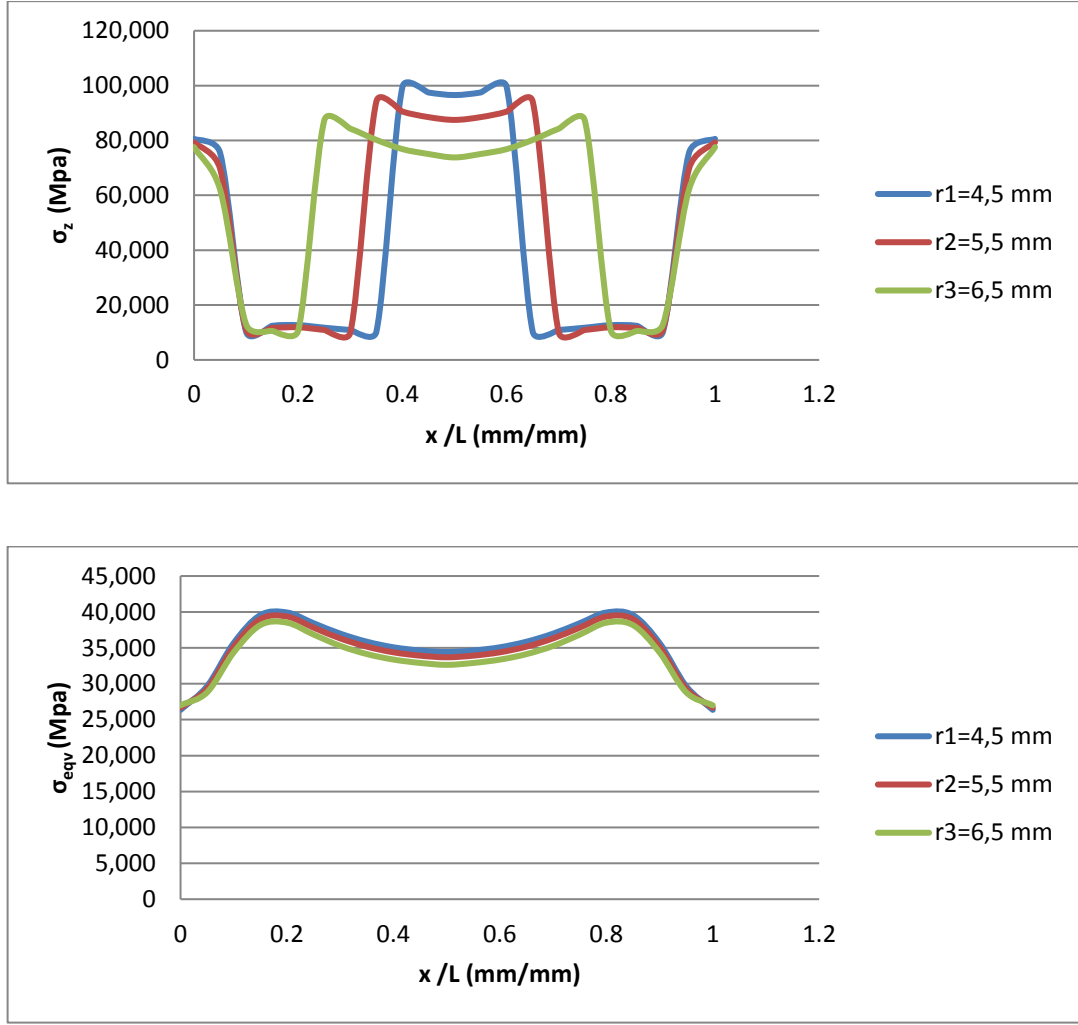
Şekil 6.55 Çift tarafı yamalı, elips delikli $r=5,5$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.27 Çift tarafı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.56'da verilmiştir. σ_z gerilme dağılım grafikleri dışındaki grafikler birbirine benze dağılım grafiği göstermişlerdir fakat σ_x ve σ_{eqv} gerilmeleri uç noktalarda minimum değer almış yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değer almıştır ve en yüksek gerilme değerlerine $r_1=4,5$ mm olan numunede ulaşmıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler azalmıştır. σ_y gerilmeleri ise uç noktalarda negatif değerde gerilme göstermiş ve

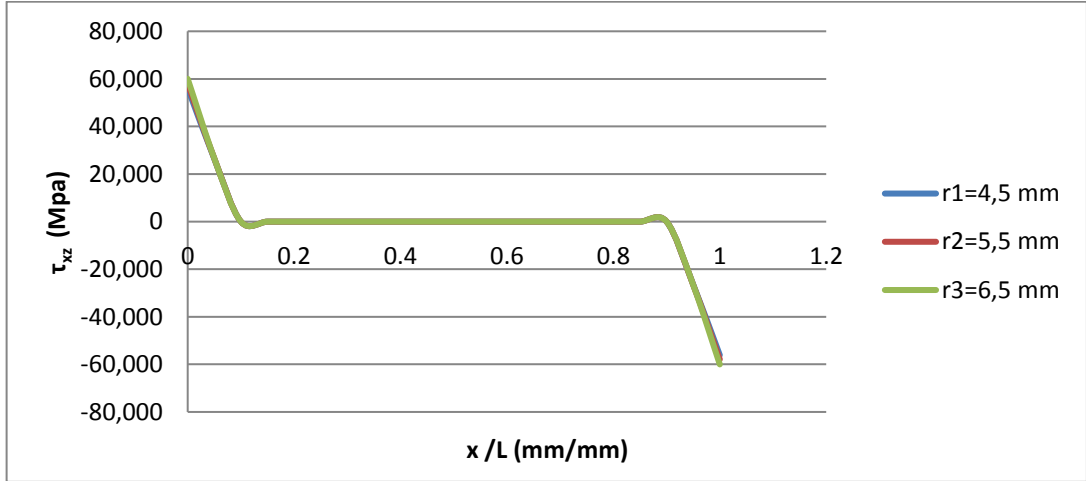
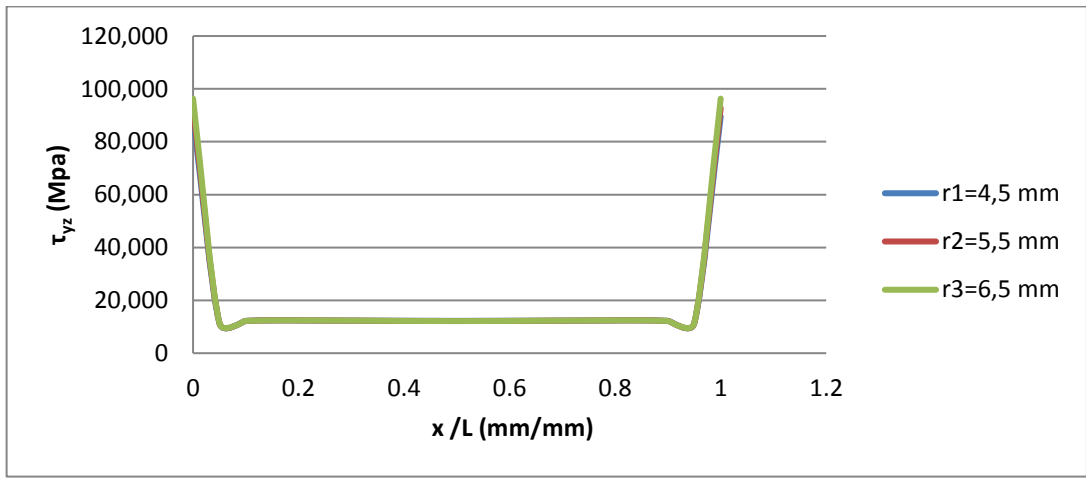
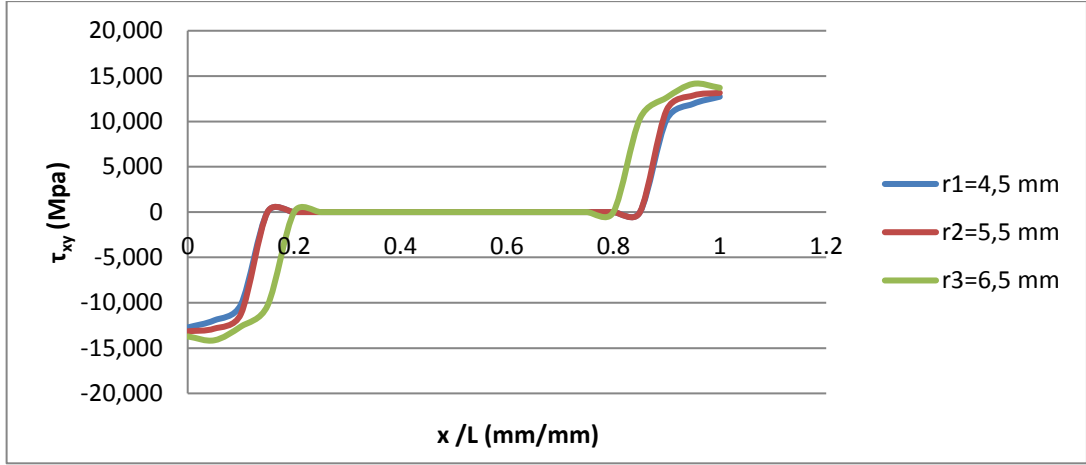
azalarak sıfır olmuş pozitif bölgede artmaya devam etmiştir. Yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değere ulaşmıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler de artmıştır. σ_z gerilmeleri uç kısımlarda küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler azalmıştır. Maksimum gerilmeler orta noktada görülmektedir ve en yüksek gerilme $r_1=4,5$ mm olan numunede oluşmuş küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler azalmıştır.





Şekil 6.56 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

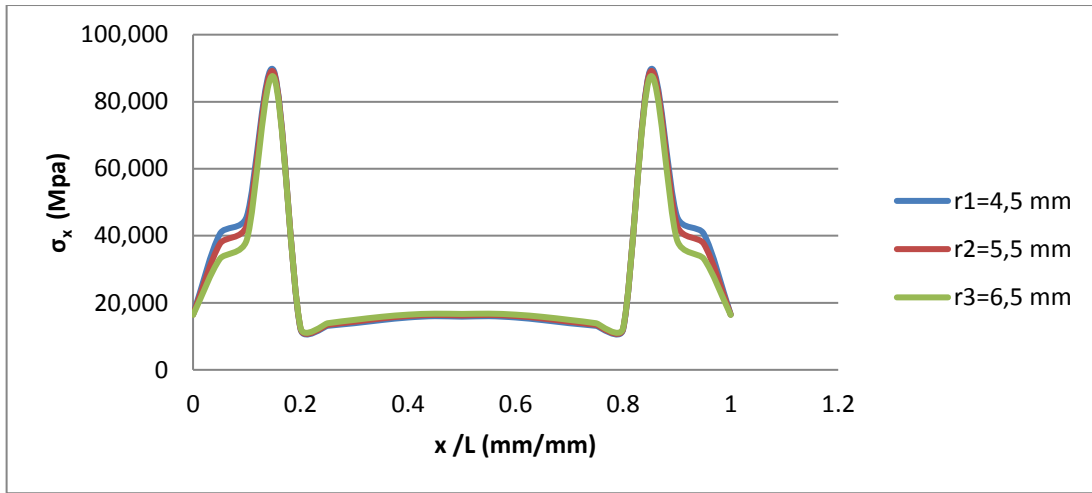
Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.57’de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde en yüksek gerilmeler yama uçlarında görülmektedir. τ_{xy} gerilmeleri en yüksek değerini $r_3=6.5$ mm yarıçap değerine sahip olan numunede almıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler de artmıştır. τ_{xy} dışındaki kayma gerilmeleri yarıçap değişiminden etkilenmemiştir.

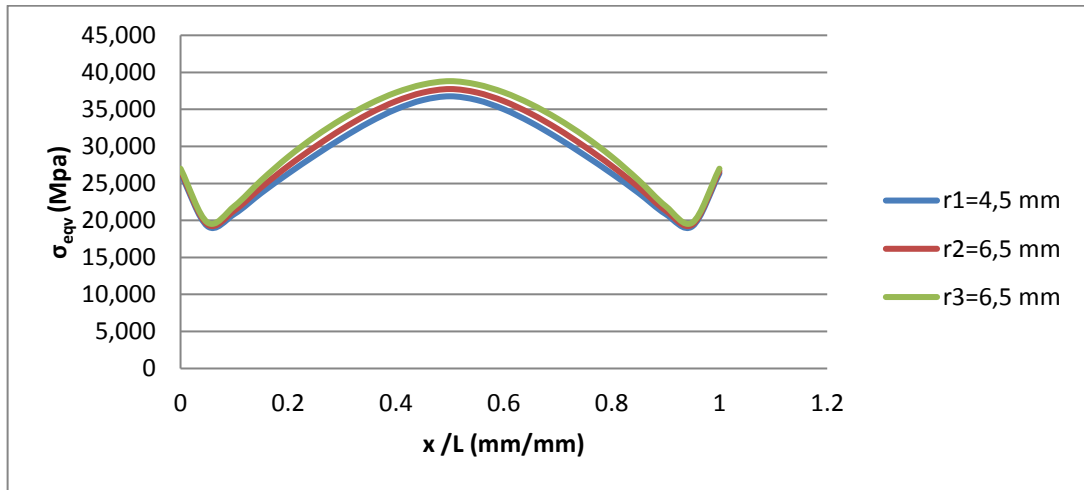
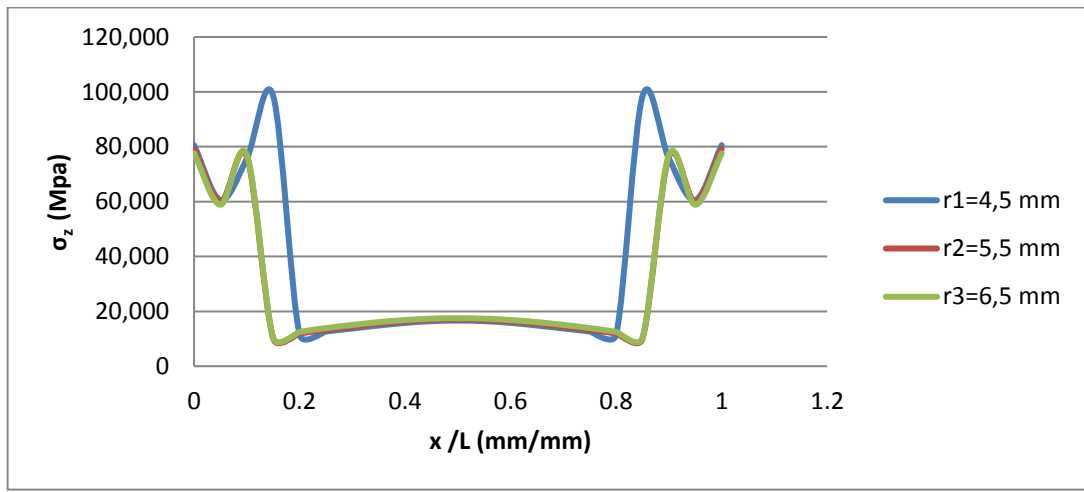
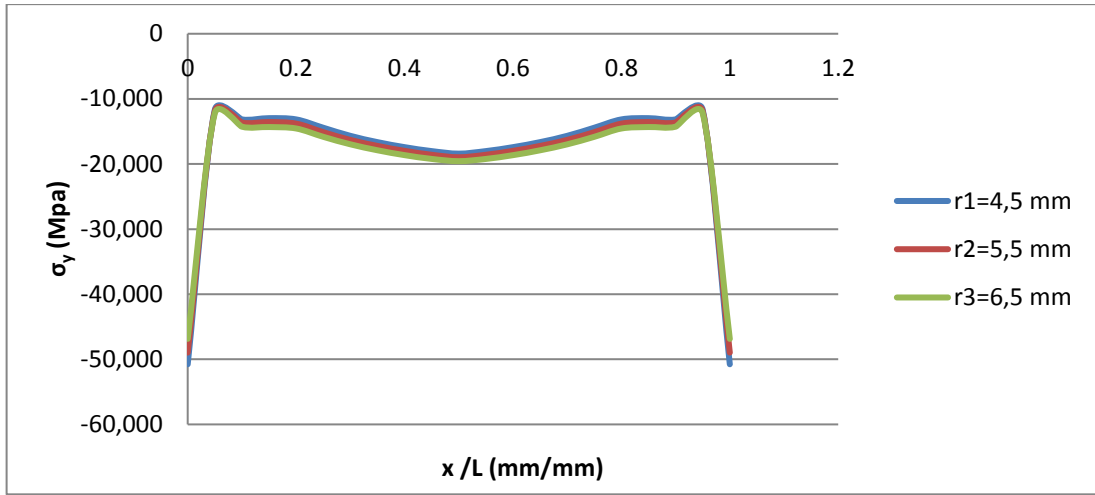


Şekil 6.57 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.28 Çift tarafı WxH=40x24 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

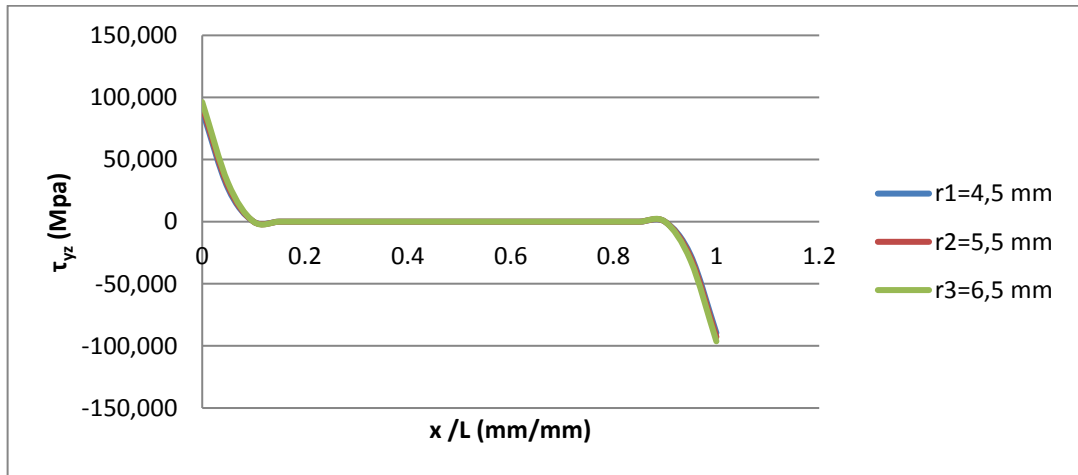
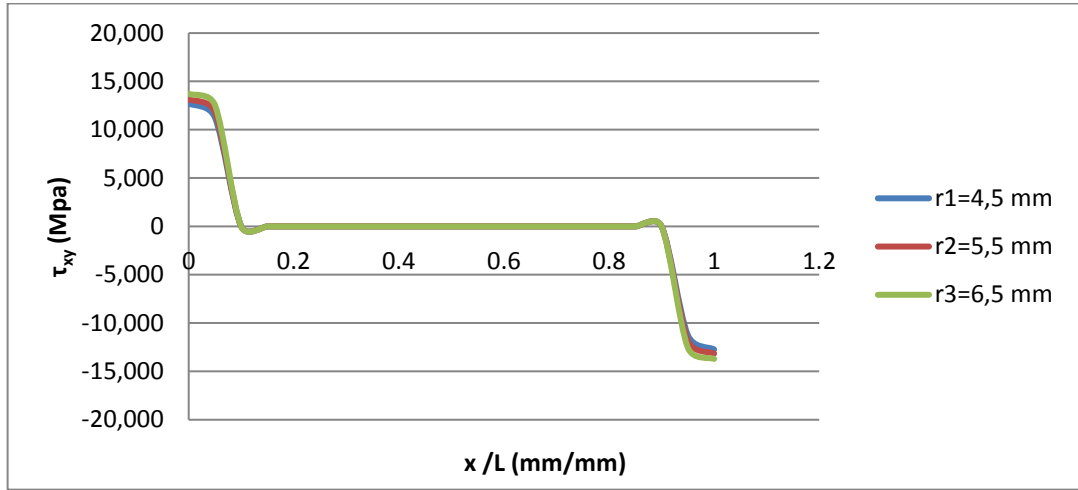
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.58’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta en yüksek gerilme değerlerini almıştır ve küçük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde pek fazla etkisi görülmemektedir. σ_y gerilmeleri en yüksek değerini negatif bölgede yama uçlarında $r_1=4,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numunede almıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler azalmıştır. σ_z gerilmeleri en yüksek değerini yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta $r_1=4,5$ mm yarıçap değerindeki numunede almıştır. r_1 ve r_2 değerlerinde ise daha düşük gerilmeler görülmektedir. Eşdeğer gerilmeler maksimum değerine orta noktada ulaşmış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır.

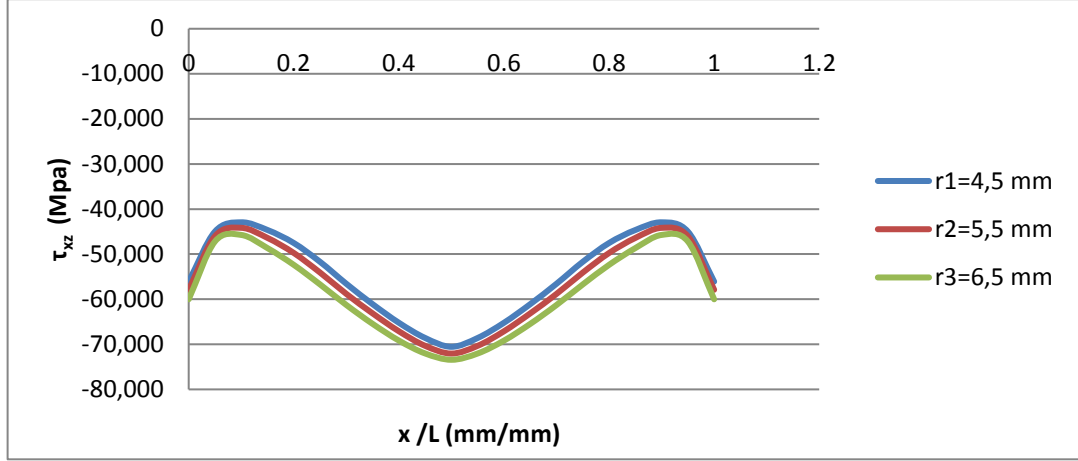




Şekil 6.58 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.59’da verilmiştir. τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında en yüksek gerilme değerine ulaşmışlardır. Küçük yarıçap değişiminin τ_{yz} gerilmeleri üzerinde etkisi yokken küçük yarıçap değeri arttıkça τ_{xy} gerilmeleri uç noktalarda artmıştır. τ_{xz} gerilmeleri ise negatif bölgede orta noktada $r_3 = 6,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numunede maksimum değere ulaşmıştır ve r değeri azaldıkça gerilmeler de azalmıştır.

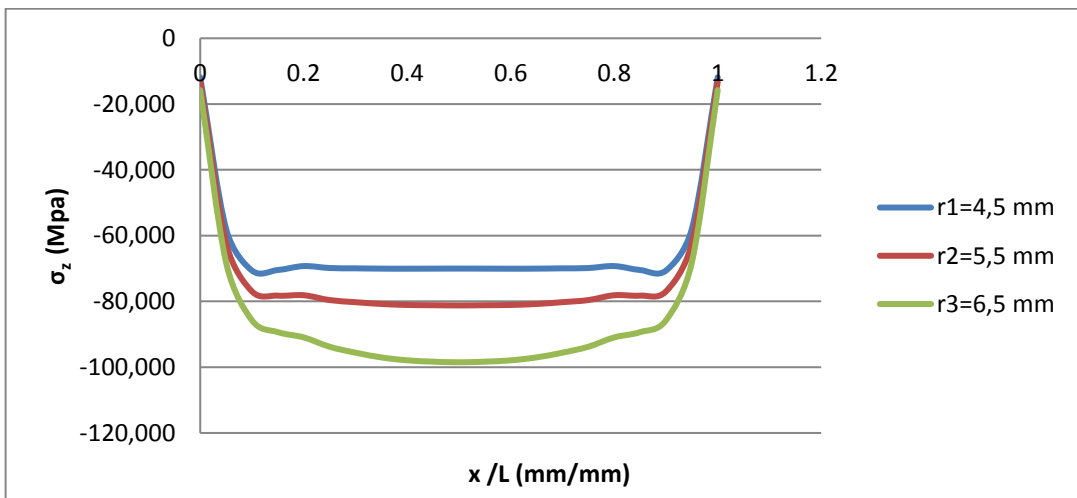
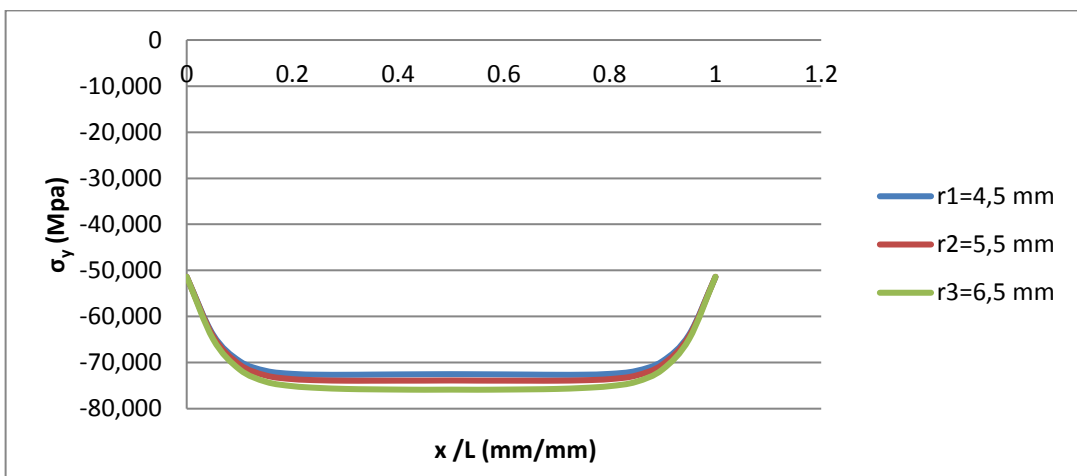
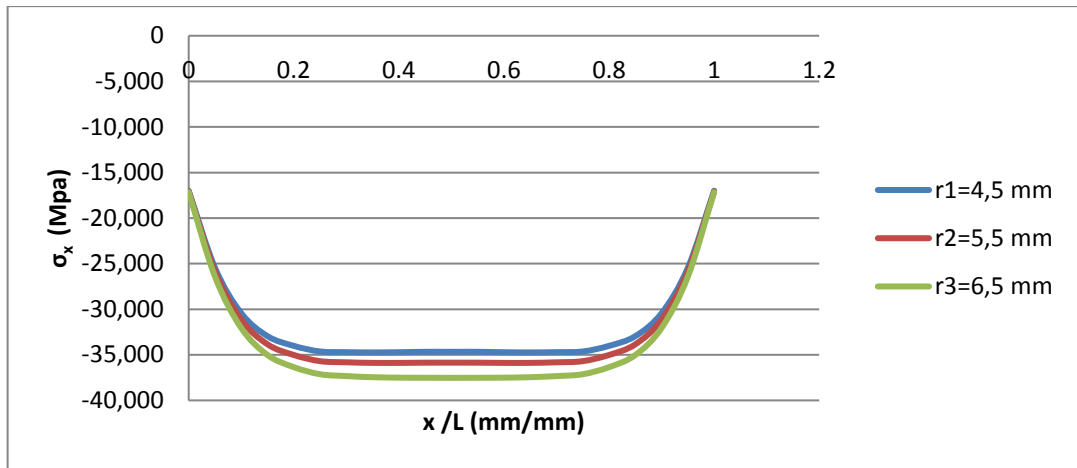


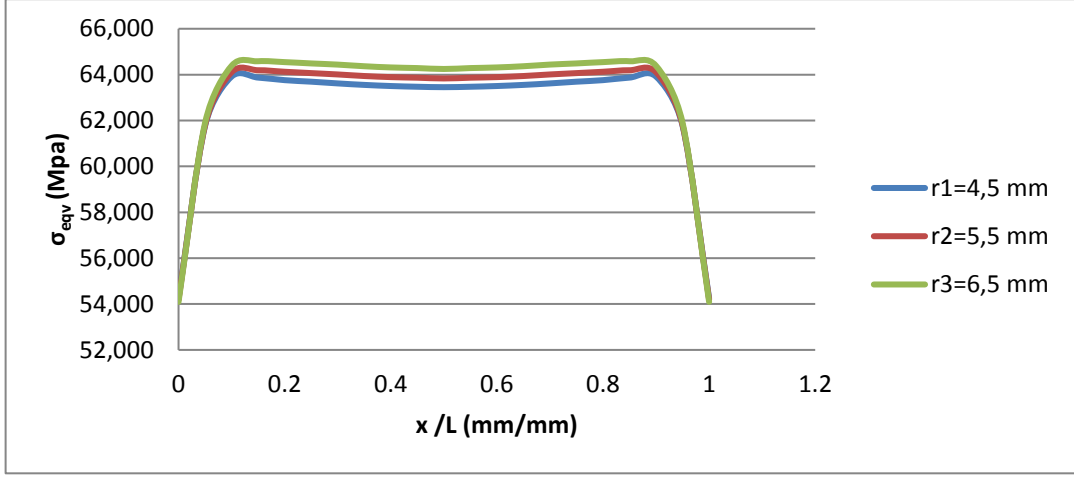


Şekil 6.59 Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.29 Çift tarafı WxH=40x24 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

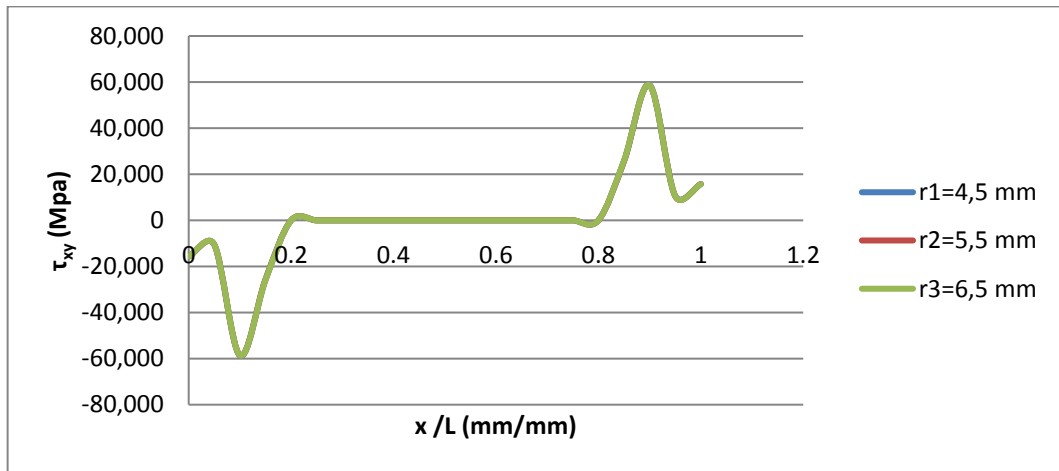
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.60'da verilmiştir. Bütün grafikler birbirine benzer şekilde dağılım grafikleri göstermiştir. Normal gerilmeler negatif tarafta eşdeğer gerilmeler ise pozitif tarafta gerilme dağılımı göstermişlerdir. Gerilmeler yama uçlarında minimum değer alırken orta noktalarda maksimum değer almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır. En yüksek gerilmeler σ_z gerilmeleri olup küçük yarıçap değişimi ile gerilmelerin artması en belirgin σ_z gerilme dağılım grafiğinde görülmektedir.

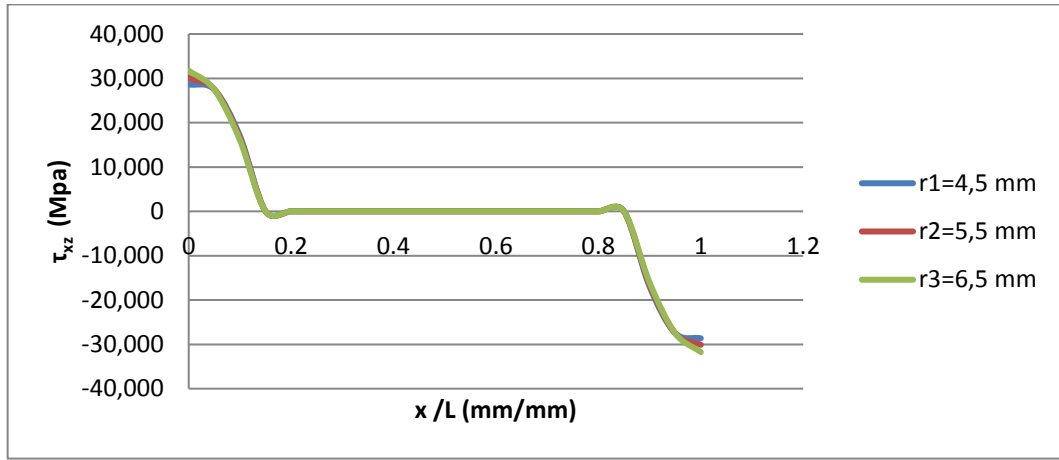
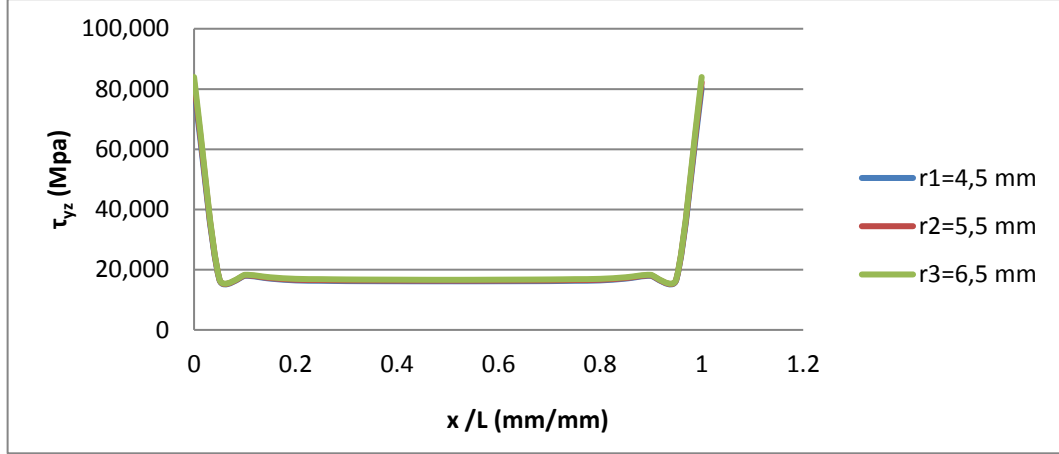




Şekil 6.60 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.61’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri C ve D noktasından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değere ulaşmıştır. τ_{yz} gerilmeleri de yama uçlarında maksimum değere ulaşmış orta noktalarda minimum değer göstermektedir. τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri üzerinde küçük yarıçap değişiminin etkisi görülmezken τ_{xz} gerilmeleri en yüksek değerine $r_3=6,5$ mm değerine sahip olan numunede ulaşmış ve küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilmeler de azalmıştır.



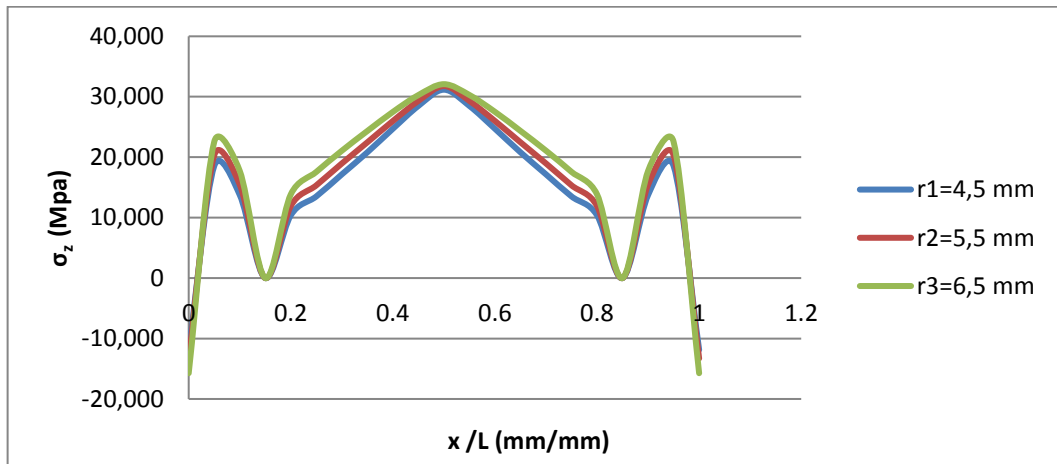
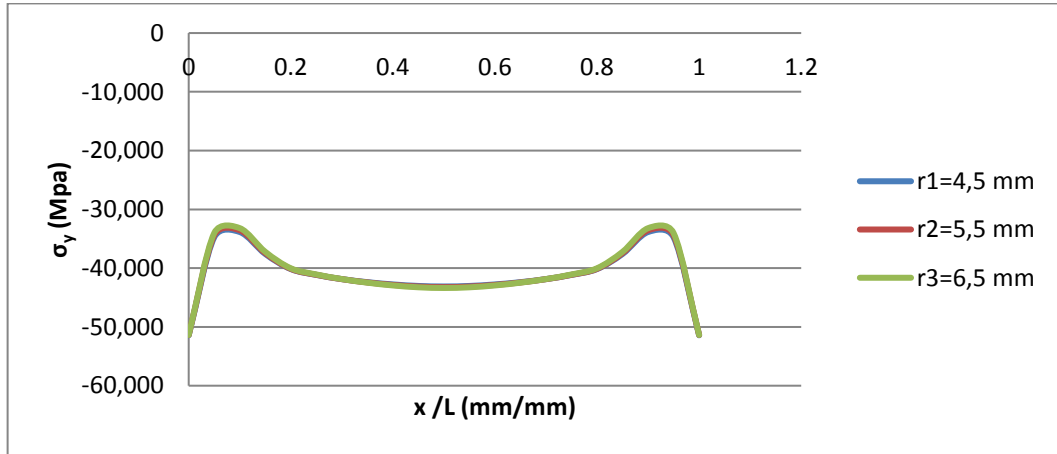
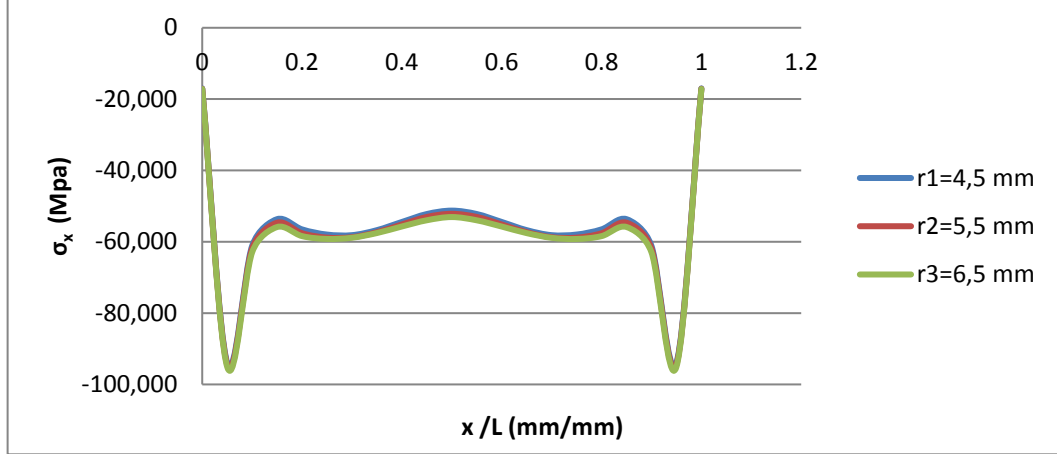


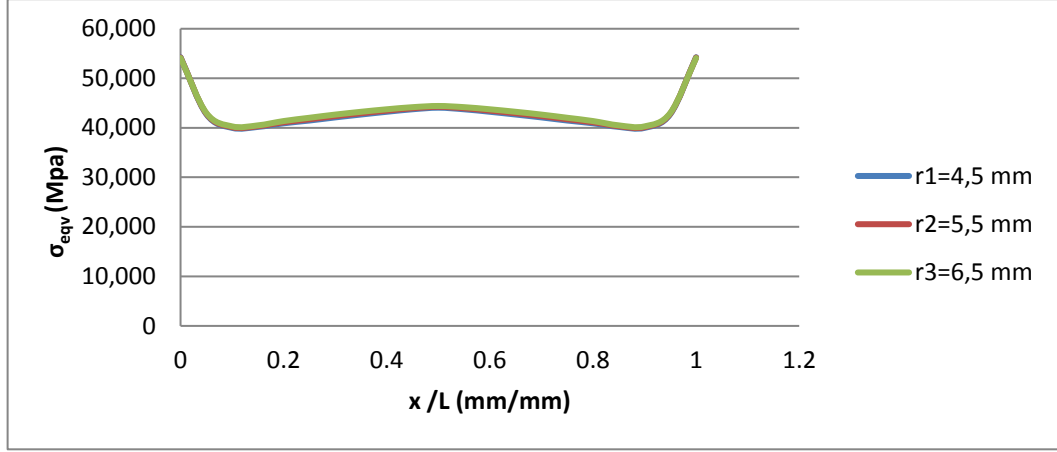
Şekil 6.61 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.30 Çift taraflı $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift taraflı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.62’de verilmiştir. En yüksek gerilmeler σ_x gerilmeleri olup uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değer almıştır ve küçük yarıçap değişiminin pek fazla etkisi yoktur. σ_y gerilmeleri ve eşdeğer gerilmeler birbirine benzer gerilme dağılım grafiği göstermiş olup yama uçlarında maksimum değer almışlardır. Küçük yarıçap değişiminin σ_y ve eşdeğer gerilmeler

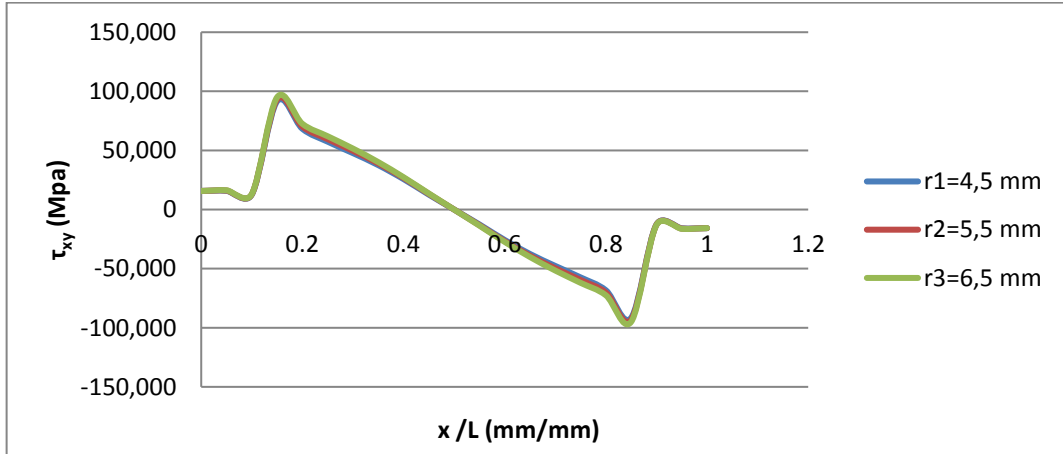
üzerinde etkisi yoktur. σ_z gerilmeleri orta noktada maksimum değer almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır.

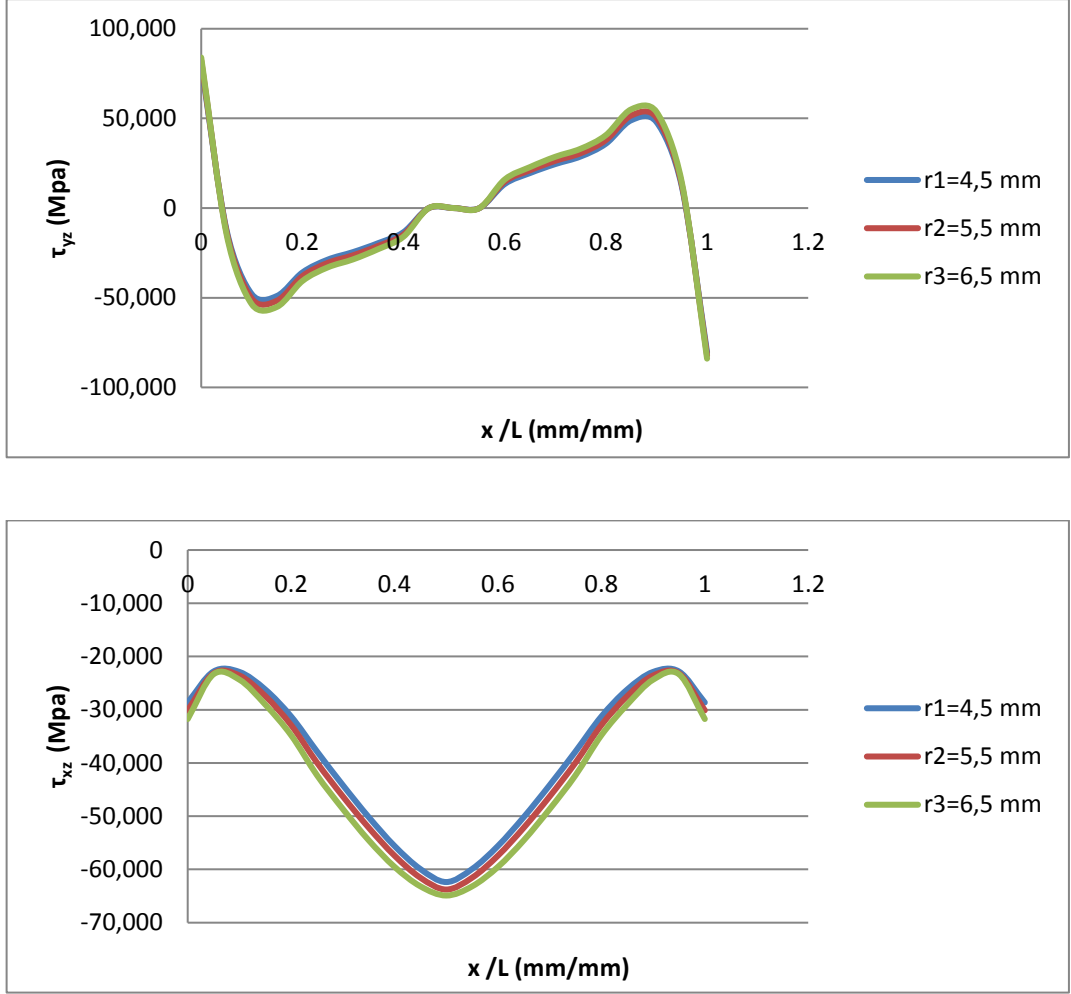




Şekil 6.62 Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.63'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta en yüksek değerini almıştır ve küçük yarıçap değerinin τ_{xy} gerilmeleri üzerinde etkisi yoktur. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında maksimum değer almıştır. Küçük yarıçap değıştikçe gerilmeler çok fazla değışmemektedir. τ_{xz} gerilmeleri ise negatif tarafta ve orta noktada maksimum gerilme değerini alırken en yüksek gerilmeler $r_3=6,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numunede görülmüştür.



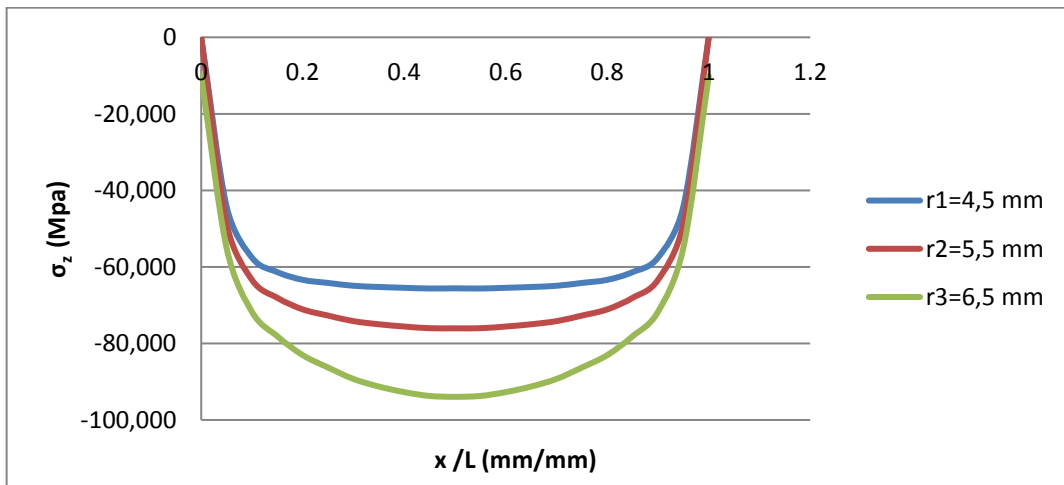
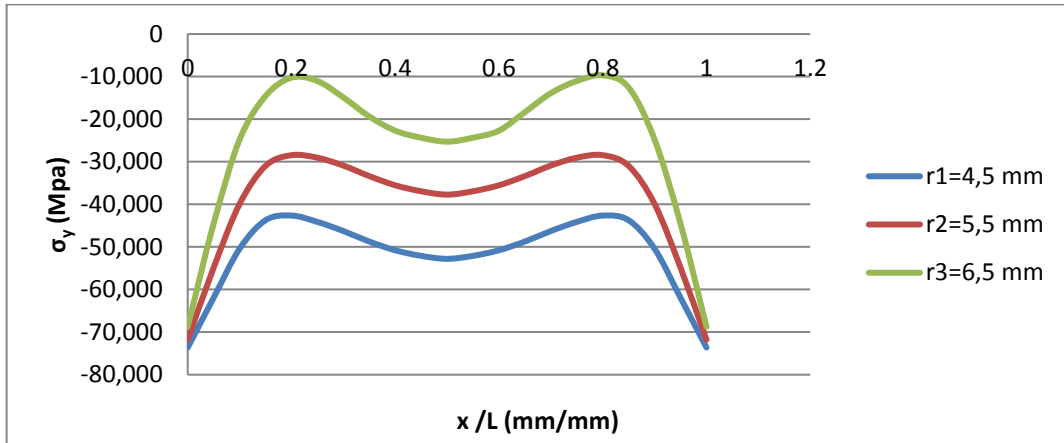
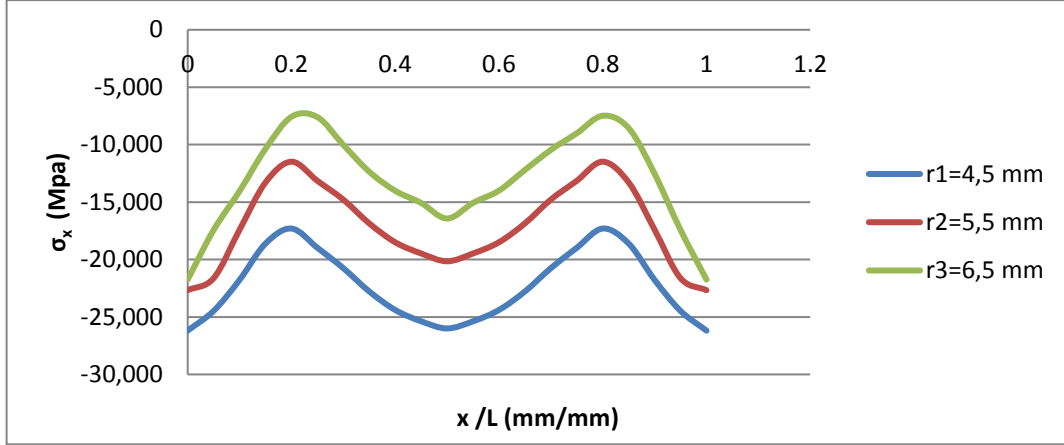


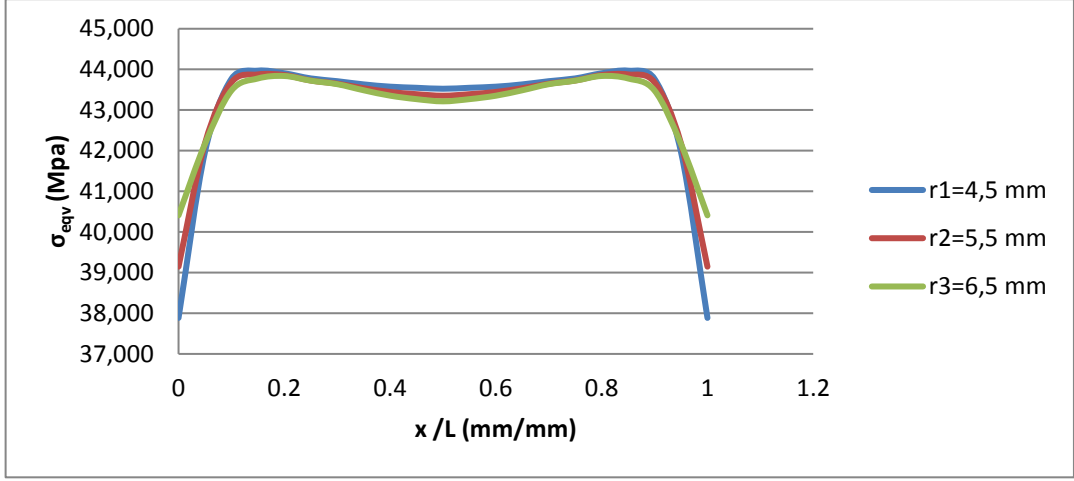
Şekil 6.63 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.31 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.64’de verilmiştir. σ_x ve σ_y gerilmeleri karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılım grafiği göstermiş olup yama küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmelerde azalma görülmüştür. σ_z gerilmeleri orta noktada maksimum değerine ulaşmış olup en yüksek gerilme değeri $r_3 = 6,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numunede görülmüştür ve küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilmeler de azalmıştır. σ_{eqv} gerilmeleri de yama uçlarında küçük yarıçap değeri

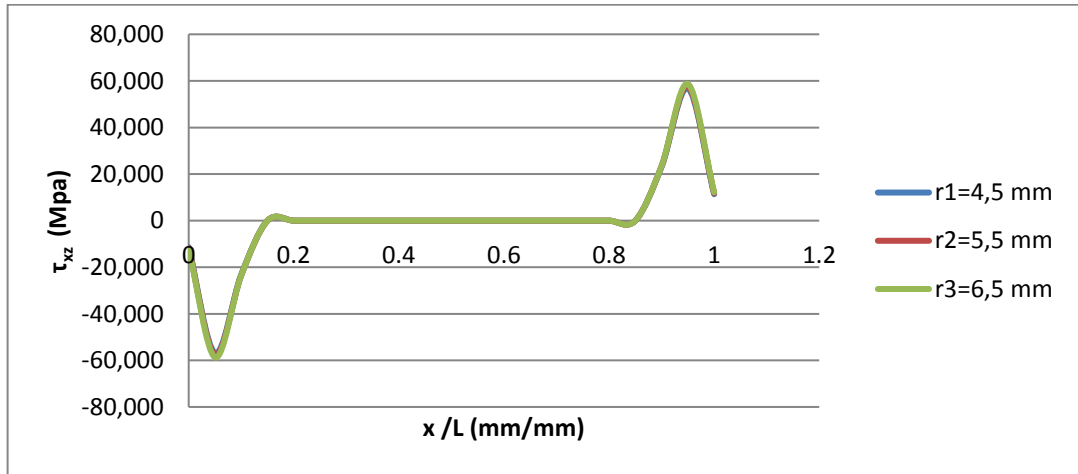
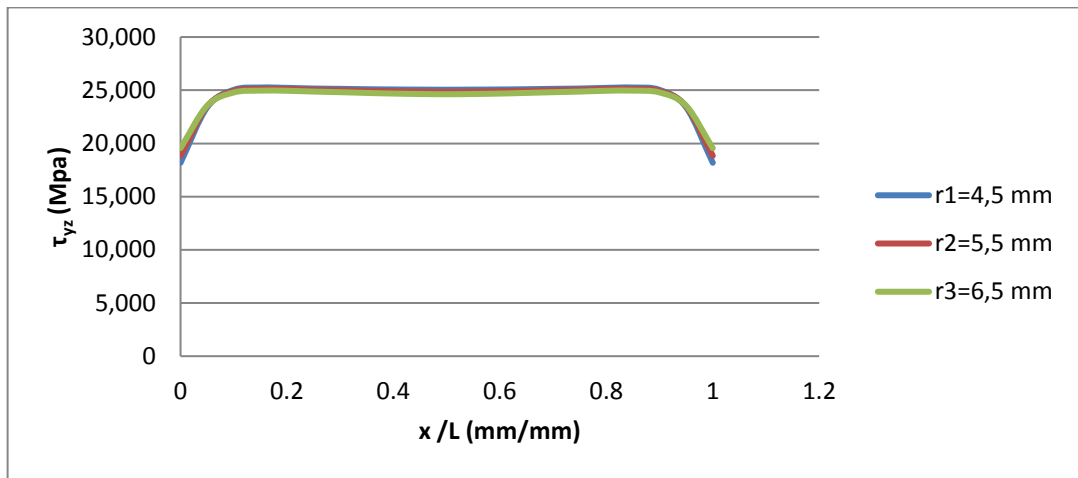
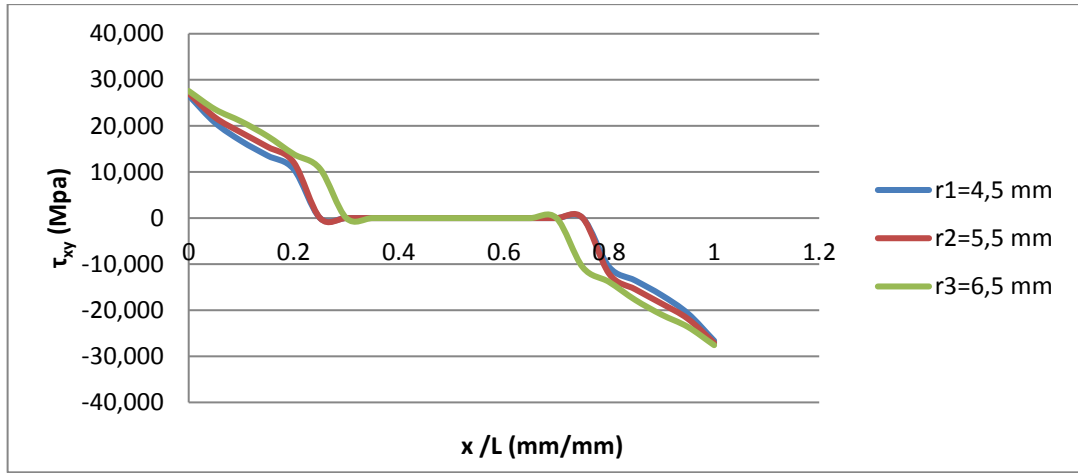
arttıkça gerilmeler artmış fakat maksimum değerine yaklaşık 0,2 br uzaklıkta ulaşmış ve küçük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değerleri azalmıştır.





Şekil 6.64 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

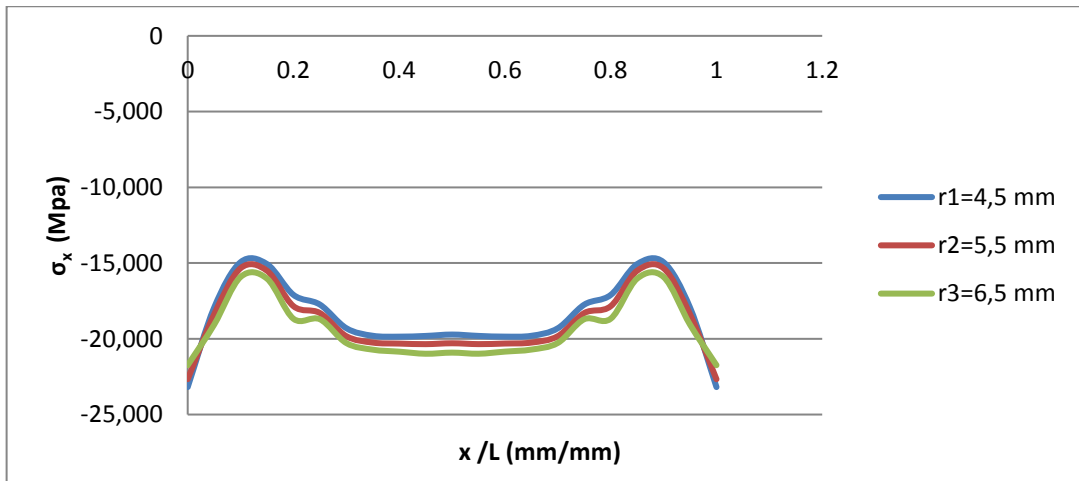
Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.65'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarında maksimum değer almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler de artmıştır. τ_{yz} gerilmeleri ise uç noktalarda minimum değer alarak küçük yarıçap değeri arttıkça uç noktalardaki gerilmeler de de artış görülmüştür. Yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değer alarak orta noktalar da sabit kalmıştır. τ_{xz} gerilme dağılım grafikleri incelenirse yama uçlarında minimuma yakın bir gerilme değeriyle başlamış ve uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değer almış sonra ani bir düşme ile sıfır olmuştur. Küçük yarıçap değişiminin τ_{xz} gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir.

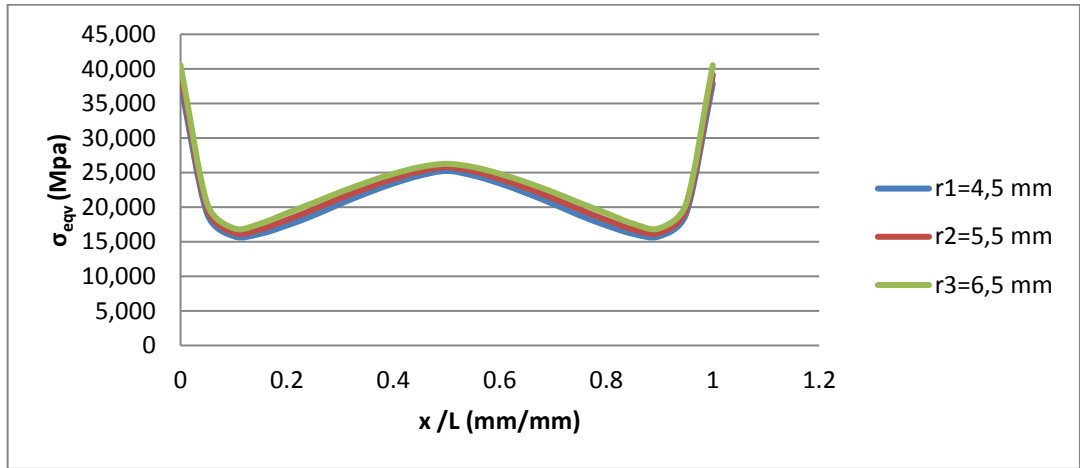
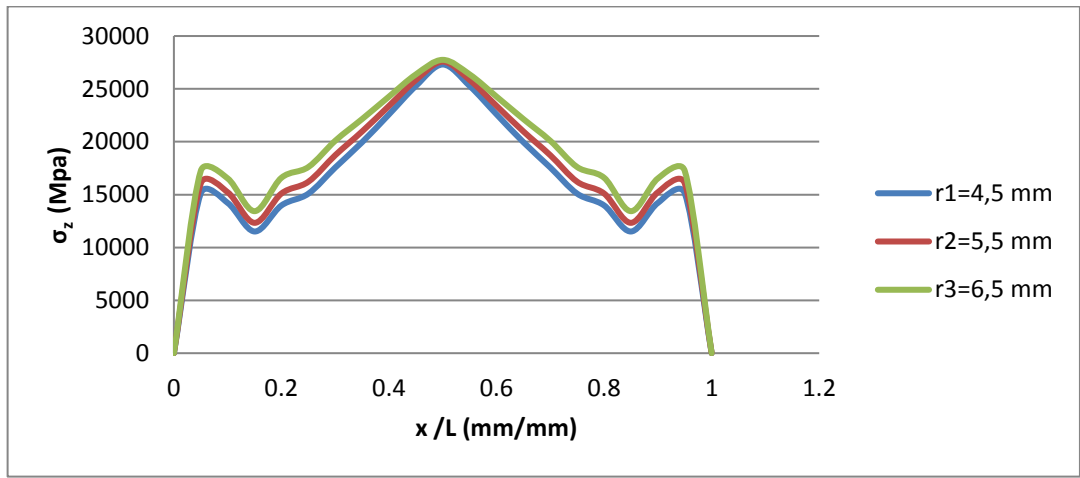
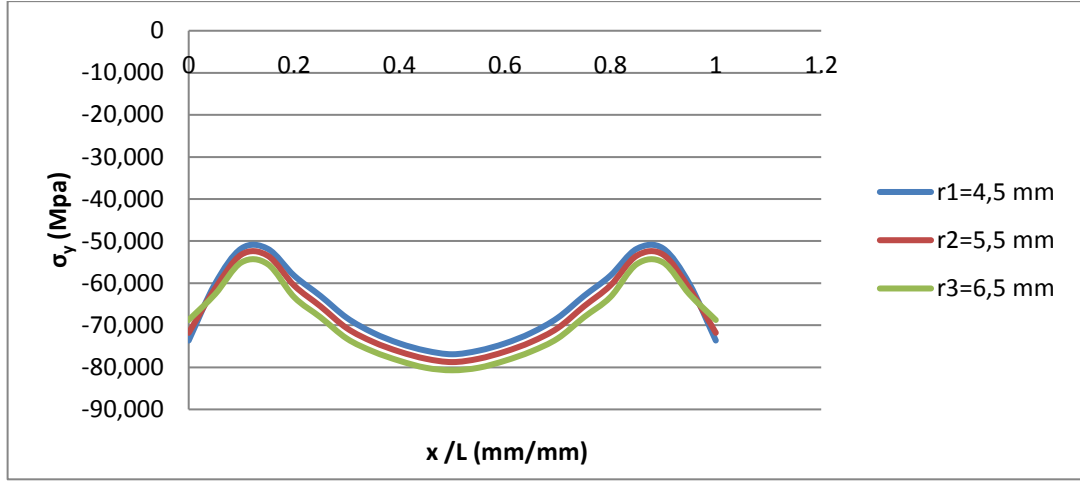


Şekil 6.65 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.32 Çift tarafı WxH=40x24 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

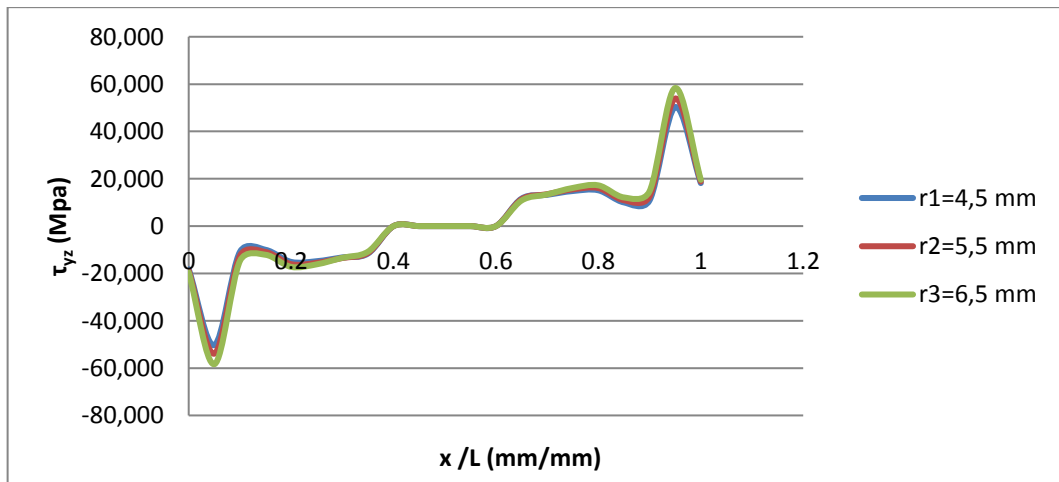
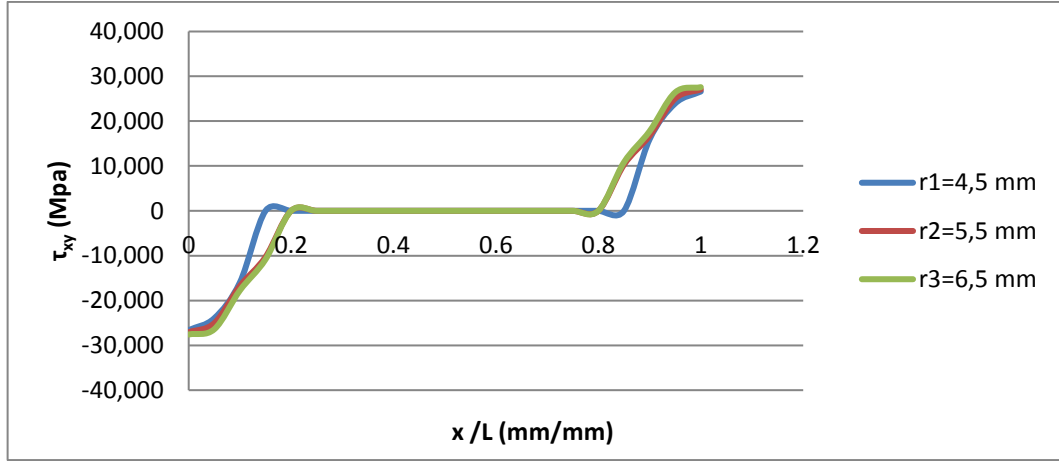
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x24 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.66’da verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarında en yüksek gerilme değerini almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça uç noktalardaki gerilmeler azalırken orta noktalarda küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler de artmıştır. σ_y gerilmeleri σ_x gerilmelerine benzer bir dağılım grafiği gösterse de maksimum gerilme değerine orta noktada ulaşmıştır ve küçük yarıçap değeri arttıkça negatif bölgede maksimum gerilme değerleri de artmıştır. σ_z gerilme dağılım grafiği incelenirse en yüksek gerilme değerine yamanın orta noktasında ulaşılmış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise uç noktalarda maksimum değere ulaşırken küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir.

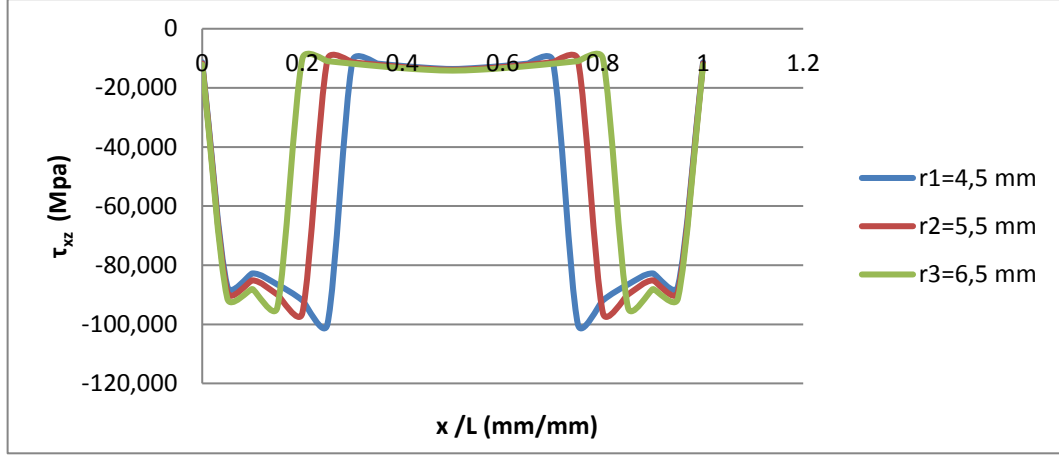




Şekil 6.66 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.67’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarında en yüksek değerine ulaşmıştır ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler de artış görülmüştür. Orta noktalarda τ_{xy} gerilmeleri sıfır değerini alarak sabit kalmıştır. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,05 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmış ve küçük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değerleri de artış göstermiştir. τ_{xz} gerilme dağılım grafiği incelendiğinde negatif bölgede artan azalan eğriler görülmekte ve en yüksek gerilme değeri $r_1 = 4,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir. Küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri azalmaktadır.

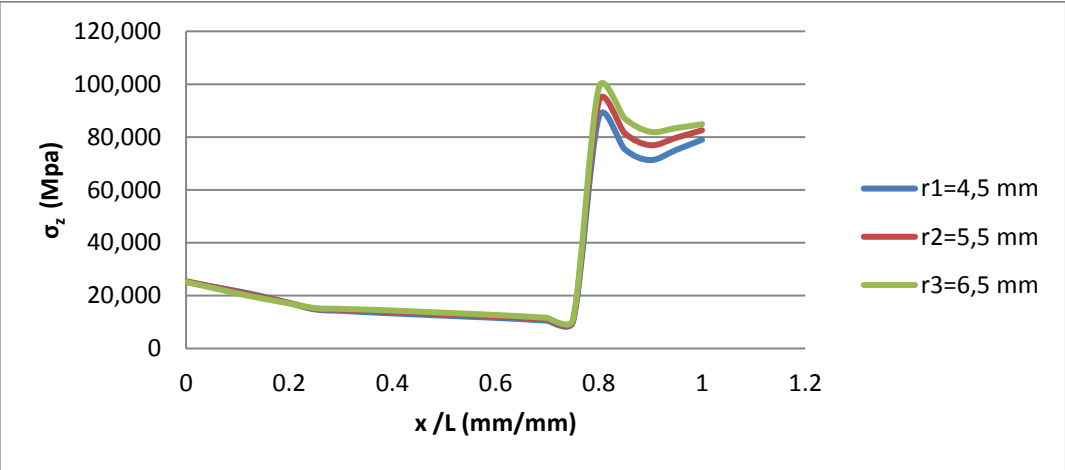
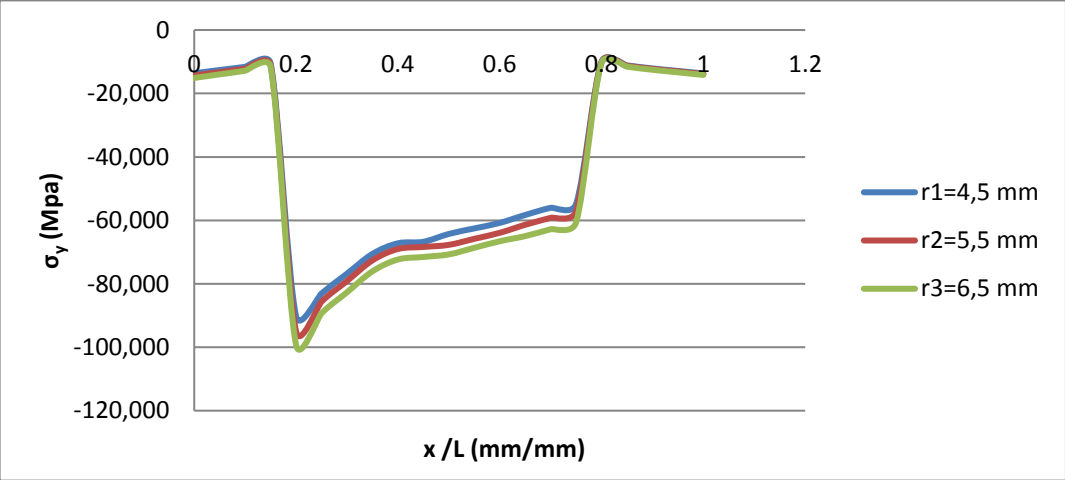
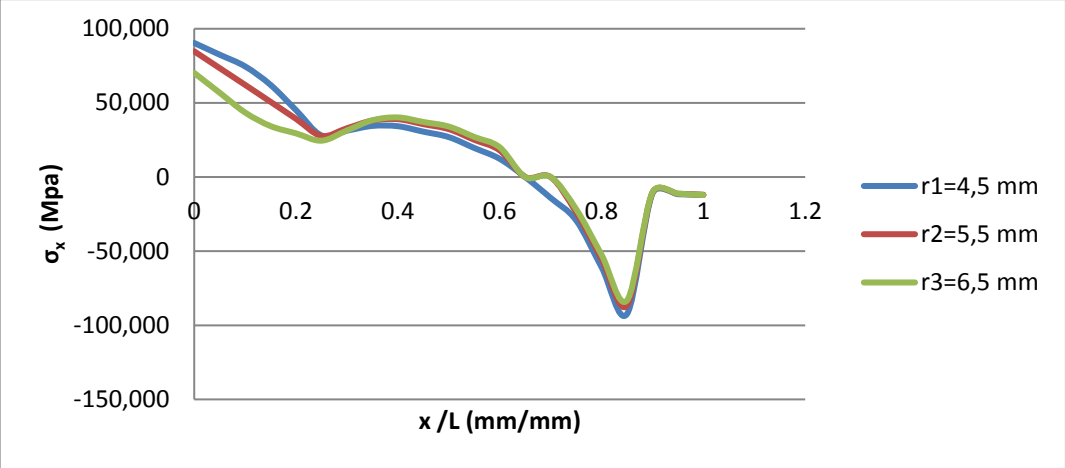


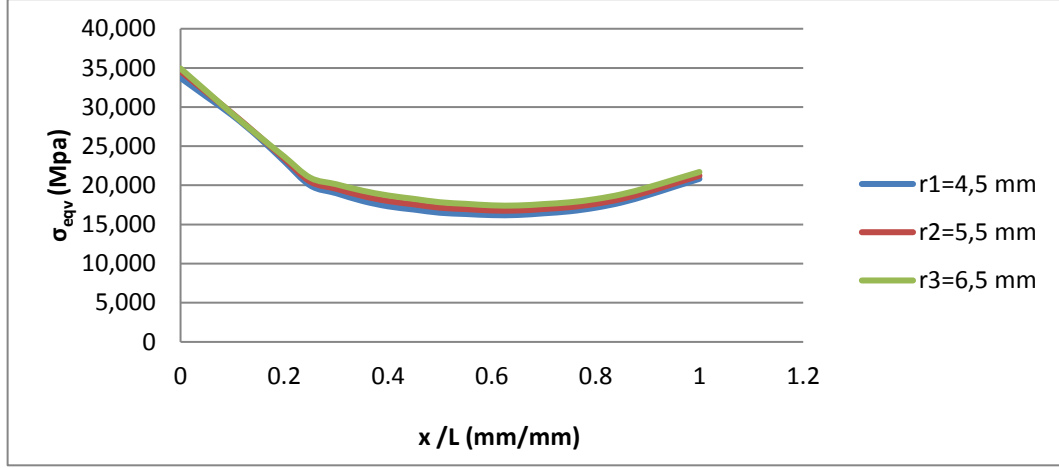


Şekil 6.67 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.33 Çift taraflı $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

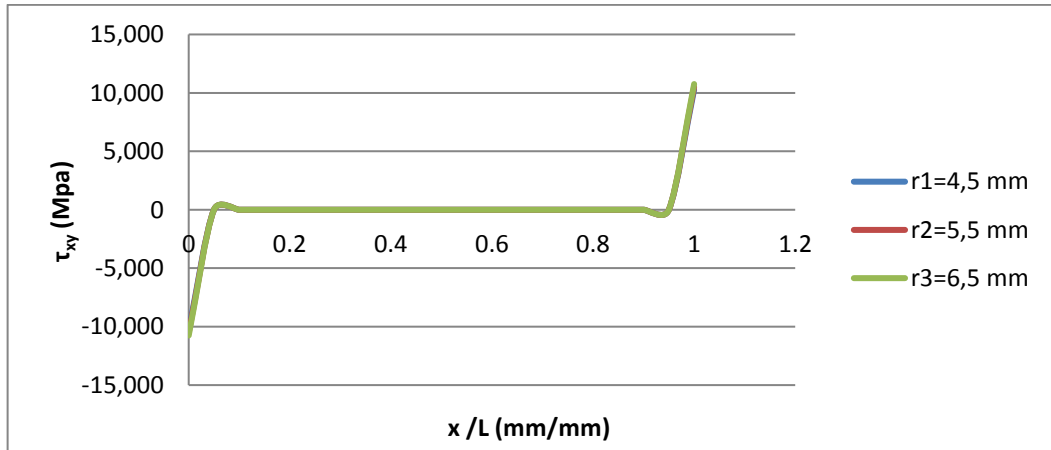
Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.68’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri N noktasında küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler azalmış ve en yüksek değerine negatif bölgede P noktasından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler azalmıştır. σ_y gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıklarda en yüksek değerini almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmelerde de artış görülmektedir. σ_z gerilmeleri incelendiğinde P noktasına yaklaştıkça maksimum değerini almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmelerin de arttığı gözlemlenmiştir. Eşdeğer gerilmeler ise N noktasında maksimum gerilme değeri göstermiş olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır.

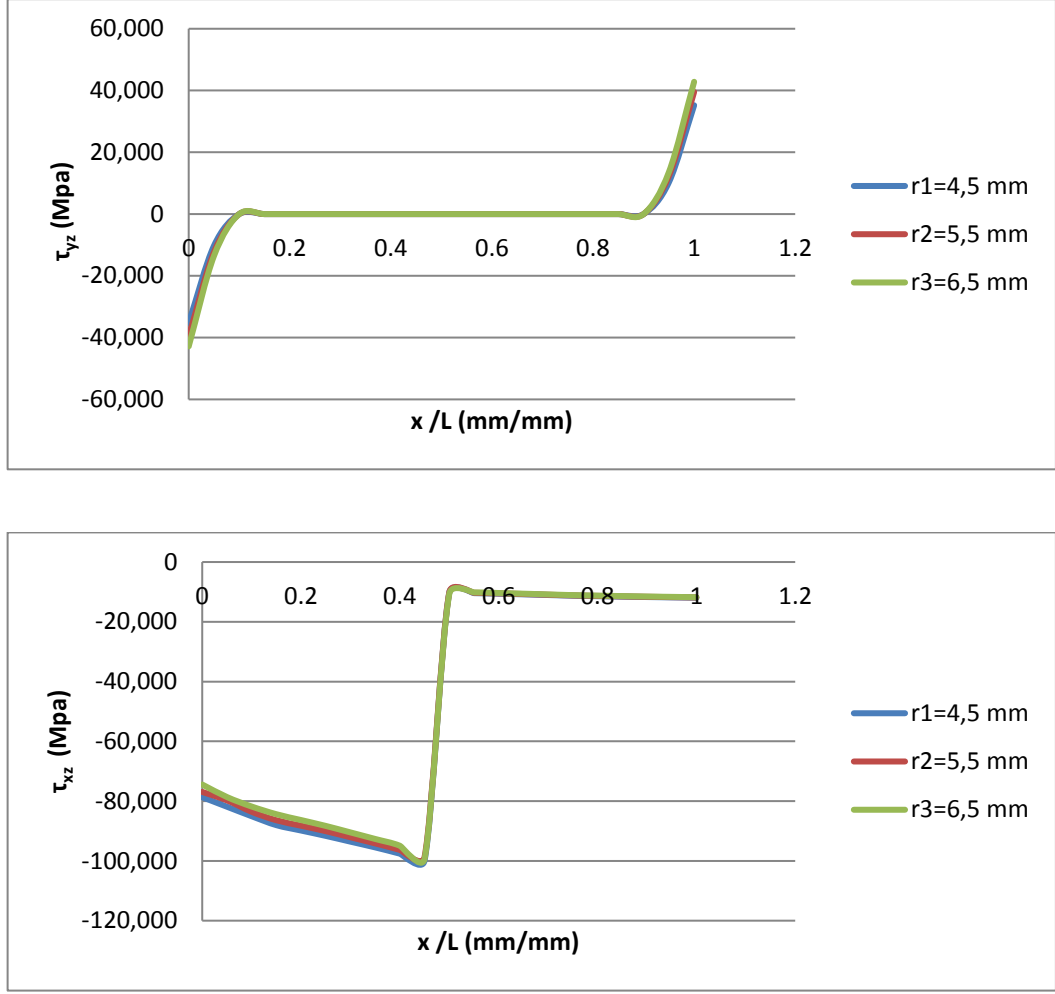




Şekil 6.68 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift taraflı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.69'da verilmiştir. τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılım grafiği göstermişler ve yama uçlarında maksimum değer almış orta noktalarda ise sıfır değerini alarak sabit kalmışlardır. Fakat τ_{xy} gerilmeleri küçük yarıçap değişiminden etkilenmezken τ_{yz} gerilmelerinde küçük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değerlerinde artış görülmüştür. τ_{xz} gerilmeleri N noktasında küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler negatif bölgede azalmış ve en yüksek gerilme değerine N noktasından yaklaşık 0,4 br uzaklıkta ulaşmıştır.



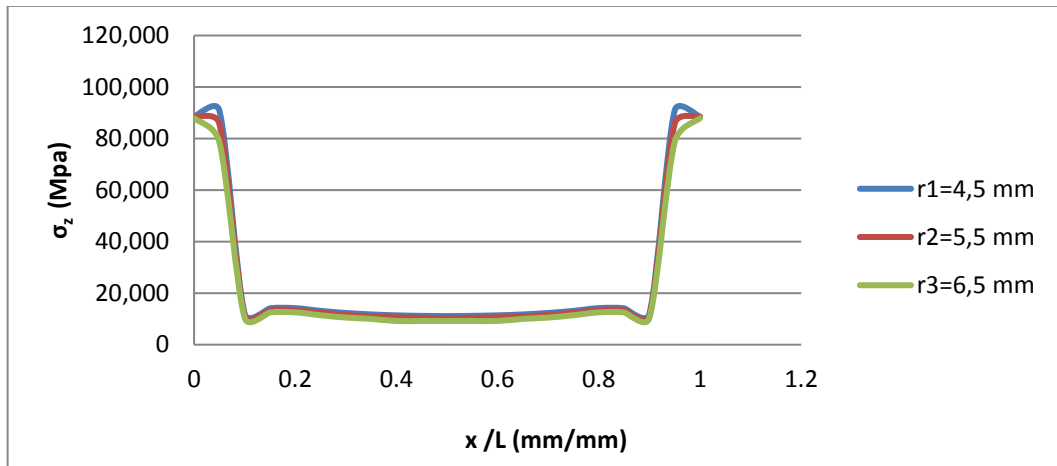
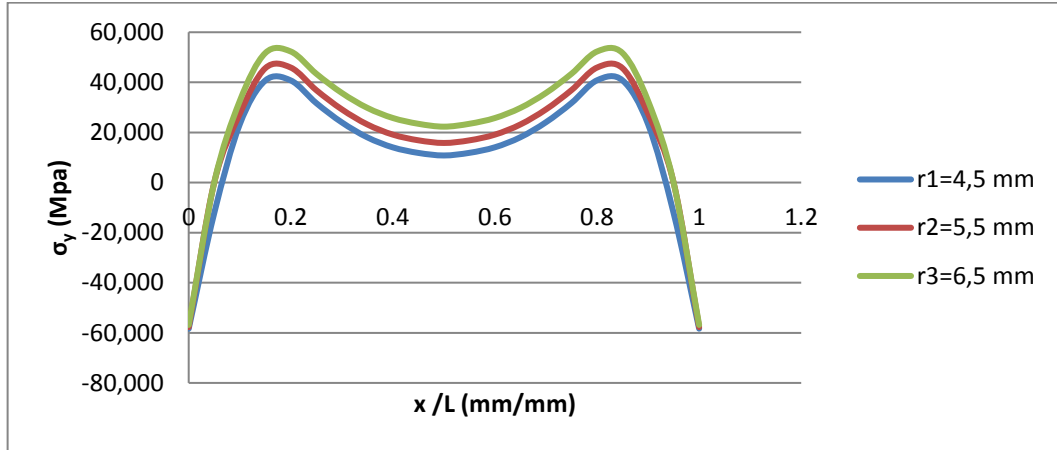
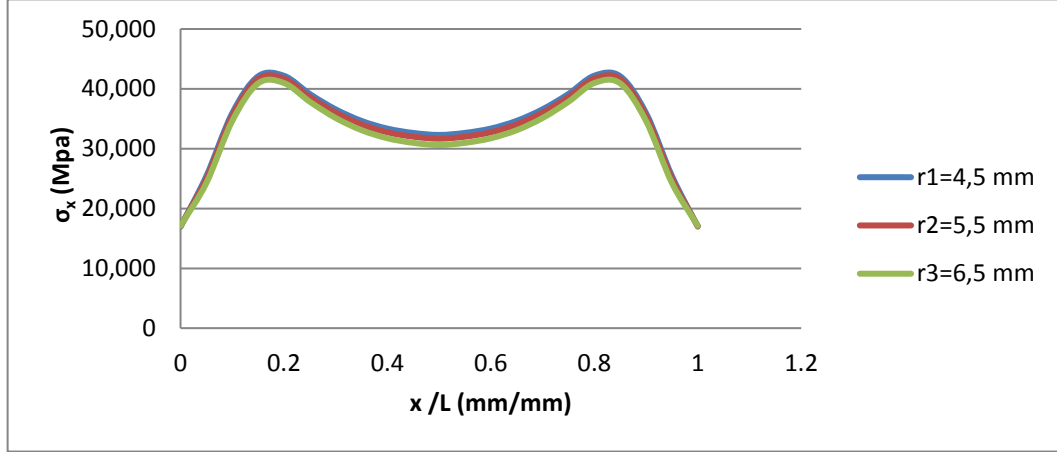


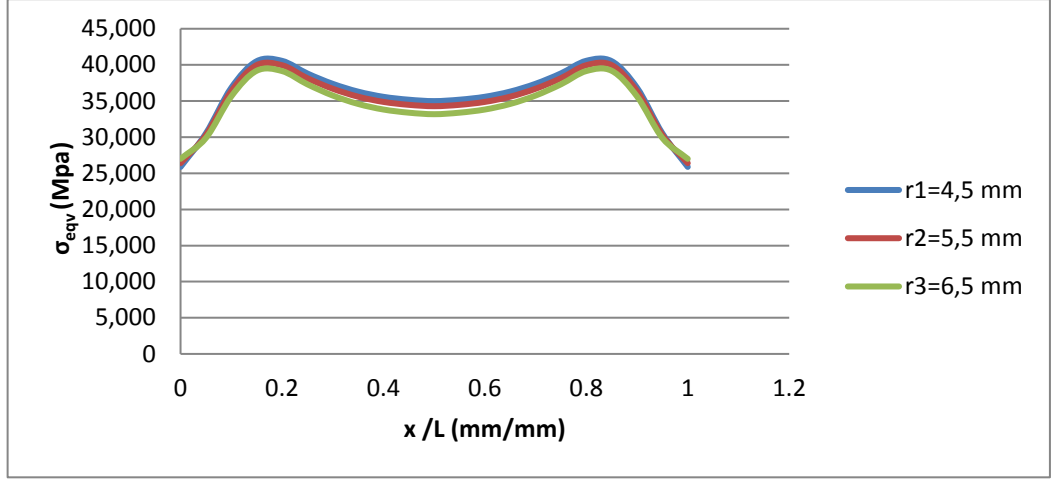
Şekil 6.69 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.34 Çift tarafı $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.70’te verilmiştir. σ_x gerilmeleri ve eşdeğer gerilmeler karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılım grafikleri göstermişlerdir. Yama uç noktalarında minimum değer almış uç noktalardan yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmışlardır. σ_x ve σ_{eqv} gerilmeleri en yüksek değerine $r_1=4.5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşırken σ_y gerilmeleri en yüksek gerilme değerine yama uçlarında ulaşmıştır. σ_z gerilmeleri de

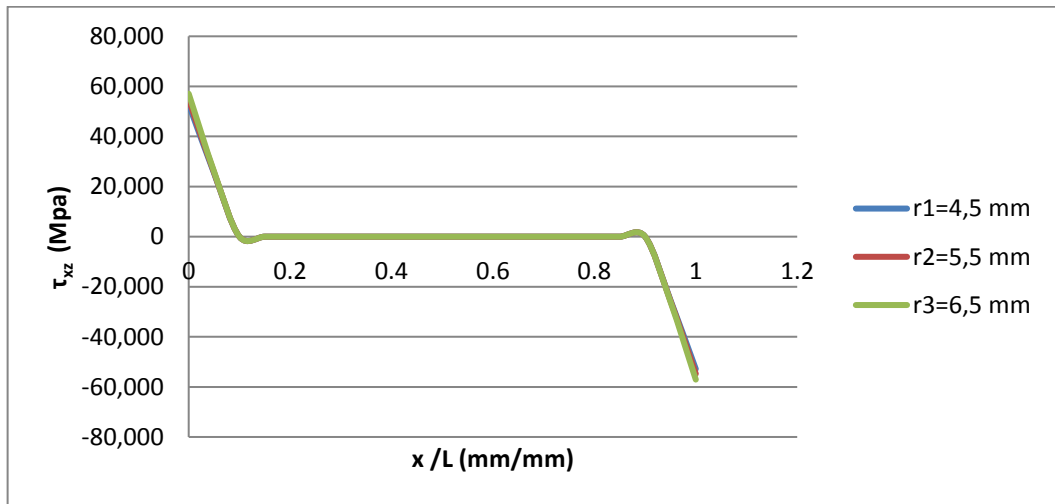
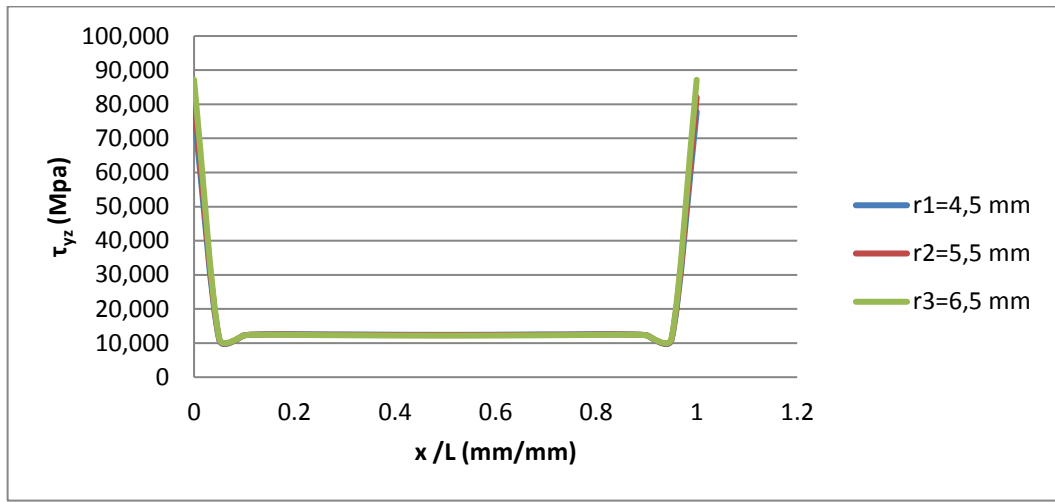
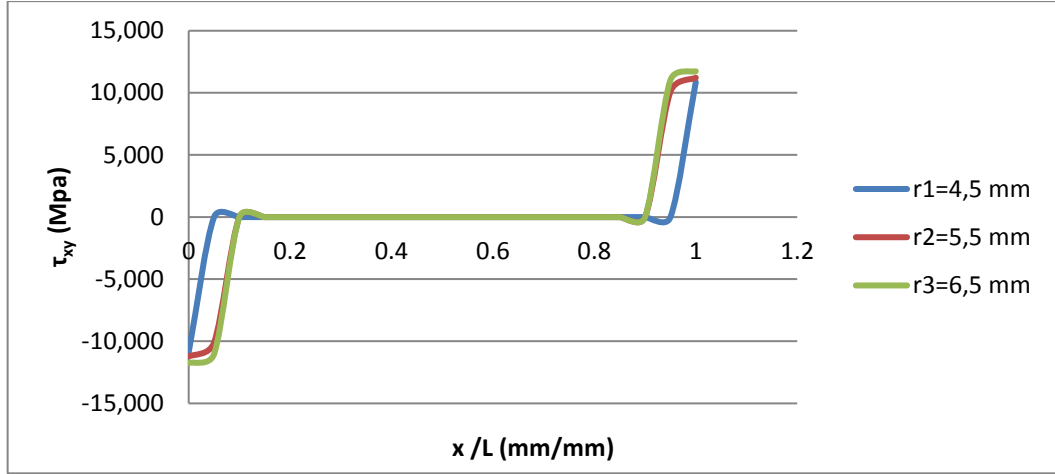
maksimum gerilme değerine yama uçlarından yaklaşık 0,05 br uzaklıkta ulaşmış olup en yüksek değerini $r_1=4,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmış ve diğer numuneler maksimum değerini yama uçlarında almıştır.





Şekil 6.70 Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

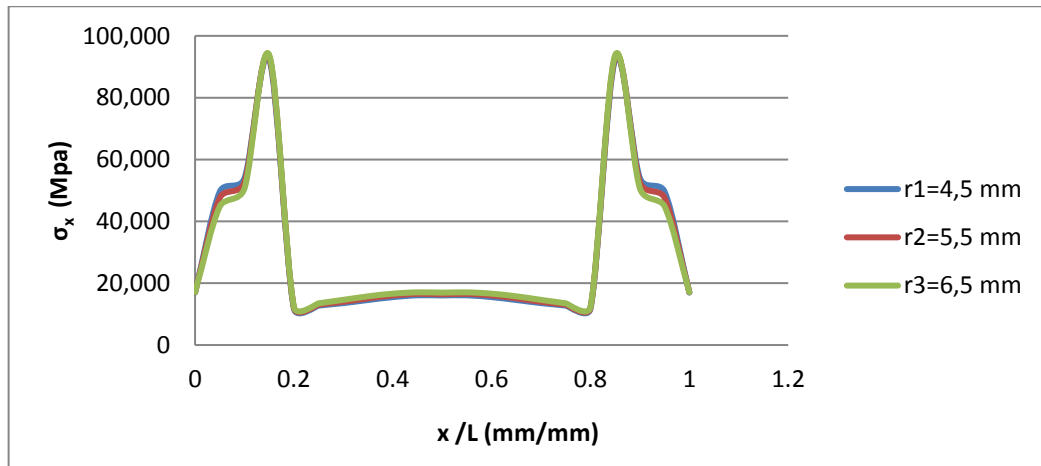
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.71’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri A noktasında negatif bölgede maksimum değer almış yama uçlarından uzaklaşınca ani bir düşme göstermiş ve orta noktada sıfır olmuştur. B noktasına yaklaşıncı tekrar artış göstererek pozitif bölgede maksimum değer almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmelerde de artış görülmektedir. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında maksimum değer almış orta noktalarda ise minimum değer olarak sabit kalmıştır. τ_{yz} gerilmeleri küçük yarıçap değişiminden etkilenmemiştir fakat maksimum gerilmeler küçük yarıçap değeri arttıkça artış göstermiştir. τ_{xz} gerilmeleri de yine aynı şekilde yama uçlarında maksimum değere ulaşmış orta noktalarda minimum değerde sabit kalmıştır.

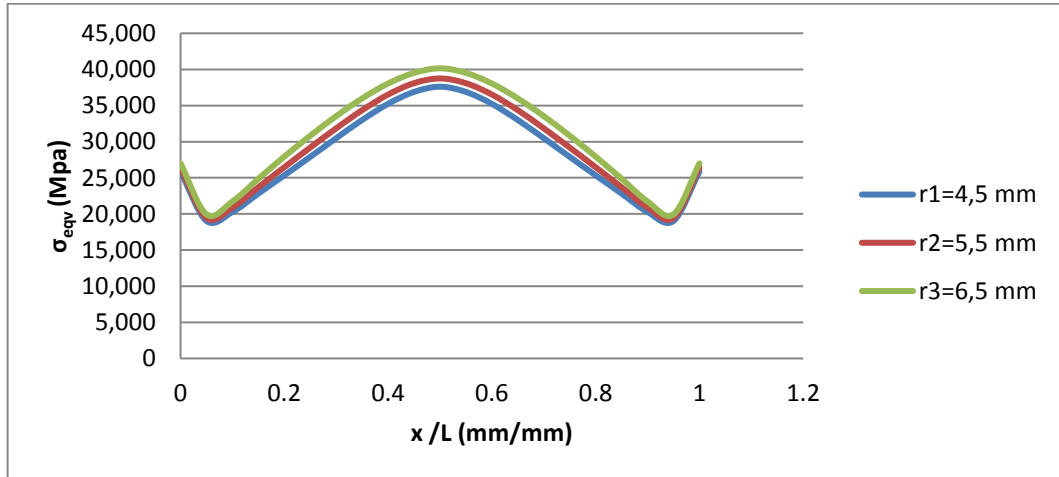
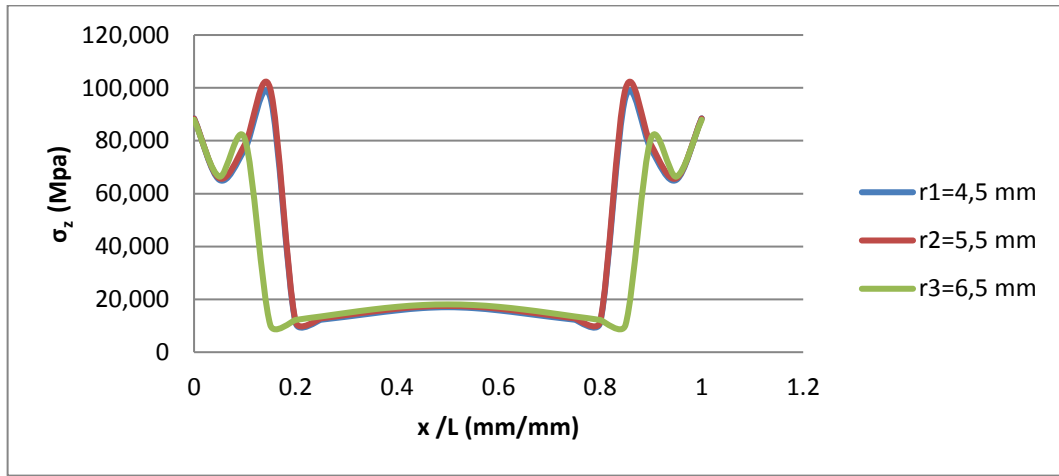
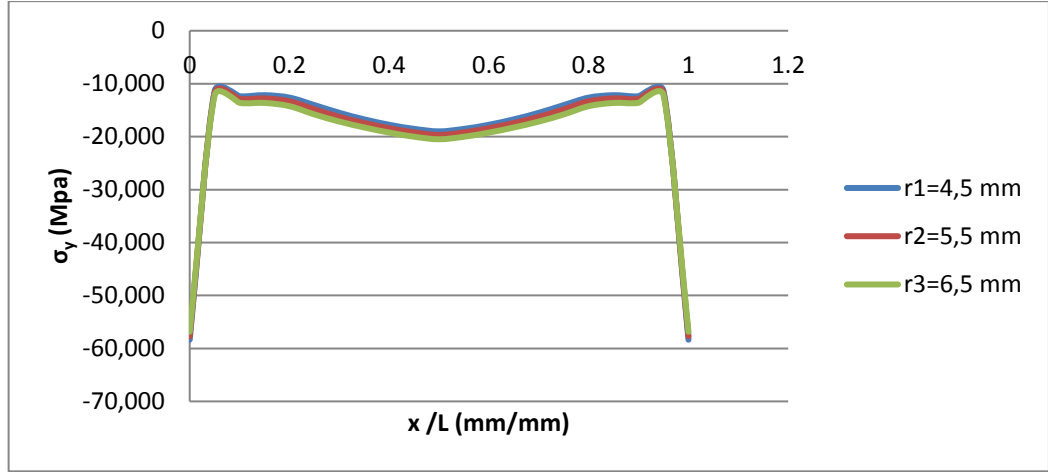


Şekil 6.71 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.35 Çift tarafı WxH=40x28 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

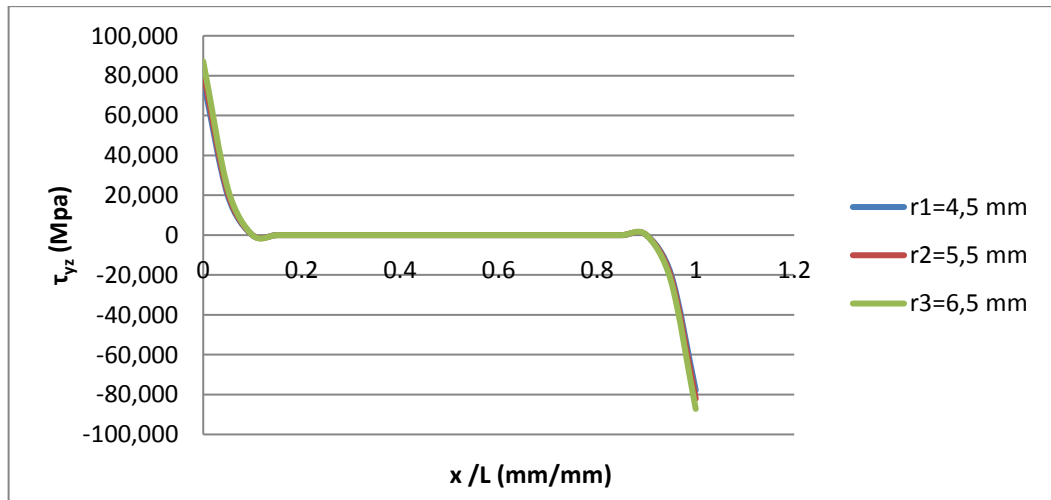
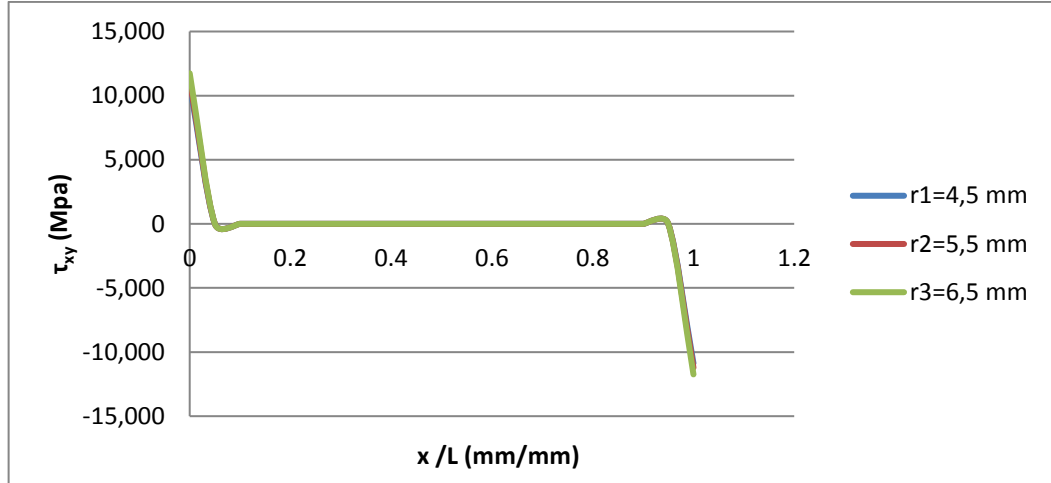
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.72’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değişiminin σ_x gerilmeleri üzerinde çok fazla etkisi görülmemektedir. σ_y gerilmeleri negatif bölgede yama uçlarında maksimum değerine ulaşmış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmelerde azalma görülmektedir. σ_z gerilmeleri $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numune yama ucunda maksimum değerine ulaşırken $r_1=4,5$ mm ve $r_2=5,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numuneler yama ucundan yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise maksimum değerine orta noktada ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde de artış görülmüştür.

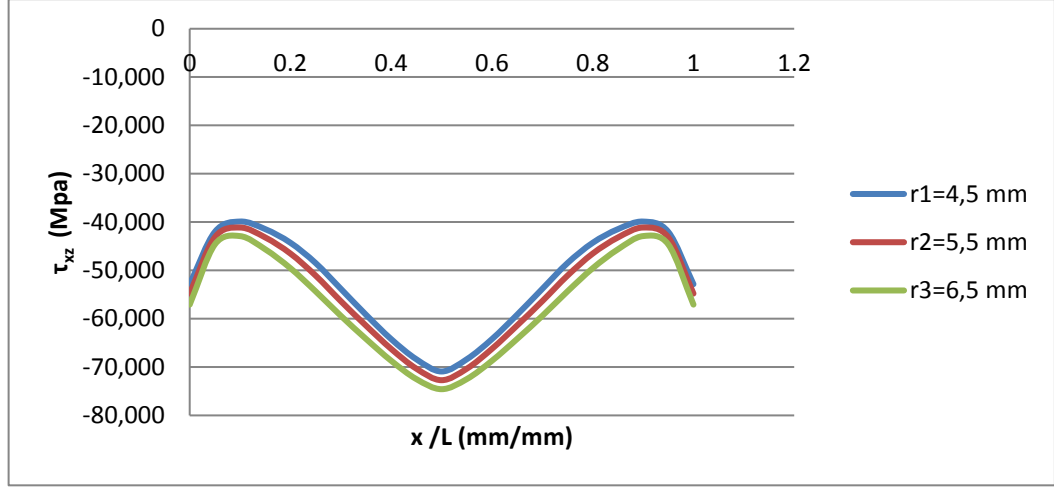




Şekil 6.72 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.73'te verilmiştir. τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılım grafiği göstermişler ve yama uçlarında maksimum gerilme değeri almışlardır. Yama uçlarından uzaklaştıkça ani düşme görülmekte sıfırda sabit kalmakta H noktasına yaklaştıkça negatif bölgede tekrar maksimum değere ulaşmaktadır. Küçük yarıçap değişiminin τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir. τ_{xz} gerilmeleri ise negatif bölgede ve orta noktada en yüksek gerilme değerine ulaşmaktadır. Küçük yarıçap değeri arttıkça τ_{xz} gerilmeleri de artış göstermektedir.

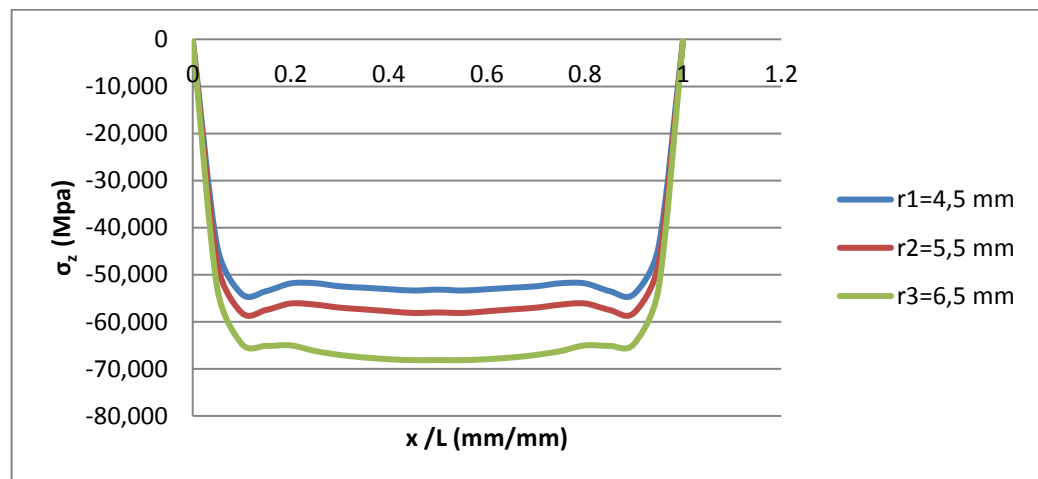
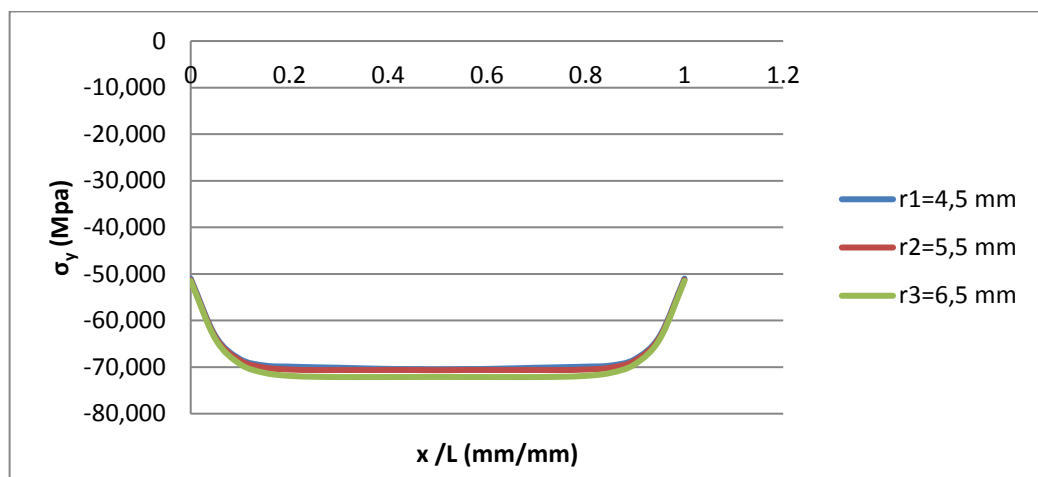
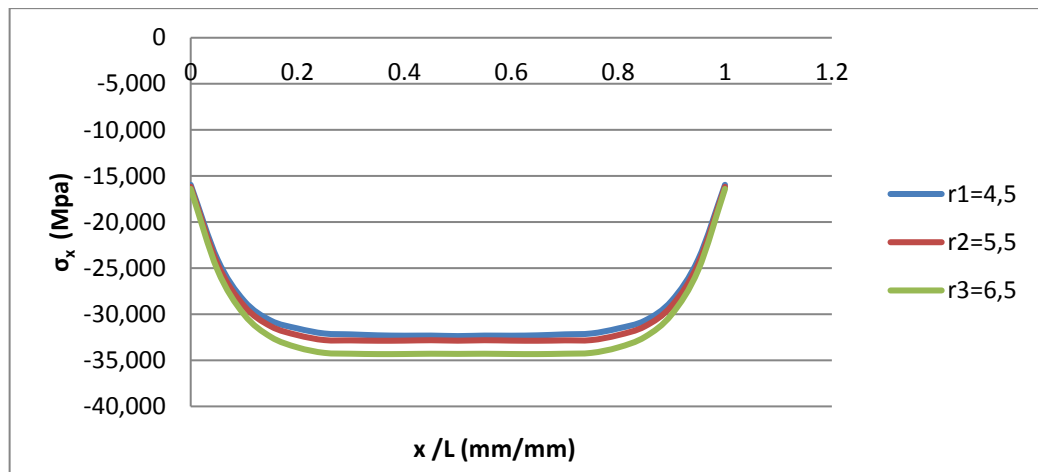


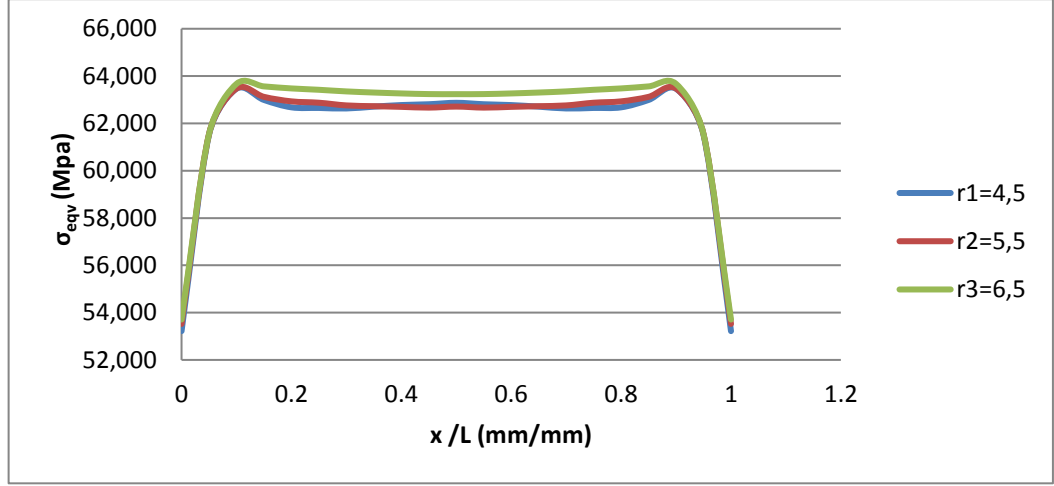


Şekil 6.73 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.36 Çift taraflı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

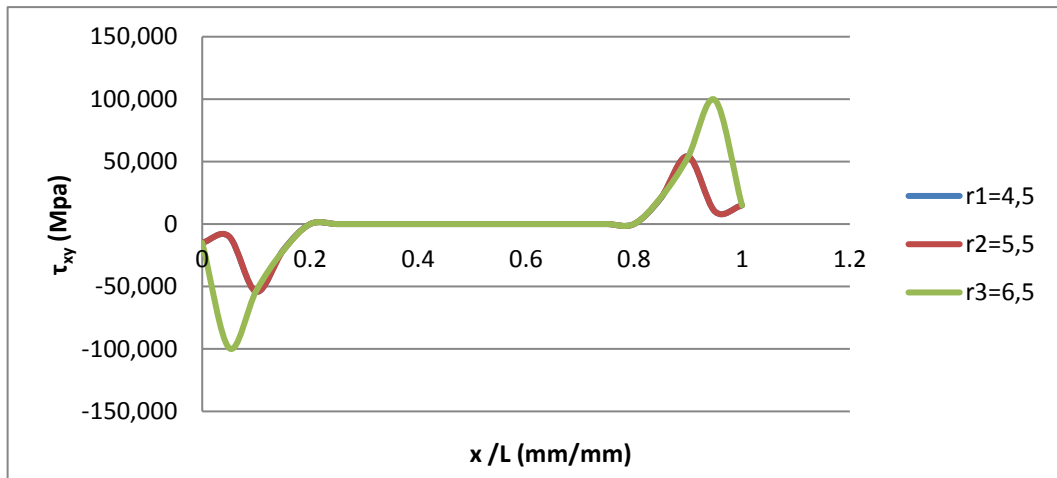
Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.74'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde normal gerilmeler ve eşdeğer gerilmeler birbirine benzer gerilme dağılımı gösteren grafikler oluşturmuşlar fakat normal gerilmeler negatif tarafta eşdeğer gerilmeler ise pozitif tarafta gerilme dağılımı göstermişlerdir. Yama uçlarında minimum değer almışlar ve yama uçlarından yaklaşık 0-0,2 br arasında maksimum değerlerine ulaşmışlardır. En yüksek gerilmeler $r_3 = 6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir.

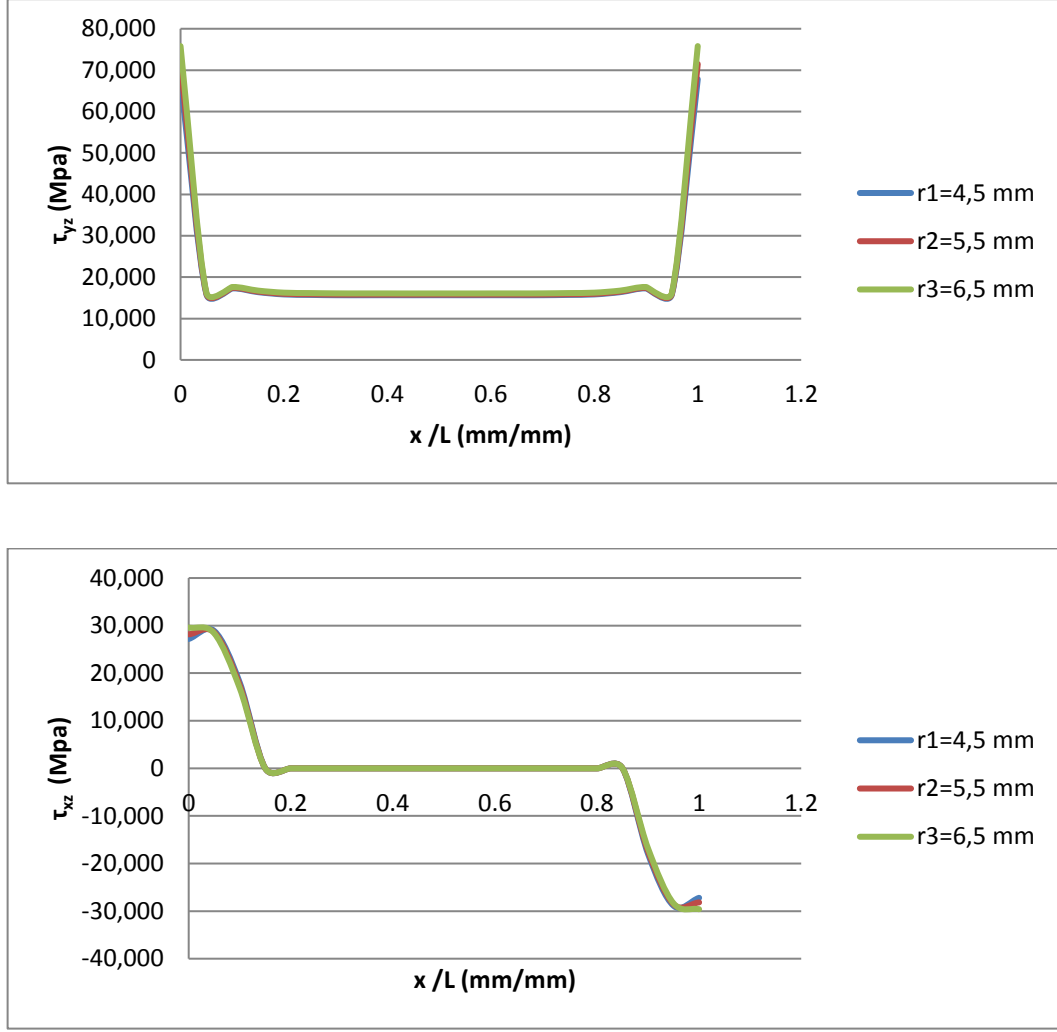




Şekil 6.74 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.75'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri 0-0,2 br ve 0,8-1 br arasında maksimum değer almıştır ve en yüksek gerilme değeri $r_3 = 6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir. τ_{xz} ve τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında maksimum değere ulaşmışlardır. Tüm kayma gerilmeleri orta noktada minimum değerini almıştır.



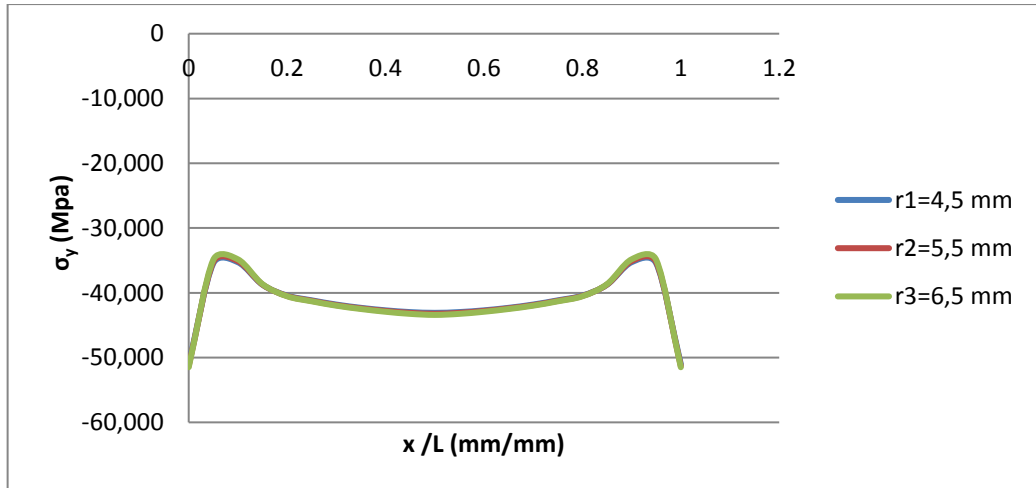
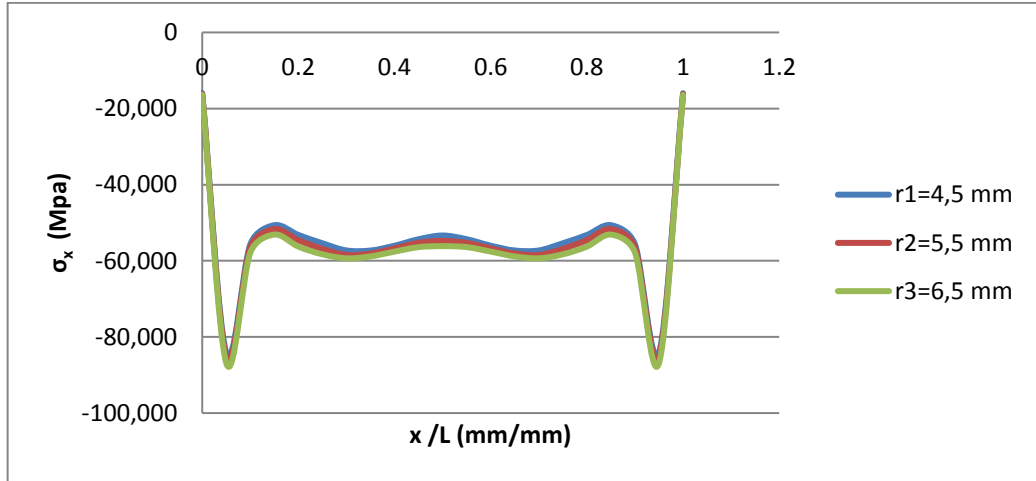


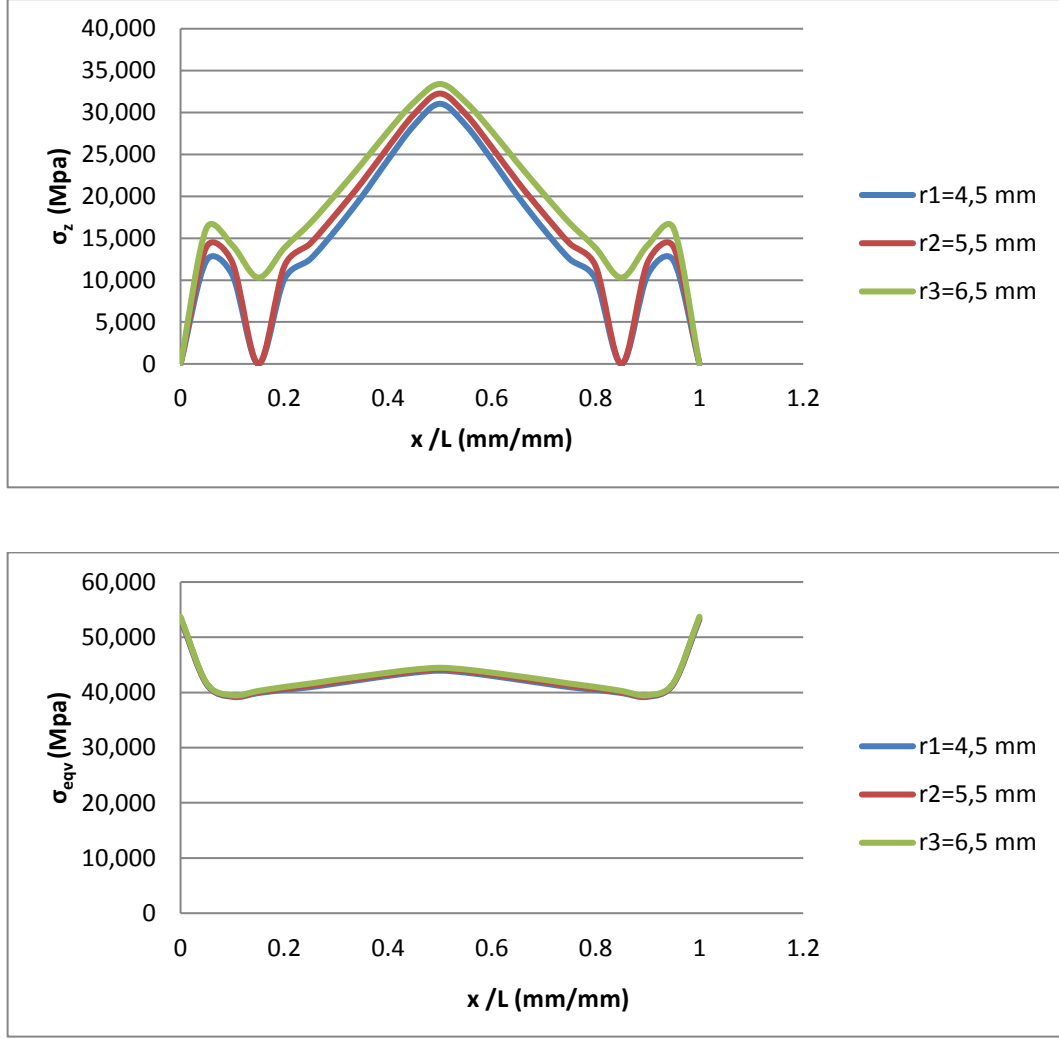
Şekil 6.75 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.37 Çift taraflı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.76'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değerini almış ve küçük yarıçap değişiminin σ_x gerilmeleri üzerinde pek fazla etkisi olmazken orta noktada küçük yarıçap artınca gerilmelerde de artış görülmektedir. σ_y gerilmeleri yama uçlarında maksimum gerilme değerini almıştır. Küçük yarıçap değişiminin σ_y gerilmeleri zerinde

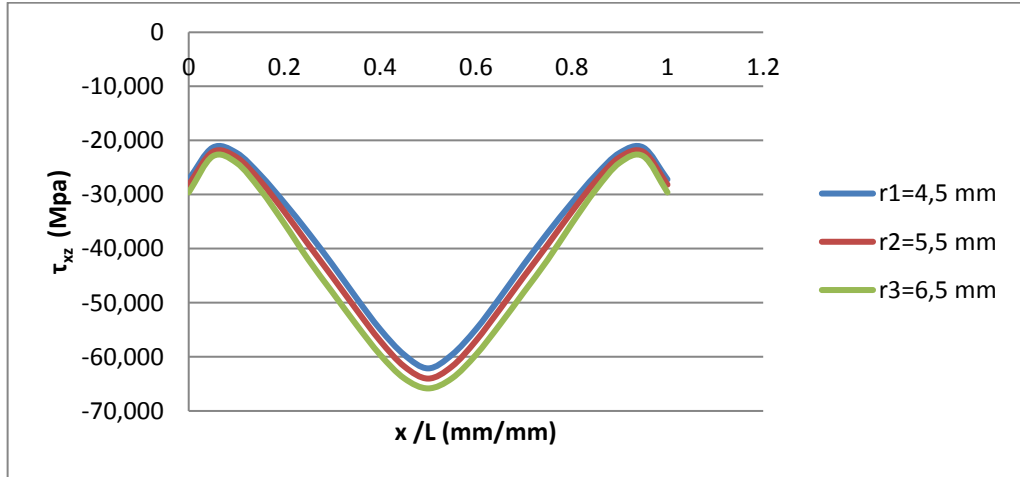
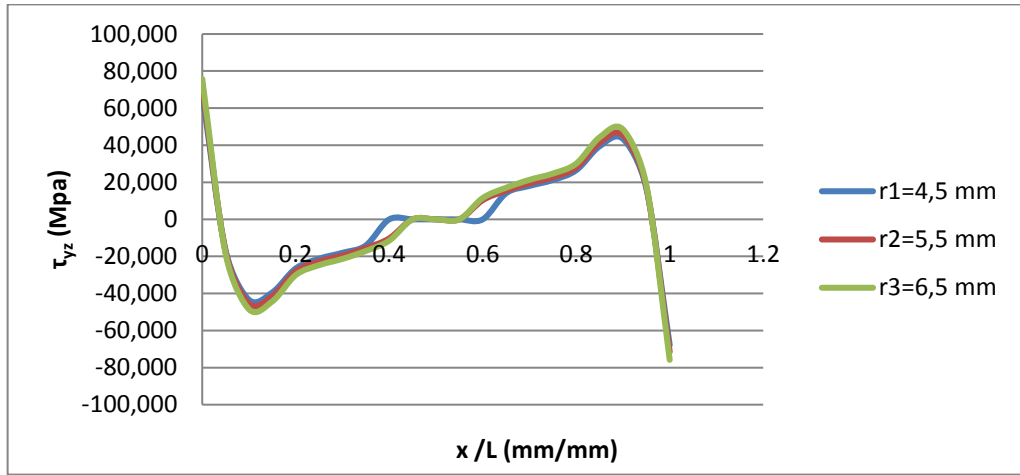
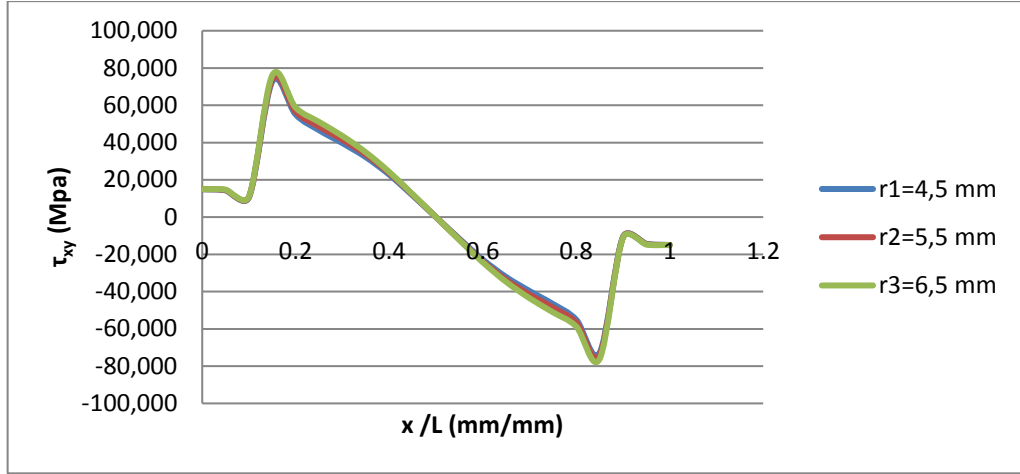
etkisi görülmemektedir. σ_z gerilmeleri orta noktada en yüksek gerilme değeri $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmüş ve küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise σ_y gerilmeleri ile benzer fakat pozitif bölgede gerilme dağılımı göstermişlerdir. Küçük yarıçap değişiminin eşdeğer gerilmeler üzerinde etkisi yoktur.





Şekil 6.76 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

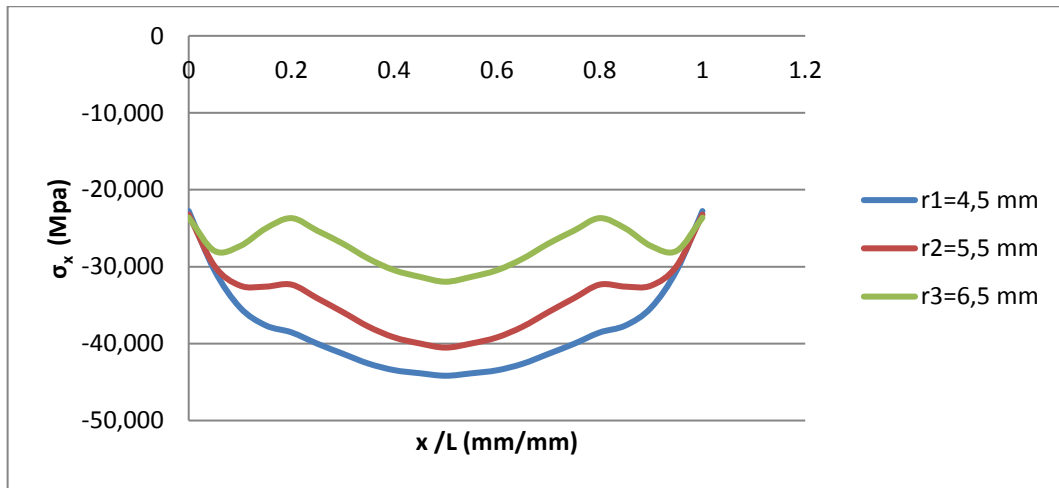
Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.77’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmış ve azalarak sıfır olmuş daha sonra negatif bölgede tekrar maksimum değere ulaşmıştır. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında en yüksek gerilme değerini göstermektedir. τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri küçük yarıçap değişiminden pek fazla etkilenmemiştir. τ_{xz} gerilmeleri ise en yüksek değerine orta noktada $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmekte ve küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmaktadır.

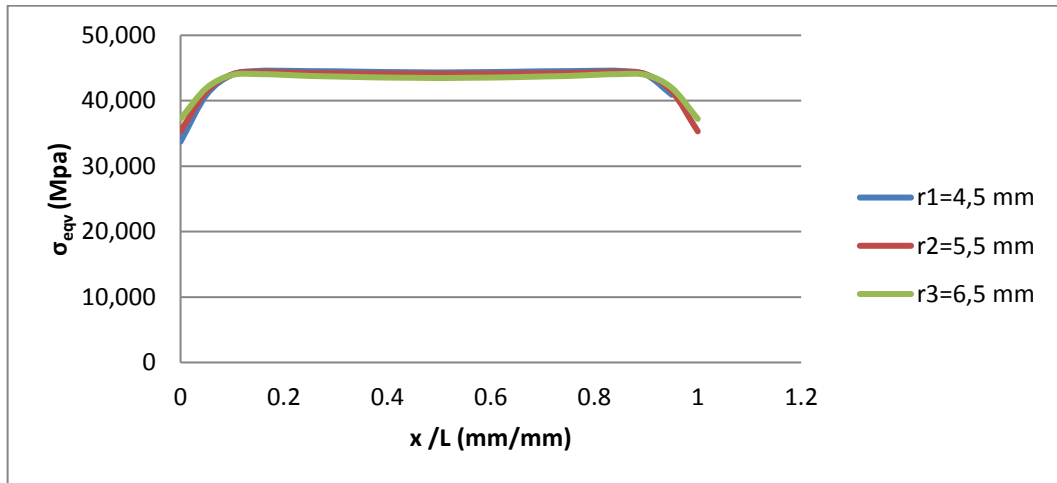
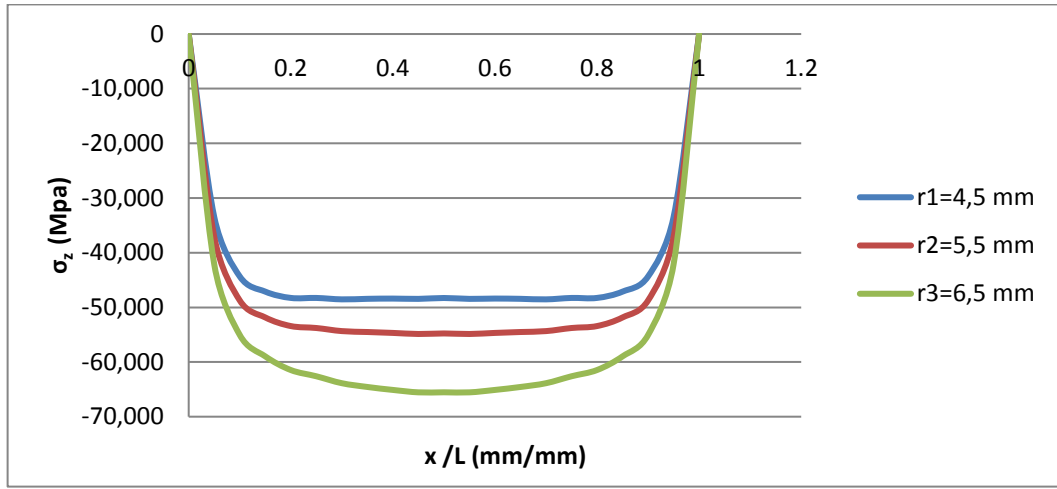
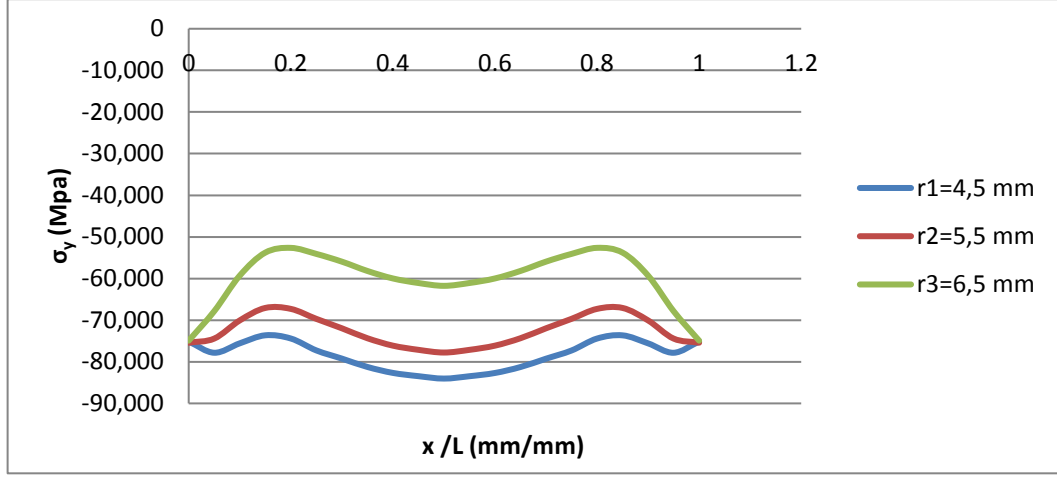


Şekil 6.77 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.38 Çift tarafı WxH=40x28 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

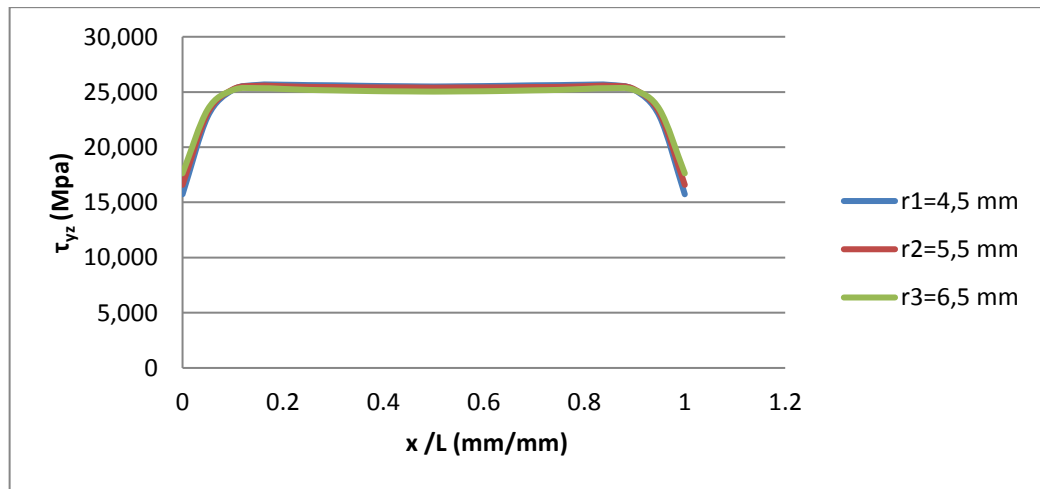
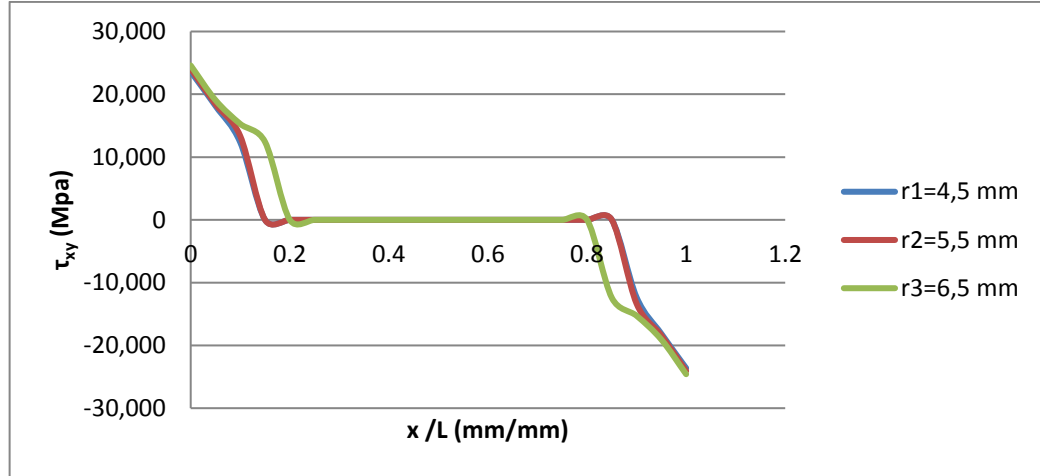
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.78’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri negatif bölgede ve yama uçlarında minimum değerini alırken orta noktada maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler azalmıştır. σ_y gerilmeleri $r_1=4,5$ mm ve $r_2=5,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numuneler orta noktada maksimum değerine ulaşmış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler azalmış $r_3=6,5$ mm olan numune ise yama uçlarında maksimum değerine ulaşmıştır. σ_z gerilmeleri negatif bölgede ve orta noktada en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise yama uçlarında minimum orta noktalarda maksimum değerini almış ve uç noktalarda küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde de artış görülmektedir.

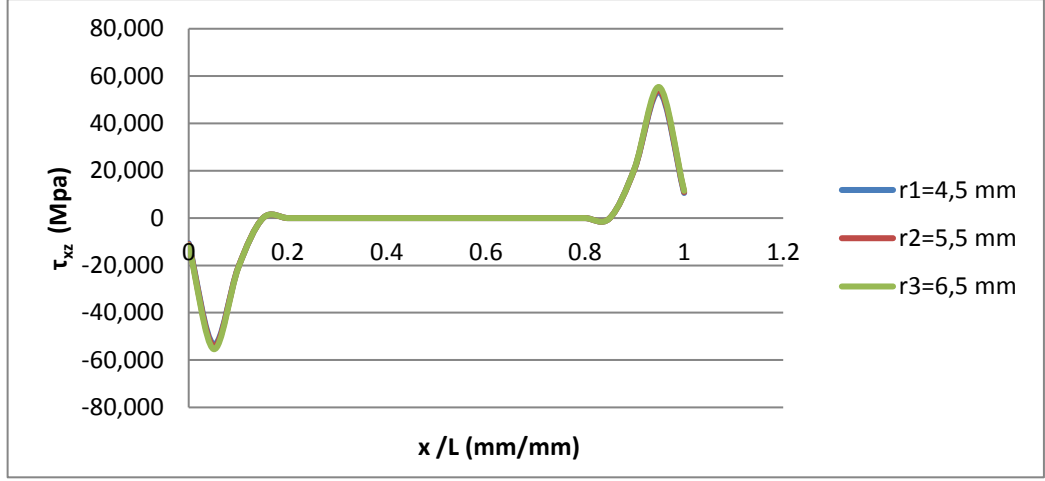




Şekil 6.78 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.79’da verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarında maksimum değer almış yama uçlarından uzaklaştıkça azalma görülmüş ve orta noktada sıfır değerini alarak sabit kalmıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça τ_{xy} gerilmeleri değişmemiştir. τ_{yz} gerilmeleri orta noktalarda en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup yama uçlarında minimum değer almış ve uç noktalarda küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır. τ_{xz} gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta en yüksek gerilme değerine ulaşmıştır. τ_{xz} gerilmeleri üzerinde küçük yarıçap değişiminin etkisi yoktur.

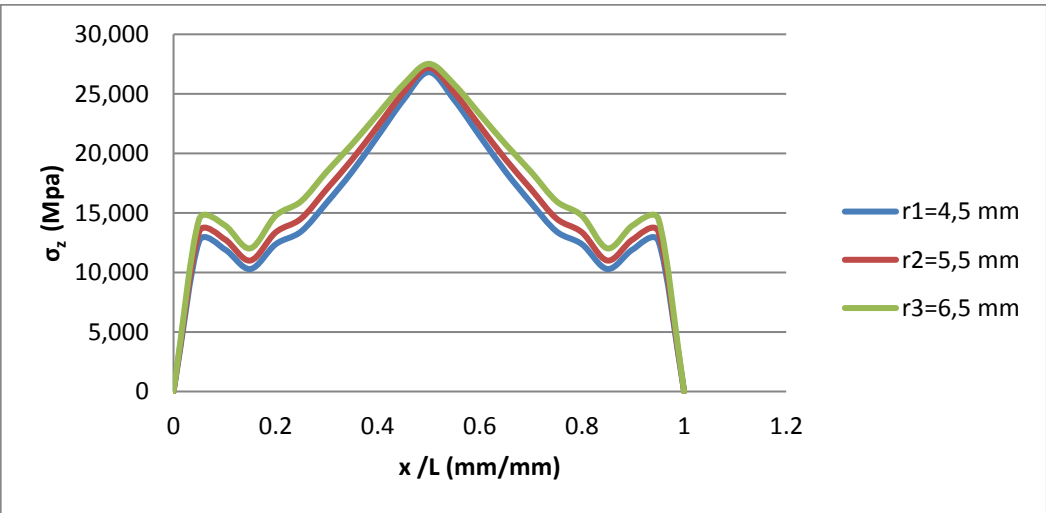
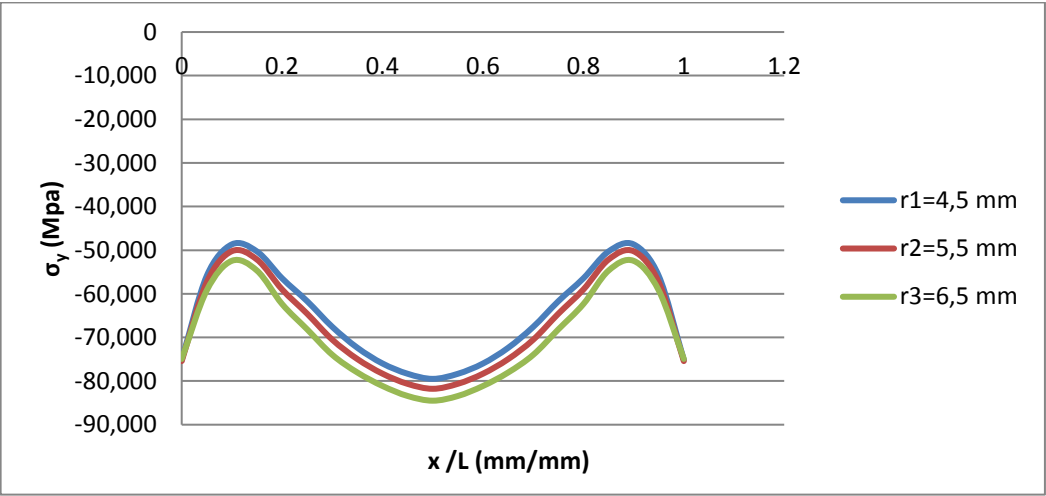
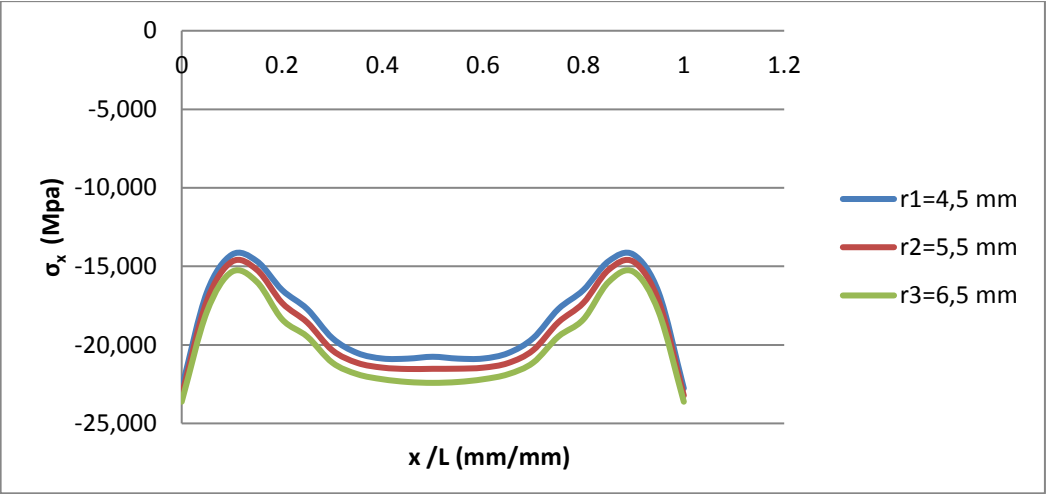


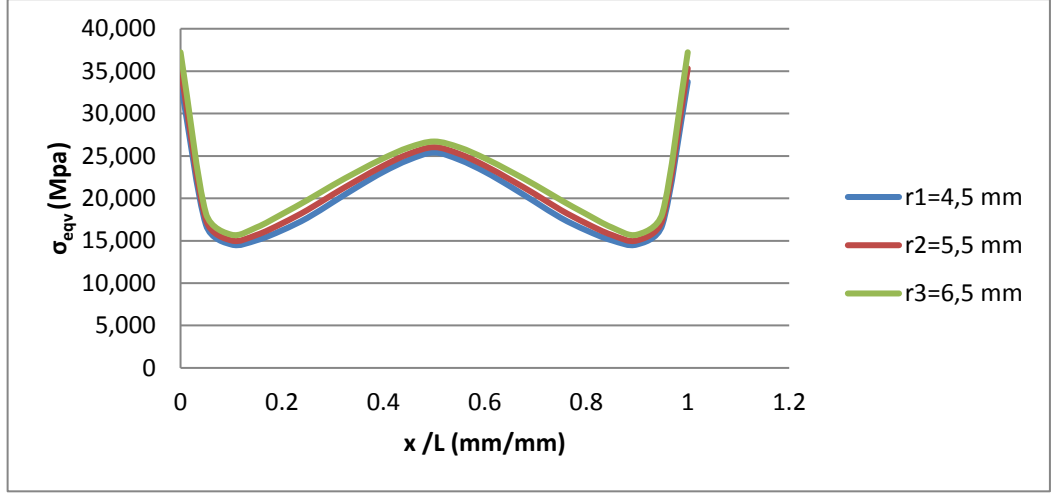


Şekil 6.79 Çift taraflı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.39 Çift taraflı WxH=40x28 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

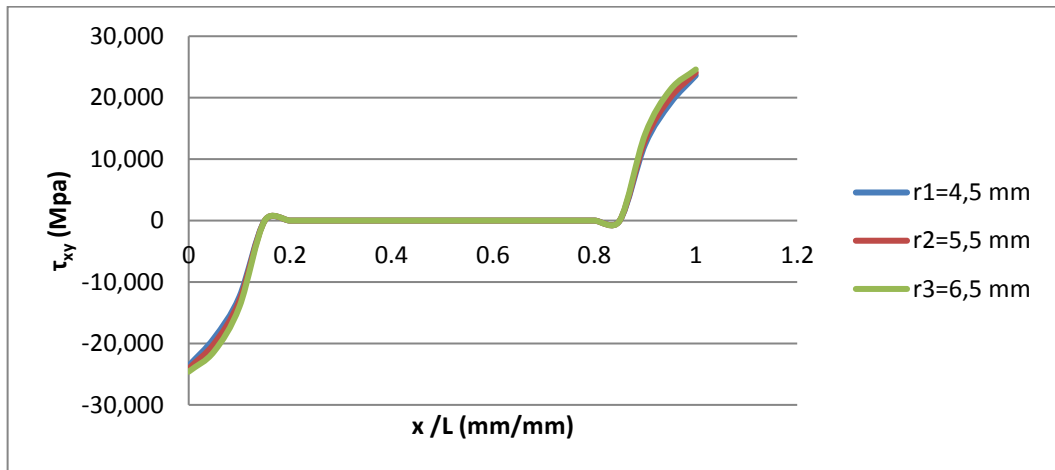
Çift taraflı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x28 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.80’de verilmiştir. σ_x ve σ_y gerilmeleri birbirine benzer gerilme dağılımı göstermişler fakat σ_x gerilmeleri maksimum değere yama uçlarında ulaşırken σ_y gerilmeleri maksimum gerilme değerine orta noktada ulaşmıştır ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde de artış görülmektedir. σ_z gerilmelerinin en yüksek gerilme değeri orta noktada ve $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir. Yama uçlarında ise gerilme değerleri sıfırdır. Eşdeğer gerilmeler de F ve K noktalarında en yüksek gerilme değerine ulaşmışlar ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler de artış göstermektedir.

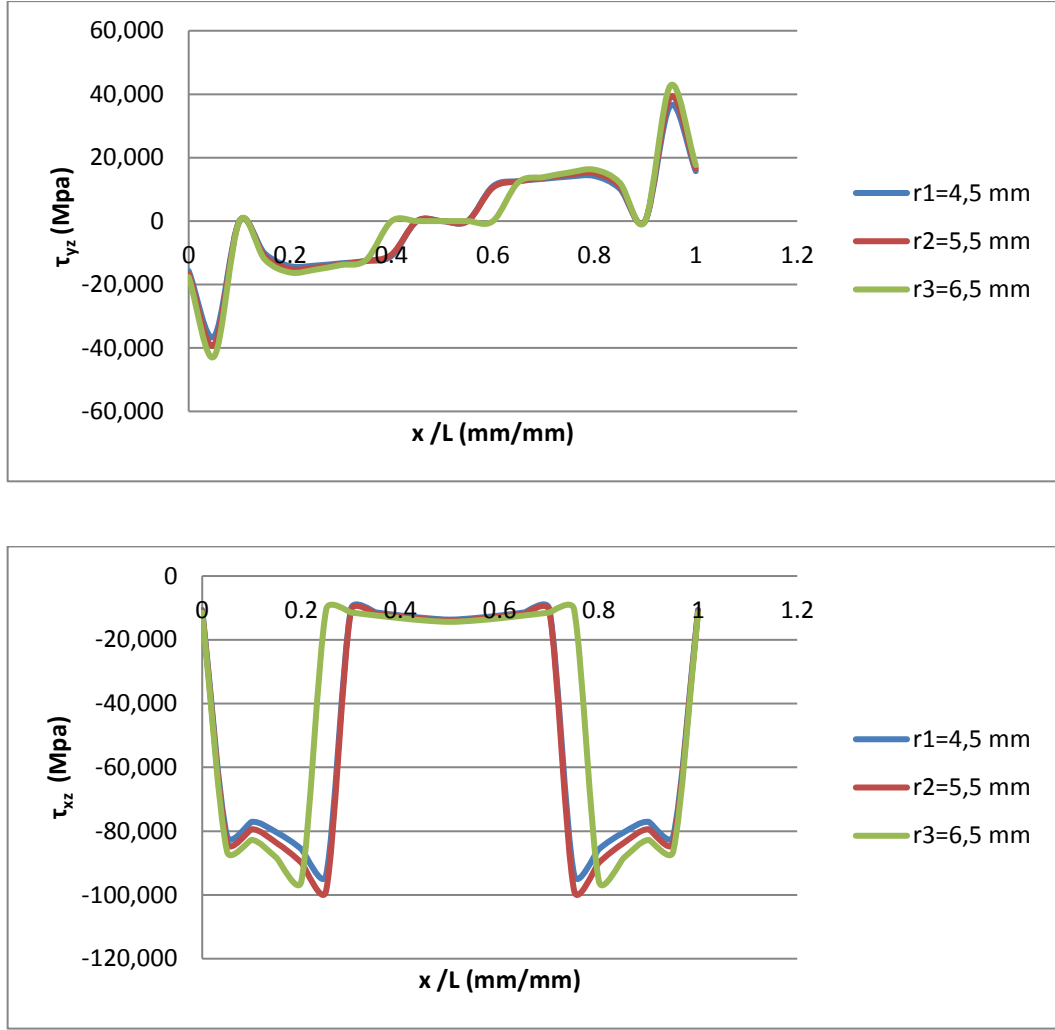




Şekil 6.80 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.81’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yamanın uç noktalarında maksimum gerilme değeri göstermiş olup uç noktalardan uzaklaştıkça azalarak sıfır değerini almıştır. Küçük yarıçap değeri arttırıldığında yama uçlarındaki gerilmeler de artış göstermektedir. τ_{yz} gerilmelerinin yama uçlarından yaklaşık 0,05 br uzaklıkta maksimum gerilme değeri görülmekte ve küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmaktadır. τ_{xz} gerilmelerinin en yüksek değerleri 0,2-0,4 ile 0,6-0,8 arasında ve $r_2=5,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir.



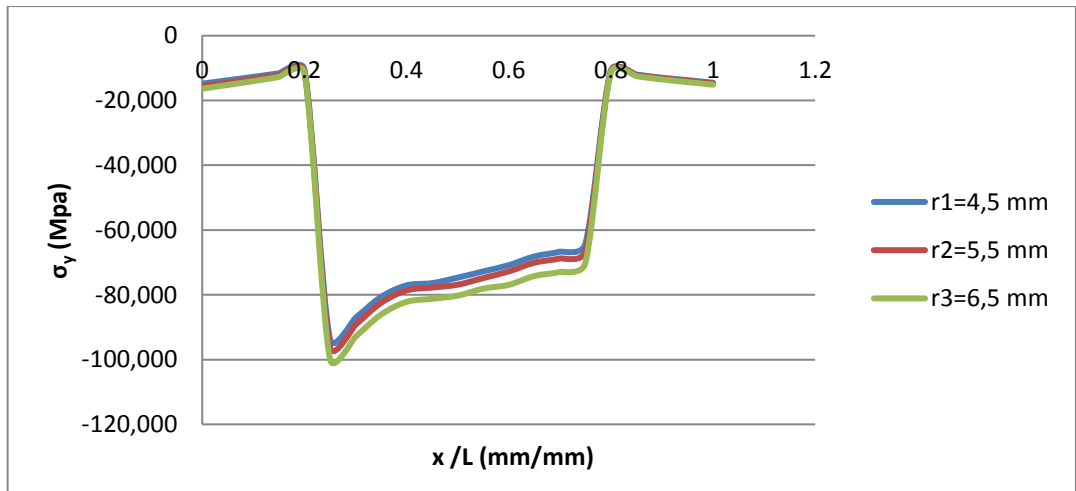
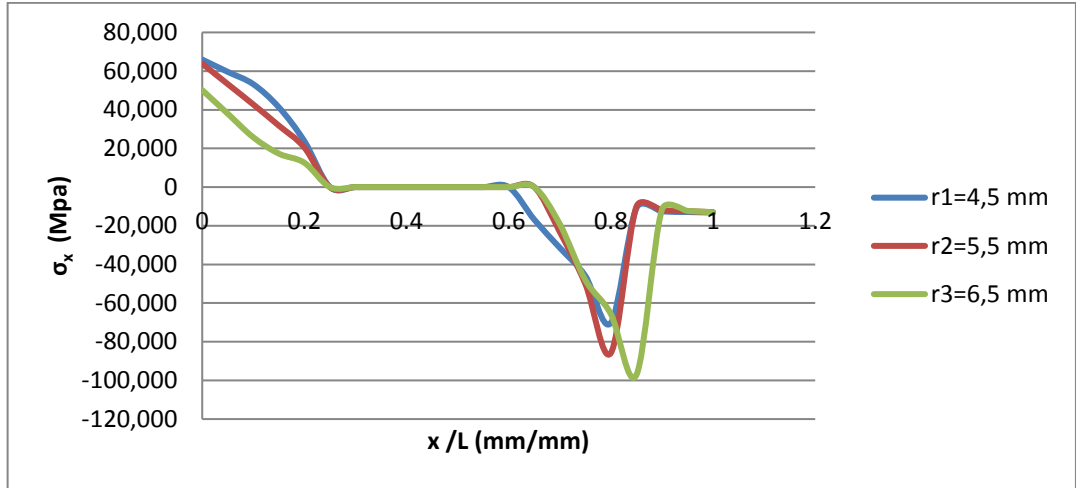


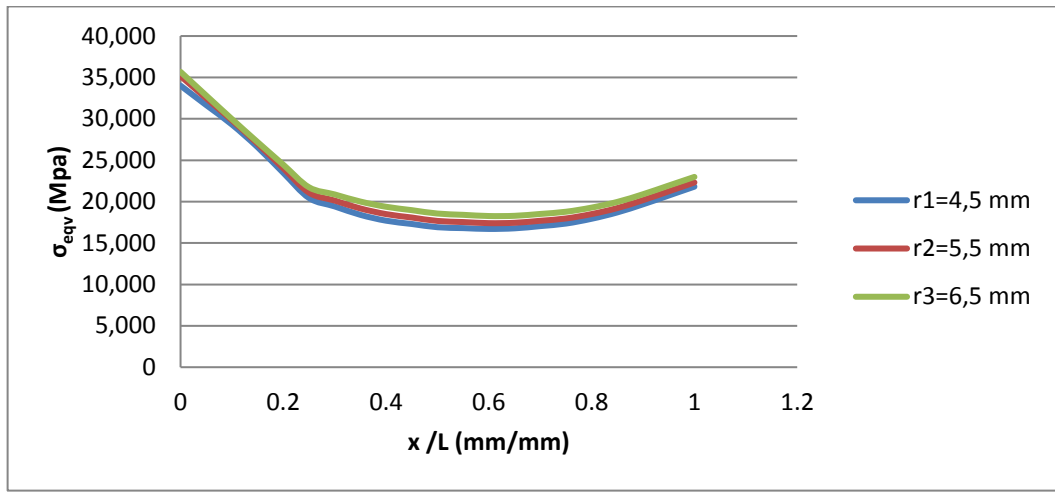
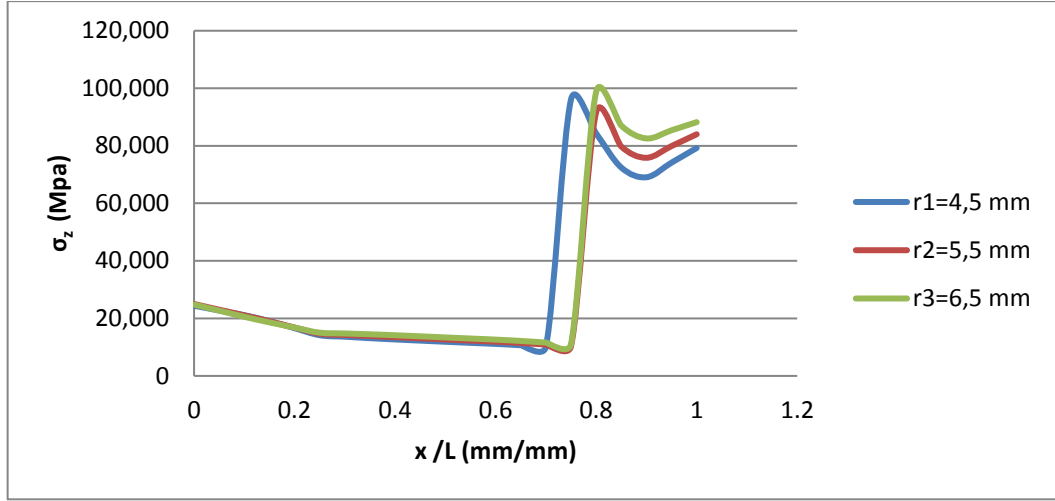
Şekil 6.81 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.40 Çift tarafı $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.82’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri N noktasında küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmelerde azalma görülmektedir. En yüksek gerilmeler P noktasından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta ve $r_3 = 6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir. σ_y gerilmeleri negatif bölgede yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmış ve küçük yarıçap

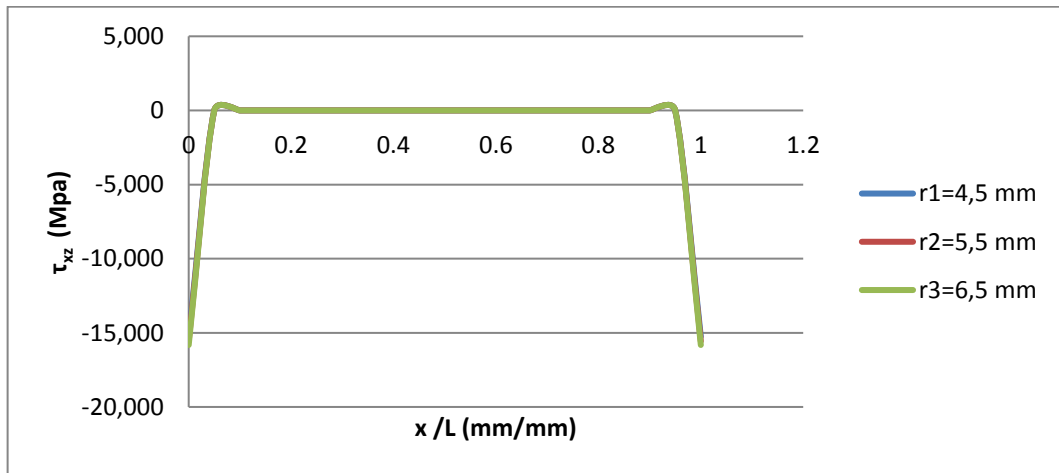
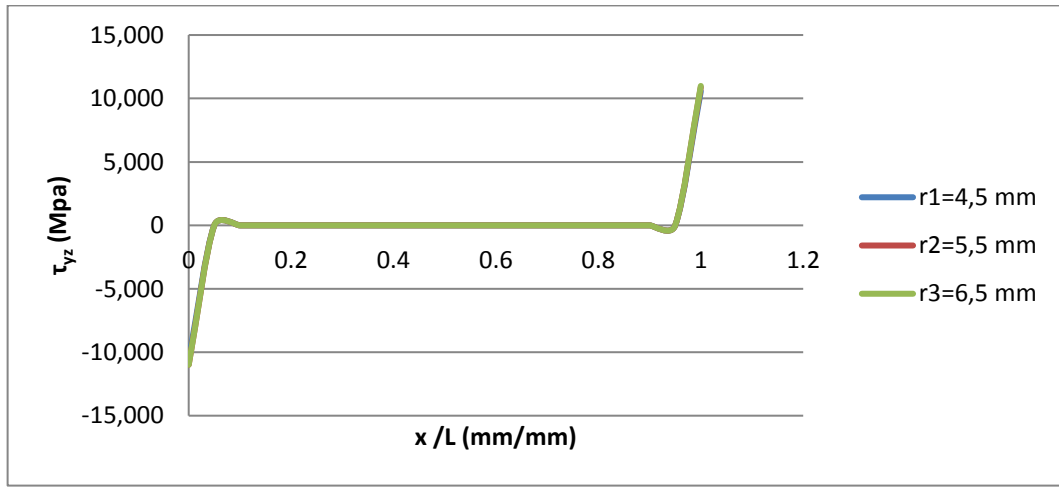
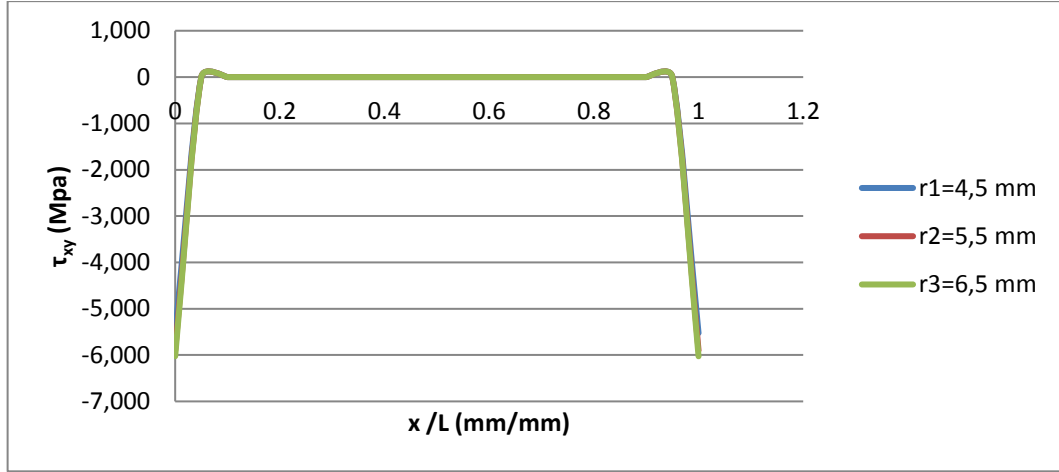
değeri arttıkça gerilmeler de artış göstermektedir. σ_z gerilmeleri de en yüksek gerilme değeri $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir. P noktasında küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmaktadır. Eşdeğer gerilmeler en yüksek gerilme değerine N noktasında ulaşmış ve aynı şekilde küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde de artış görülmektedir.





Şekil 6.82 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

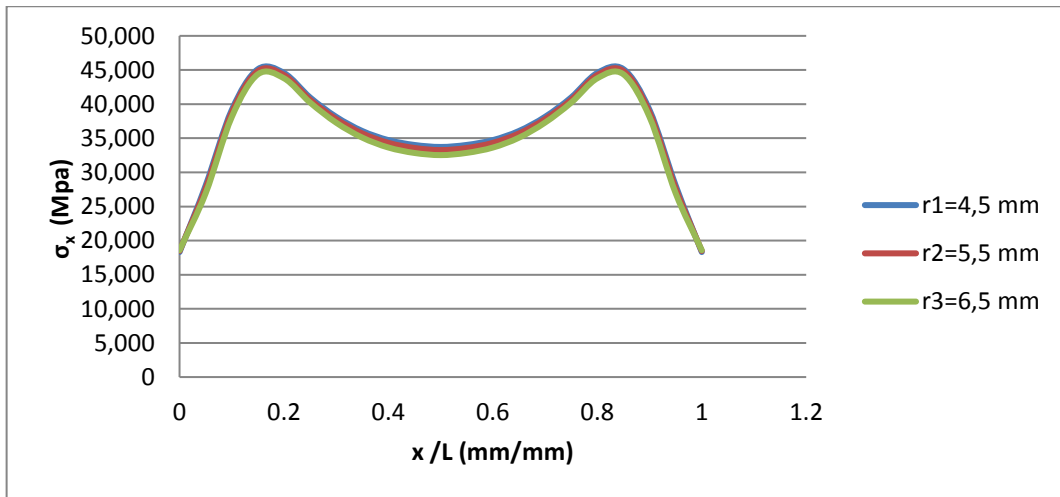
Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.83'te verilmiştir. Tüm kayma gerilmeleri yamanın uç noktalarında maksimum gerilme değeri göstermiş uç noktalardan uzaklaşınca ani bir düşme görülmekte ve orta noktada sıfır değerini alıp sabit kalmaktadır. P noktasına yakınsayınca tekrar artış görülmektedir. Küçük yarıçap değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde etkisi yoktur.

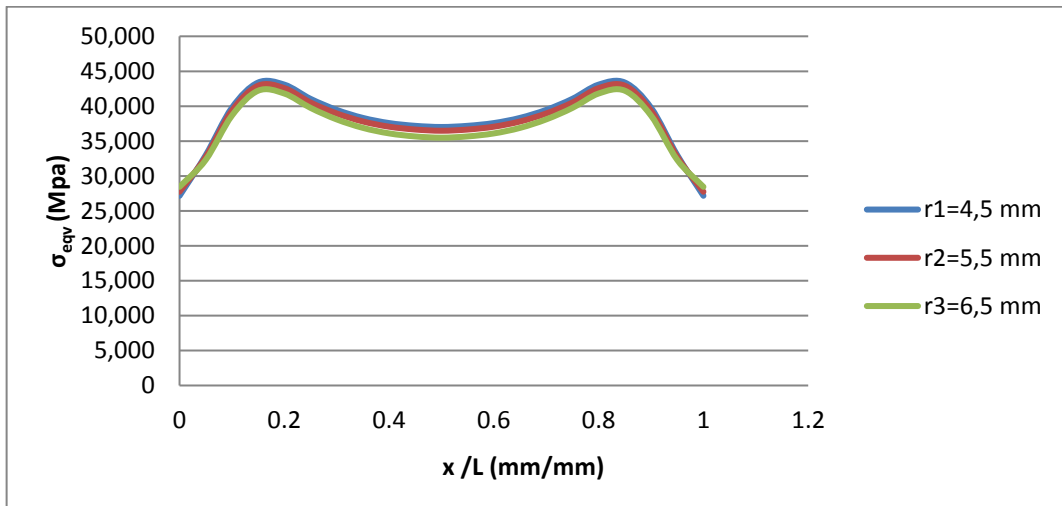
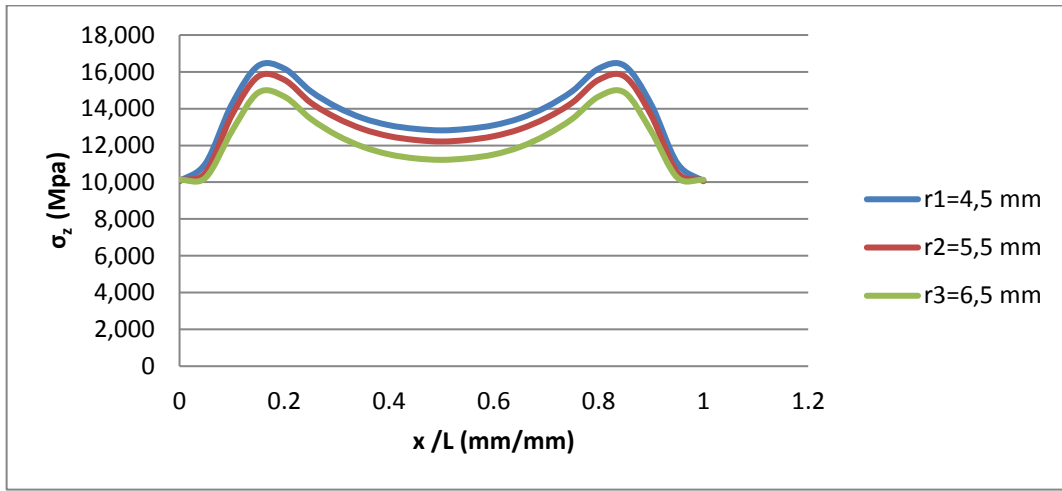
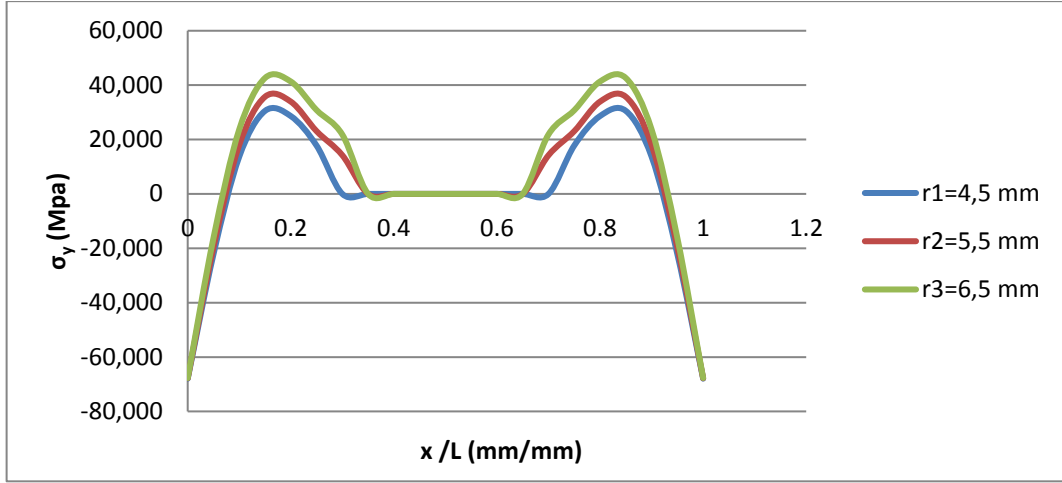


Şekil 6.83 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.41 Çift tarafı WxH=40x32 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

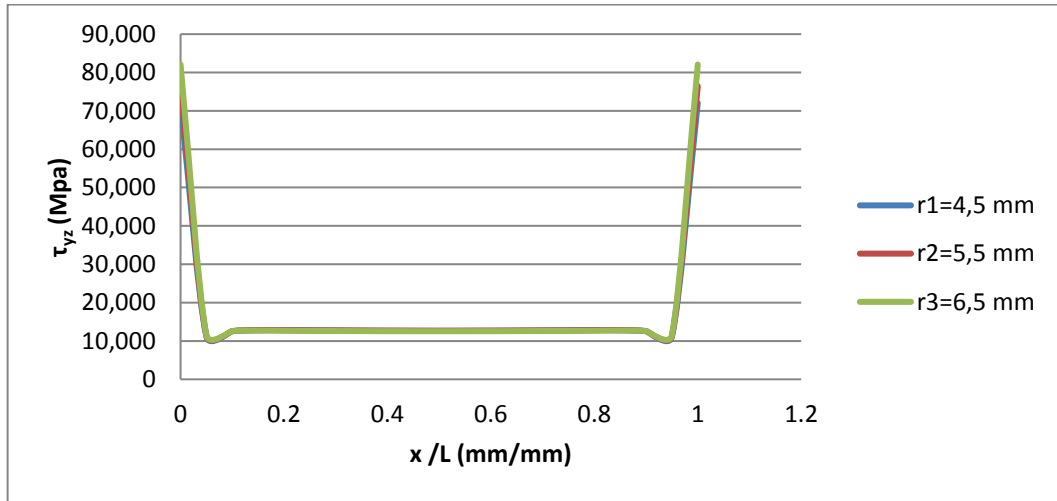
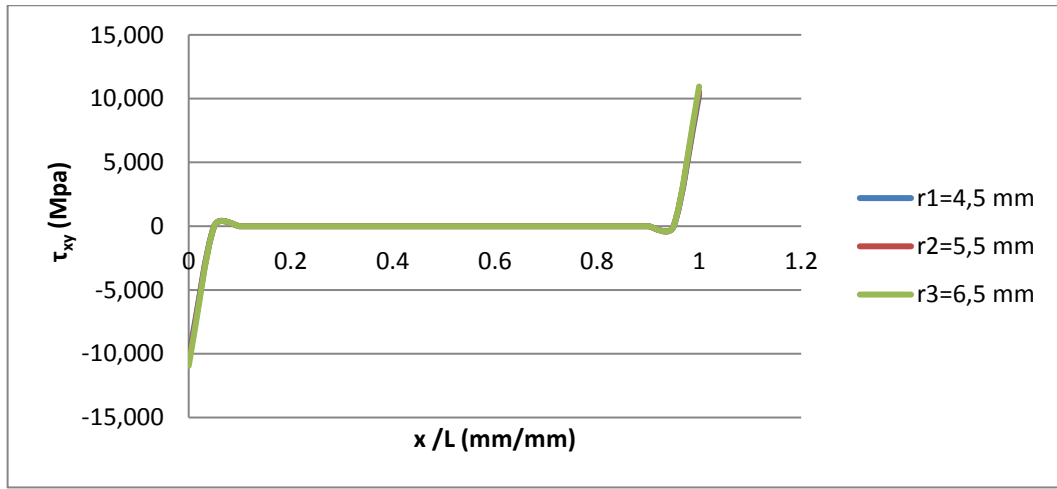
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.84’de verilmiştir. σ_x , σ_z ve eşdeğer gerilmeler karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılımı göstermişlerdir. Yama uçlarında minimum değer almış olup yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıklarda maksimum gerilme değerine ulaşmışlardır. En yüksek gerilme değerine $r_1=4,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşırken küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmelerde azalma görülmektedir. σ_y gerilmeleri ise negatif bölgede yama uçlarında maksimum gerilme değerine ulaşmışlar ve azalarak sıfır olmuş daha sonra pozitif bölgede artış göstermişlerdir. Küçük yarıçap değişimi maksimum gerilmeleri etkilemezken pozitif tarafta en yüksek gerilme $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir.

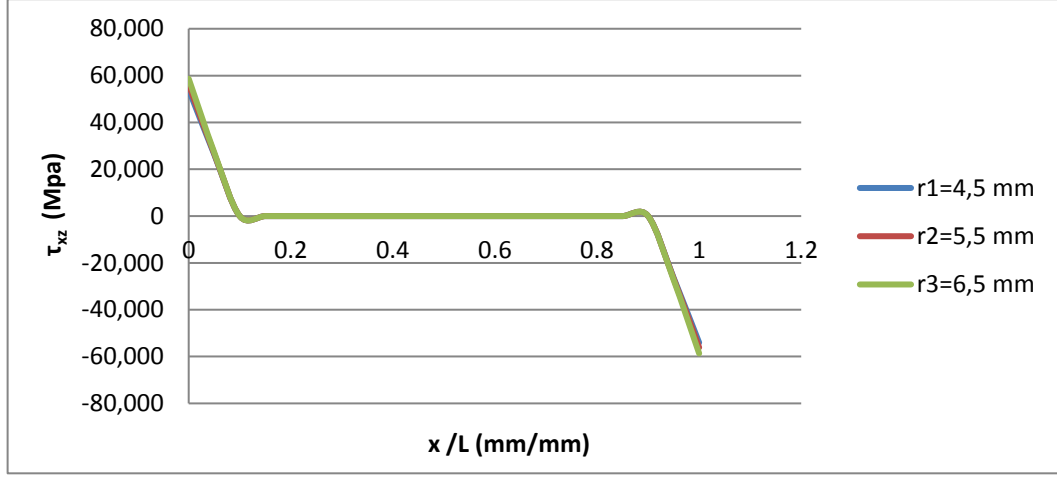




Şekil 6.84 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.85'te verilmiştir. Grafikler incelenirse yama uçlarında maksimum gerilmelerin olduğu görülmektedir. Uç noktalardan uzaklaştıkça ani bir düşme ile orta noktalarda minimum gerilme değerleri görülmektedir. Küçük yarıçap değişimi kayma gerilmelerini etkilememiştir fakat τ_{yz} ve τ_{xz} gerilmelerinde uç noktalarda küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde de artış görülmüştür.

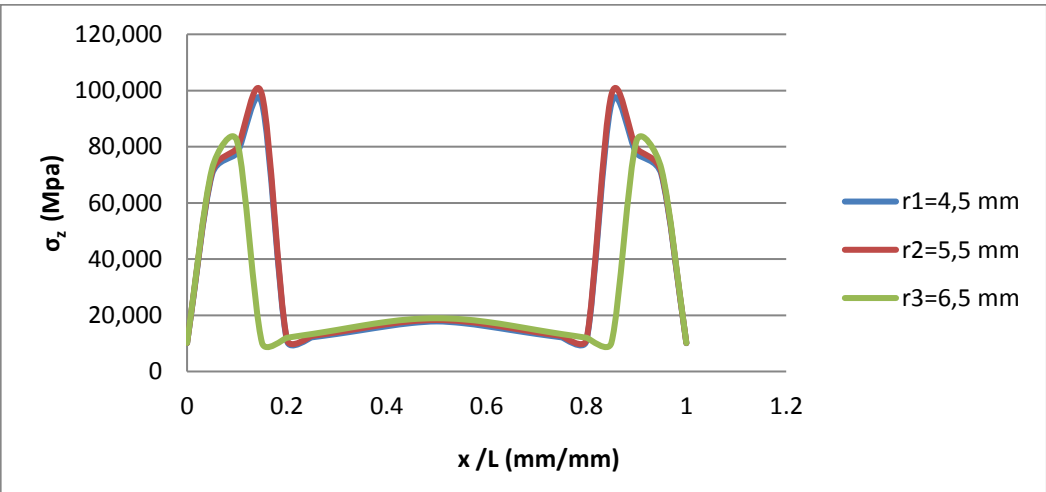
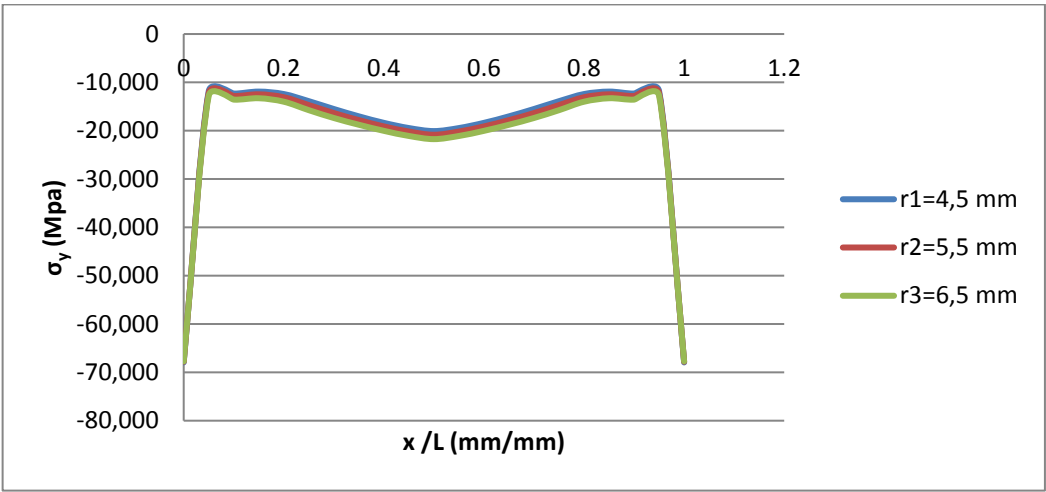
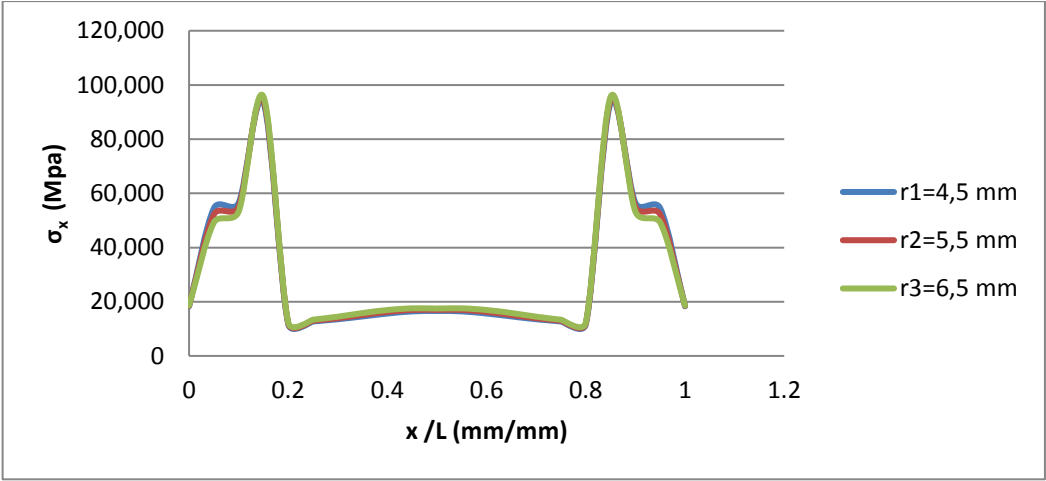


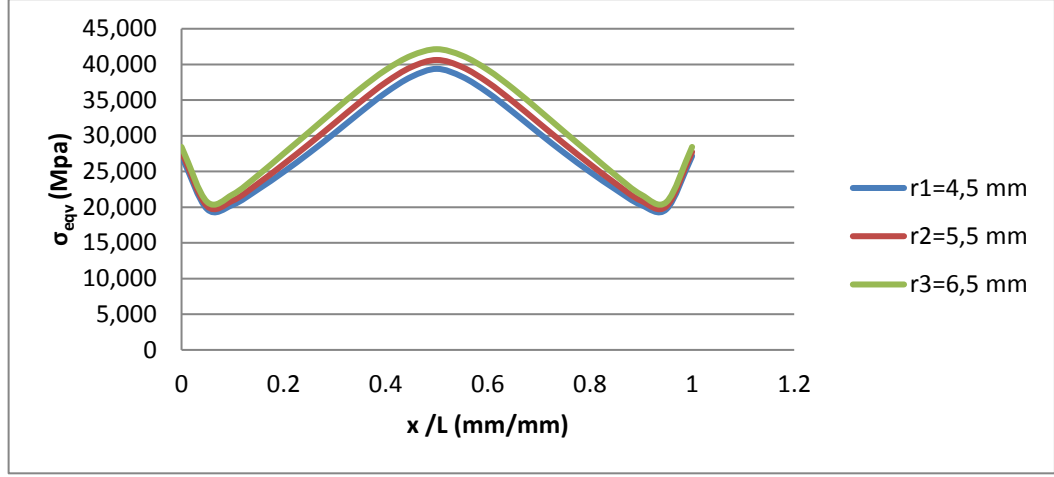


Şekil 6.85 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AB yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.42 Çift taraflı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

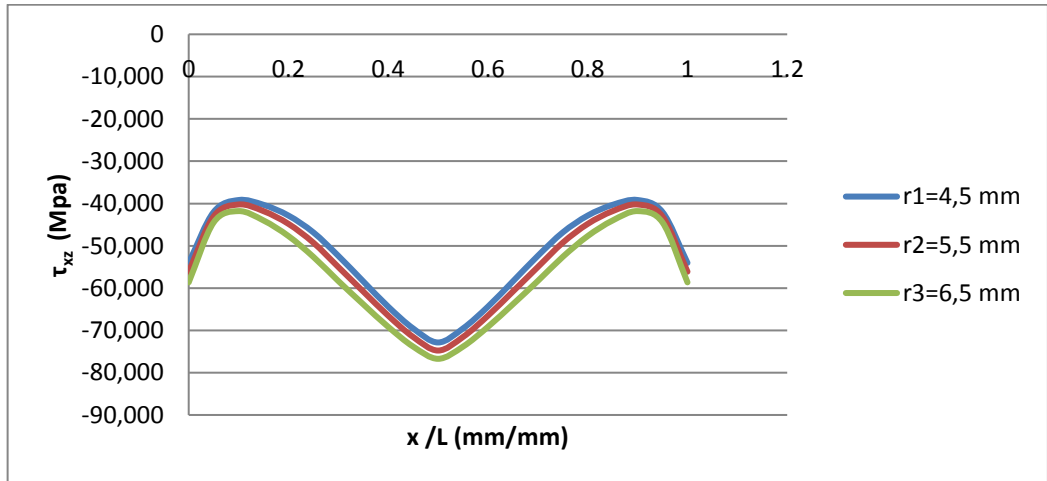
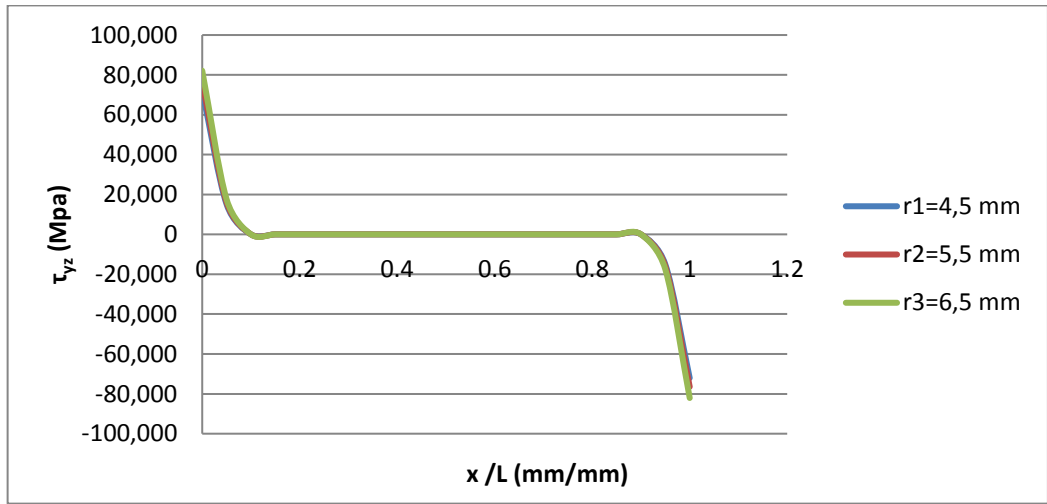
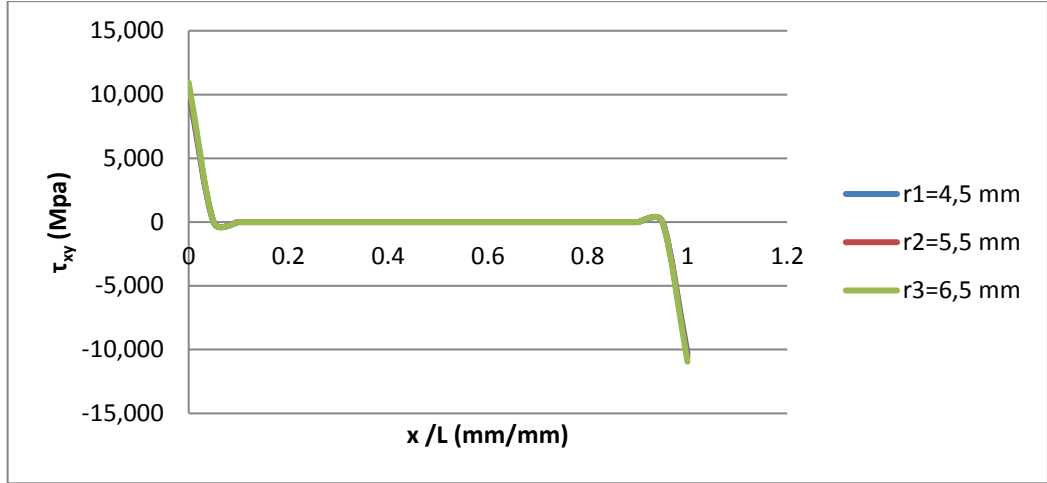
Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.86'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. Küçük yarıçap değişiminin σ_x gerilmeleri üzerinde pek fazla etkisi görülmemektedir. σ_y gerilmeleri yama uçlarında en yüksek gerilme değerini alırken küçük yarıçap değişiminin maksimum gerilmeler üzerinde etkisi görülmemekle beraber orta noktalarda küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmelerde de artış görülmektedir. σ_z gerilmeleri de σ_x gerilmelerine benzer gerilme dağılımı göstermişlerdir fakat maksimum σ_z gerilmesi $r_2 = 5,5$ mm küçük yarıçap değerinde olan numunede görülmektedir. Eşdeğer gerilmeler ise yamanın orta noktasında en yüksek gerilme değerlerini almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir.





Şekil 6.86 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

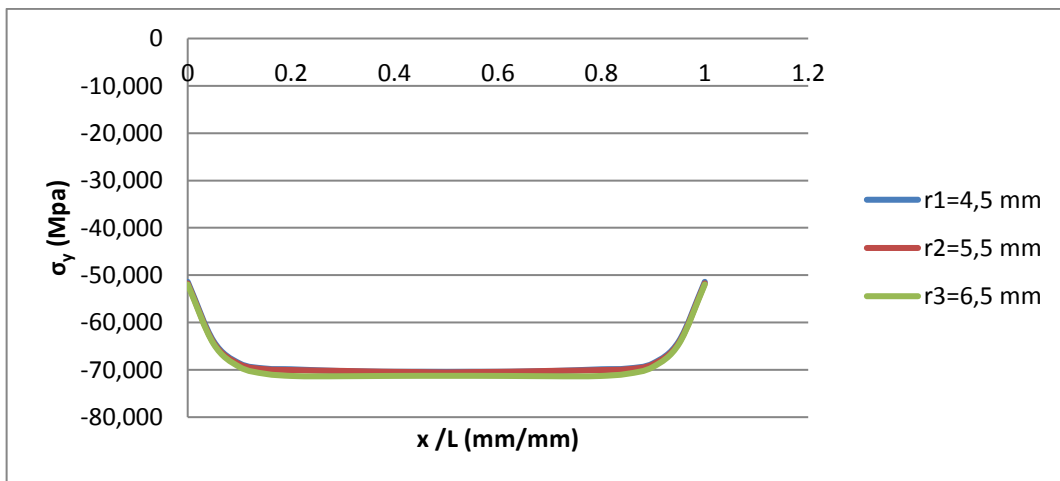
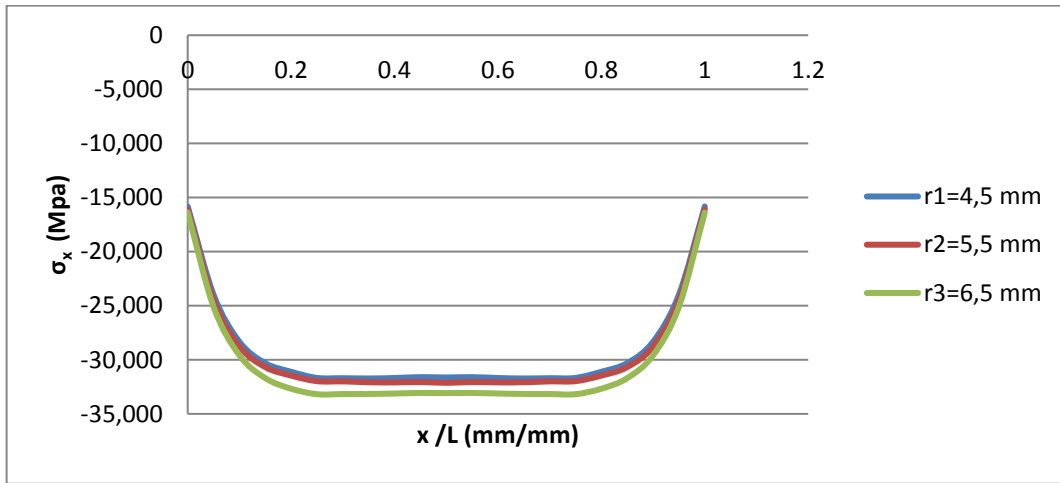
Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.87’de verilmiştir. τ_{xy} ve τ_{yz} gerilmeleri birbirine benzer gerilme dağılımı göstermişlerdir. Yama uçlarında pozitif bölgede maksimum gerilme değeri almışlar uç noktalardan uzaklaştıkça azalarak sıfır değerini almış H noktasına yaklaşınca negatif bölgede artış göstermiştir. τ_{xy} gerilmeleri küçük yarıçap değişiminden etkilenmemiş fakat küçük yarıçap arttıkça τ_{yz} gerilmelerinin maksimum değerlerinde artış gözlemlenmiştir. τ_{xz} gerilmeleri ise negatif bölgede ve orta noktada en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır.

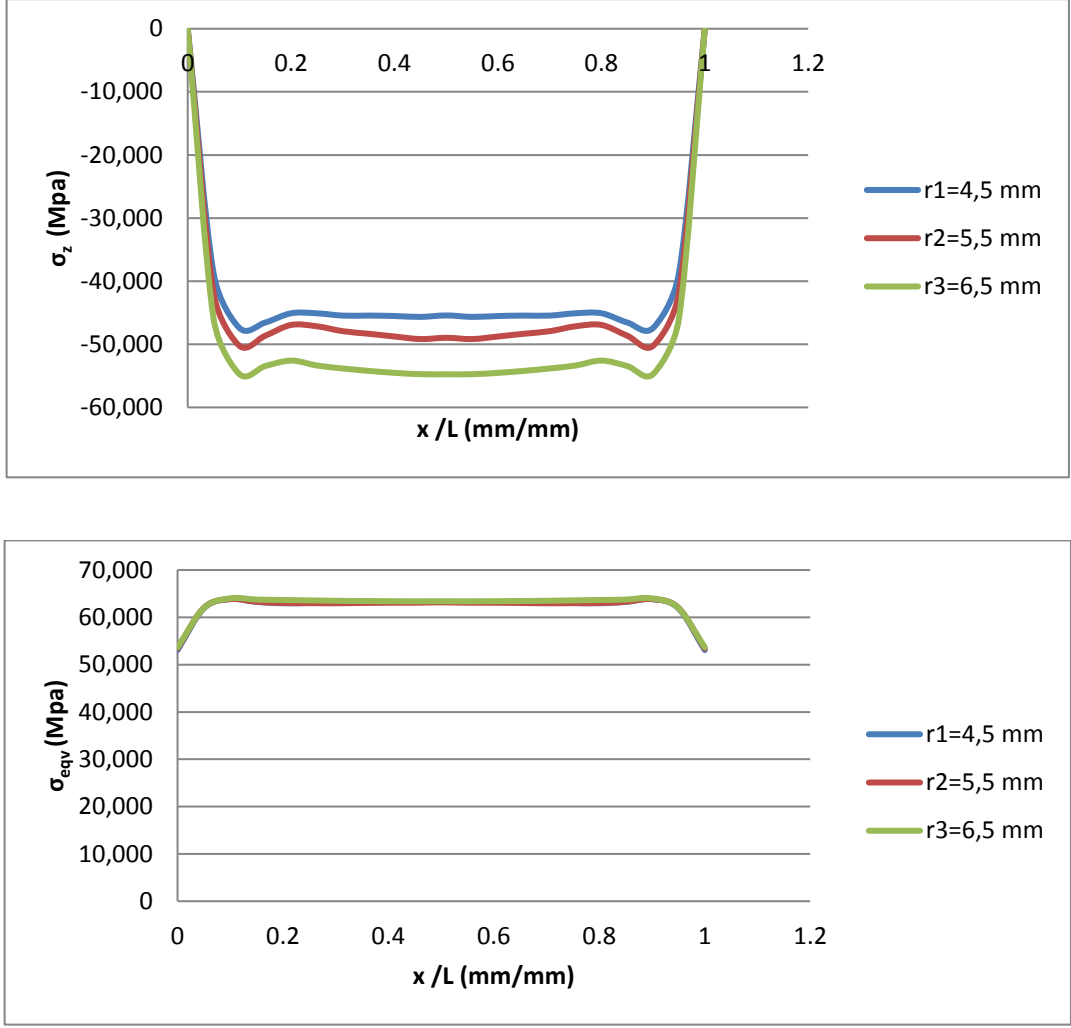


Şekil 6.87 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin BH yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.42 Çift tarafı WxH=40x32 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

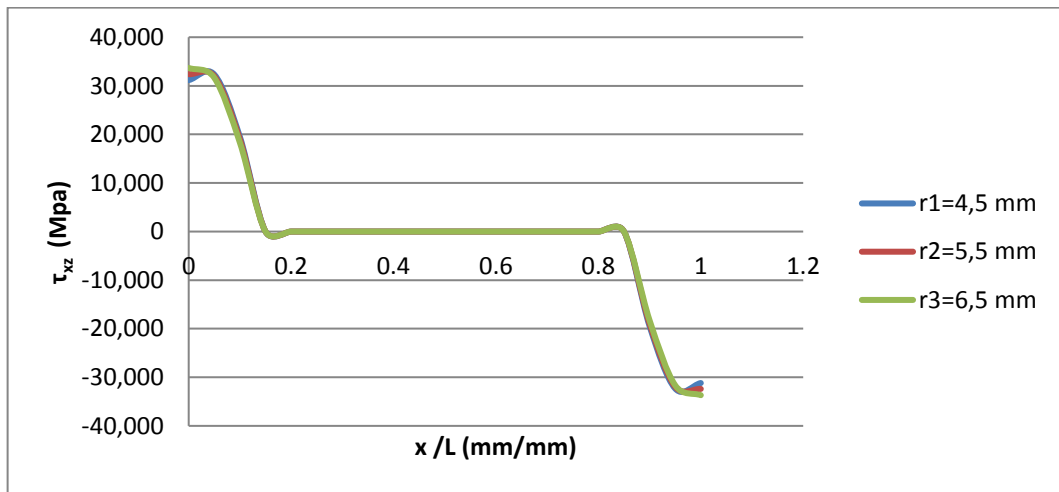
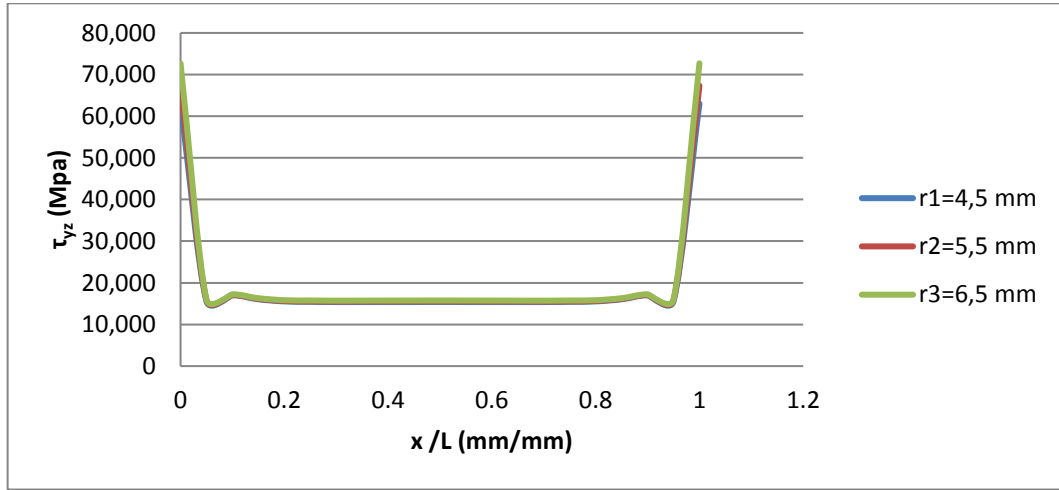
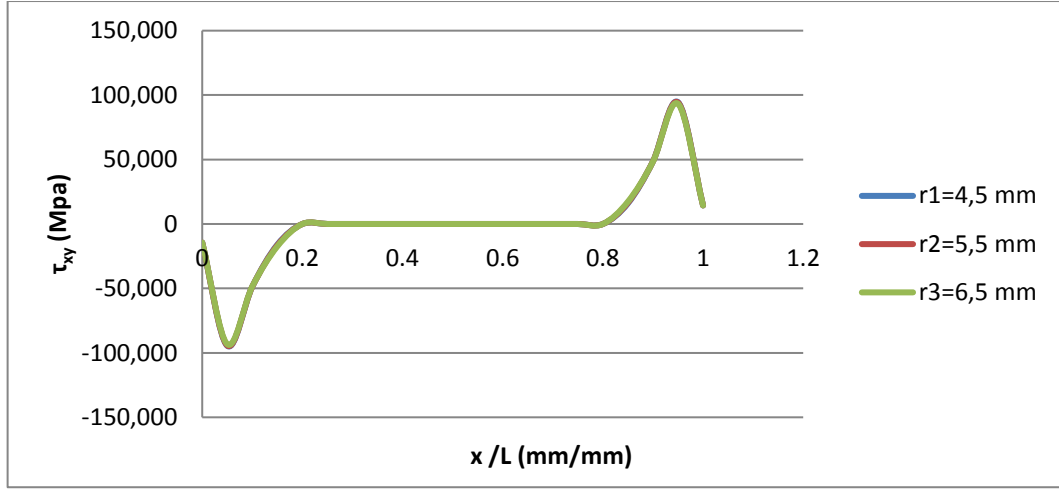
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.88’de verilmiştir. Tüm gerilmeler yaklaşık birbirine benzer gerilme dağılımı göstermişlerdir. σ_x ve σ_z gerilmeleri negatif bölgede gerilmeler göstermiş olup en yüksek gerilme değeri $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmüş ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler de artış göstermiştir. σ_y gerilmeleri ve eşdeğer gerilmeler de yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum gerilme değerini göstermiş olup küçük yarıçap değişiminin çok fazla etkisi görülmemektedir.





Şekil 6.88 Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

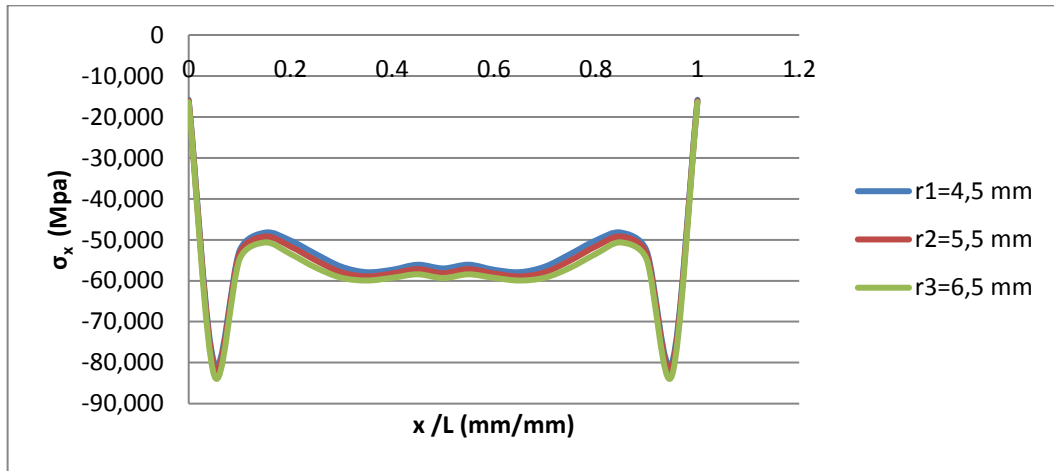
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.89’da verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uç noktalarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmıştır ve küçük yarıçap değişiminin τ_{xy} gerilmeleri üzerinde etkisi yoktur. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında en yüksek gerilme değerini almış ve küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilmeler de azalmıştır. τ_{xz} gerilmeleri de yama uçlarında $r_3=6,5$ mm değerine sahip olan numunede en yüksek değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilmelerde de azalma gözlemlenmektedir. Maksimum gerilmeler dışında küçük yarıçap değişiminin τ_{xz} gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir.

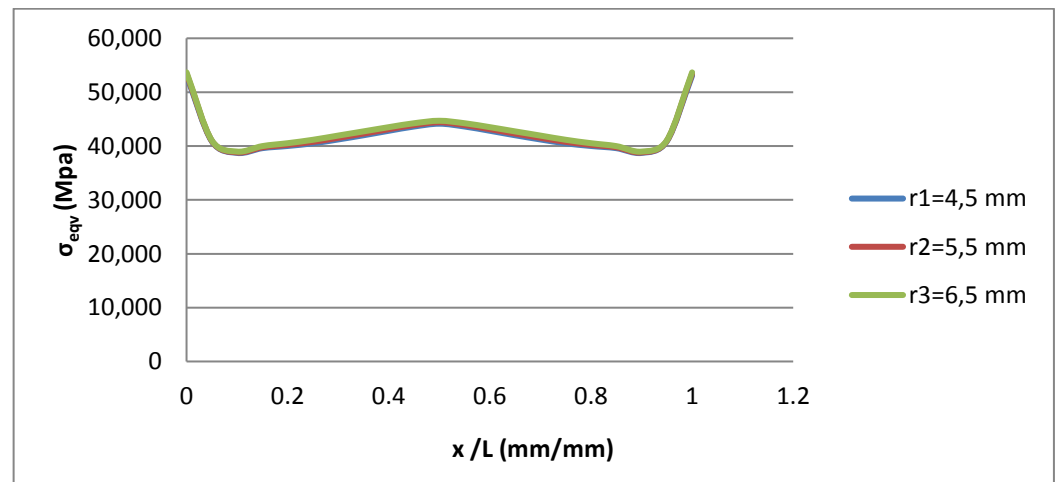
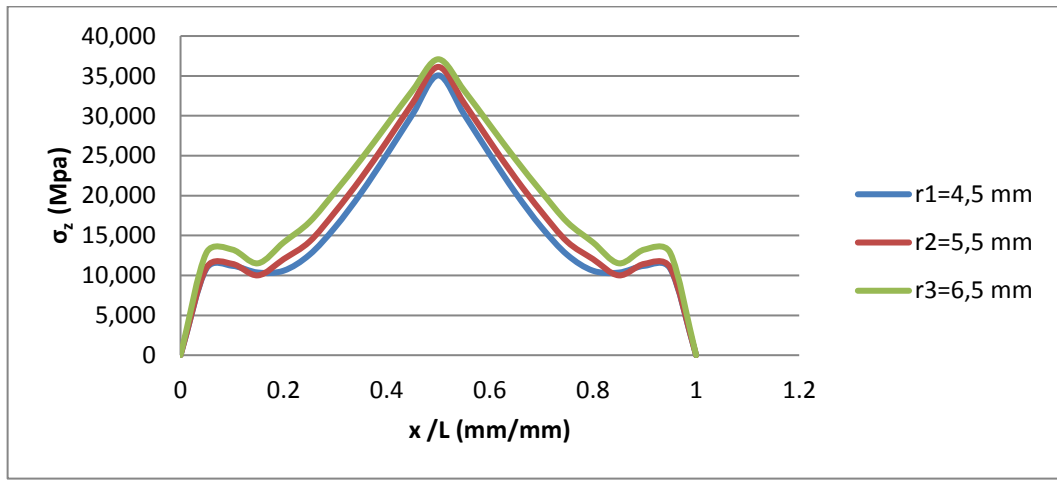
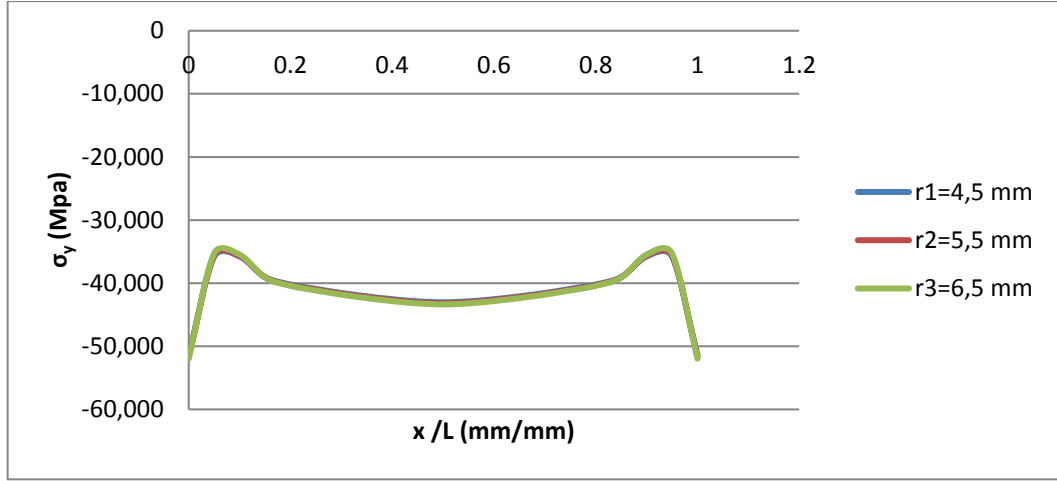


Şekil 6.89 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin CD yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.43 Çift tarafı WxH=40x32 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

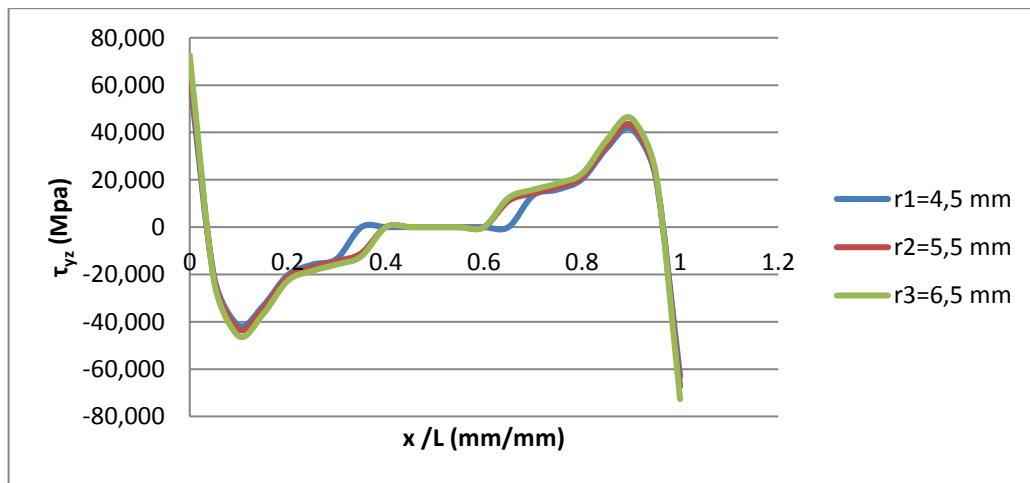
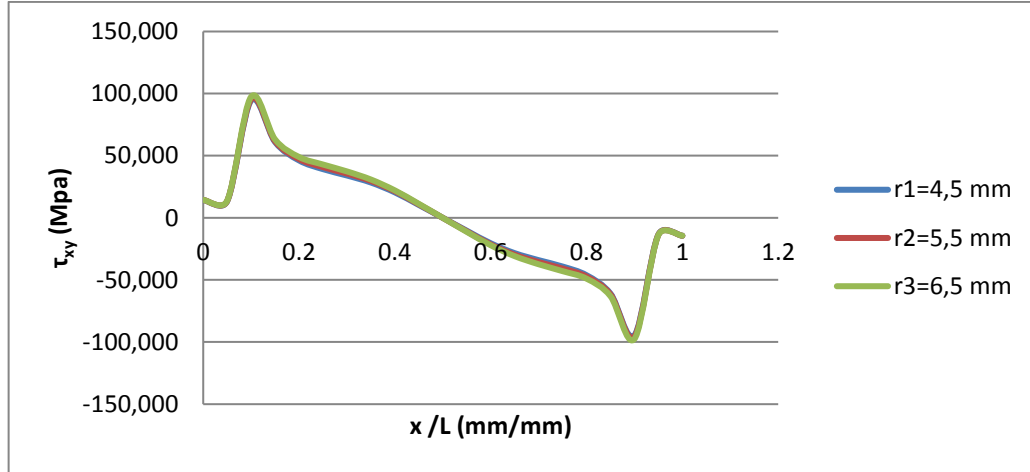
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.90'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri yamanın uç noktalarında negatif bölgede minimum değerini almış uç noktalarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değerleri de artmıştır. σ_y gerilmeleri yama uçlarında en yüksek gerilme değerini almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler de değişme görülmemektedir. σ_z gerilmeleri en yüksek değerine orta noktada $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmış ve küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilmeler de azalmıştır. Eşdeğer gerilme dağılımları incelenirse yama uçlarında maksimum gerilme değerleri görülürken küçük yarıçap değişiminin gerilmeleri değiştirmedeği görülmektedir.

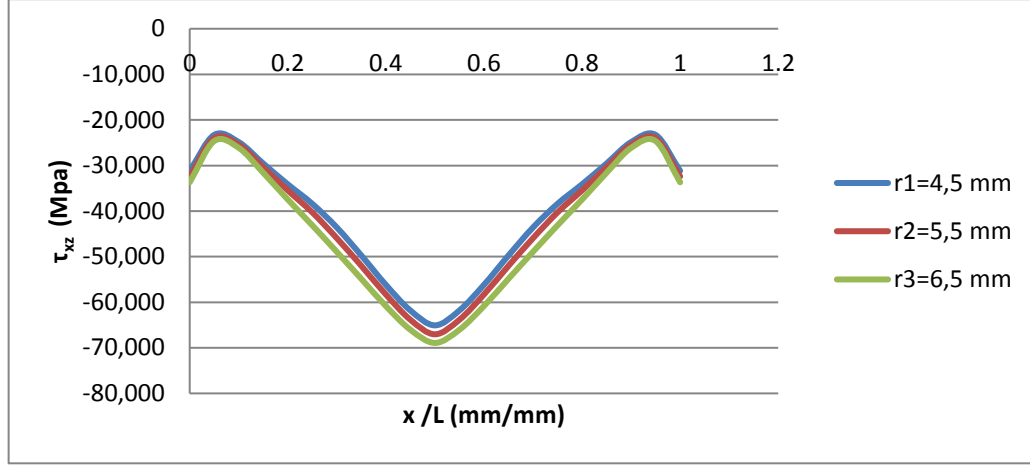




Şekil 6.90 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.91’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yama uçlarında minimum gerilme değerine yakın bir değer göstermiş uç noktalardan yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değere ulaşmış sonra tekrar azalarak sıfır değerini almış ve negatif tarafta artmaya devam etmiştir. Küçük yarıçap değişimi τ_{xy} gerilmelerini değiştirmemiştir. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarında maksimum değerini almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır. τ_{xz} gerilmeleri ise negatif bölgede ve orta noktada $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip numunede en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilmeler de azalmıştır.

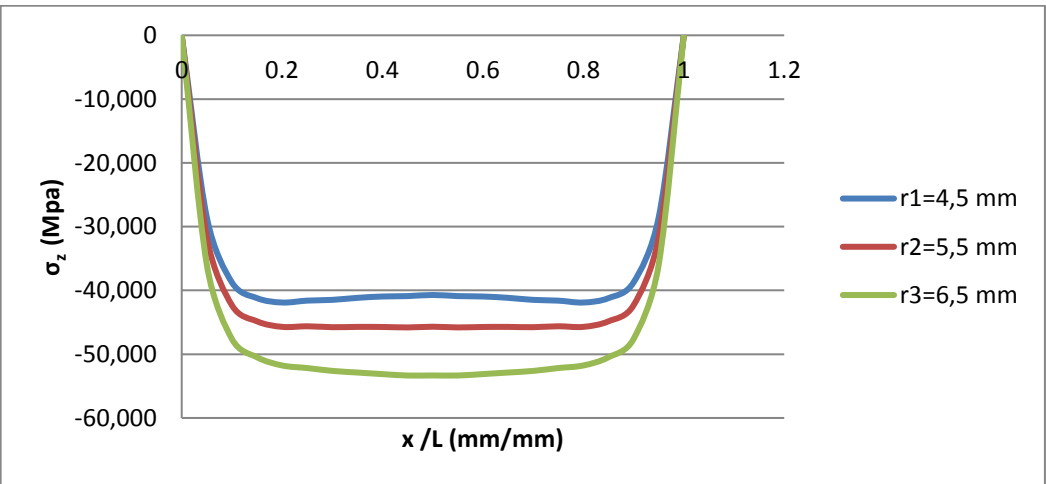
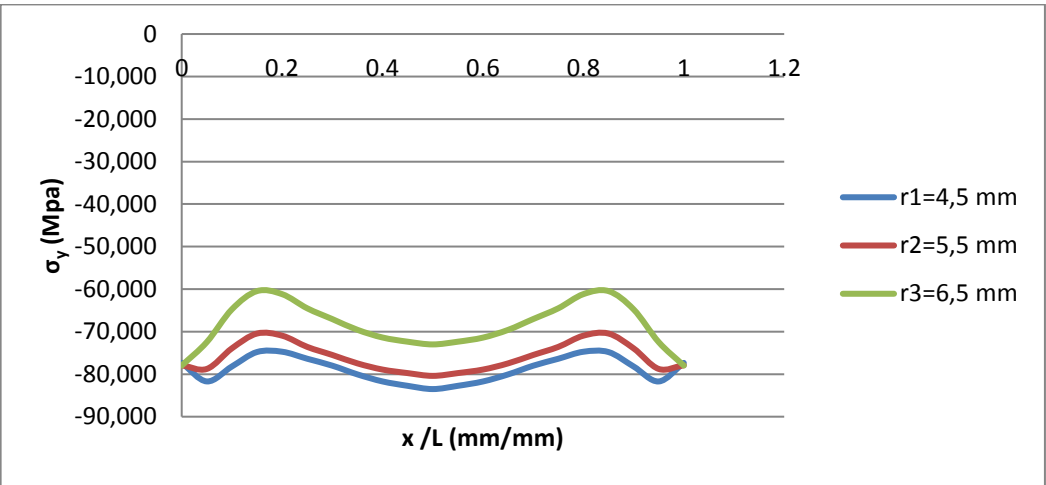
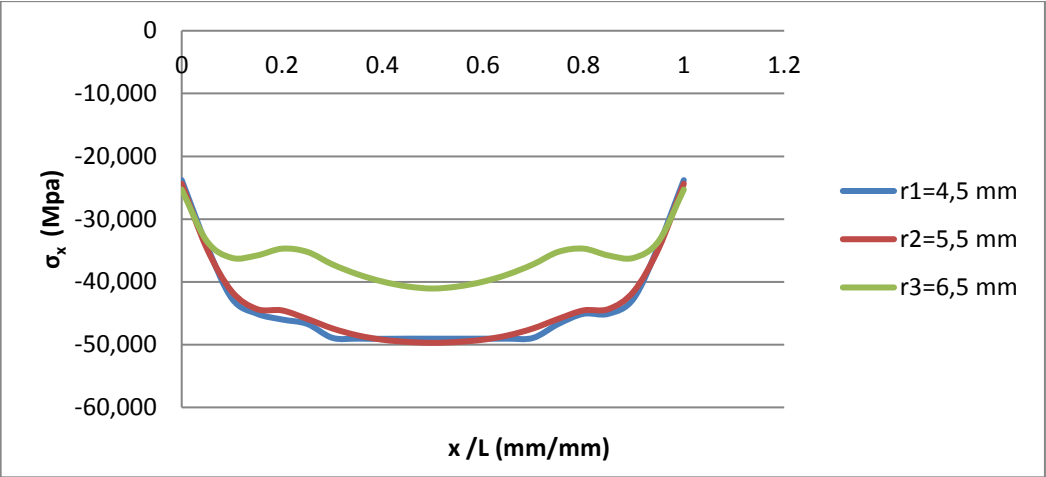


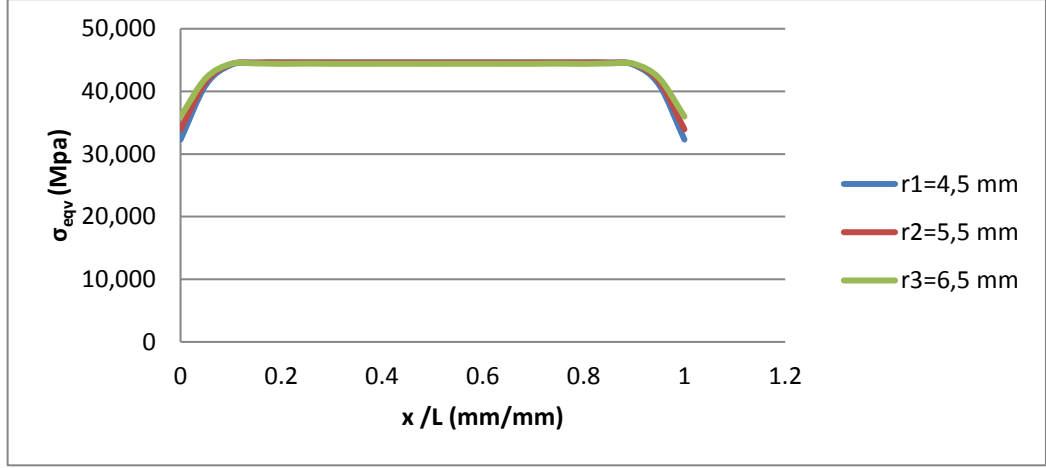


Şekil 6.91 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin DL yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.44 Çift tarafı $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

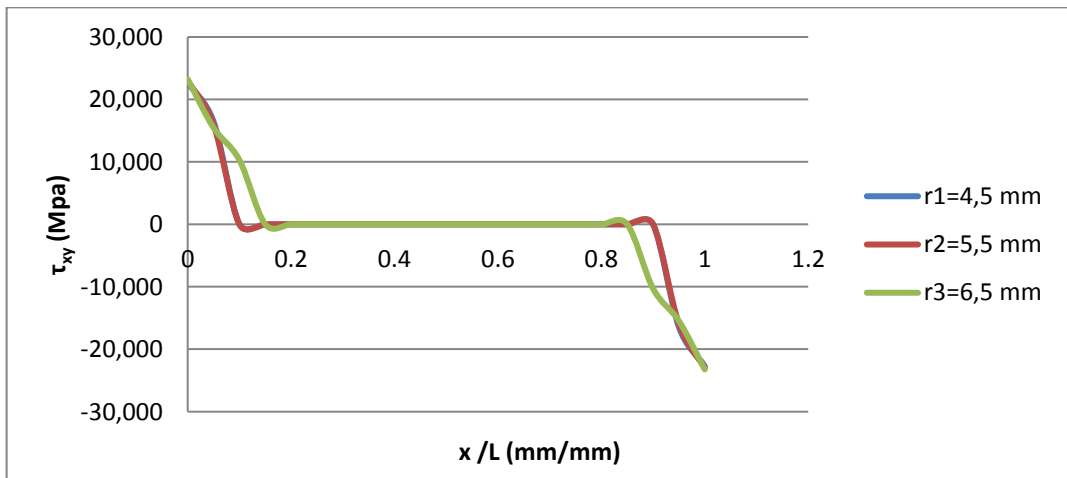
Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.92’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri incelenirse yama uçlarında en düşük gerilmeler görülmekte ve küçük yarıçap değeri arttıkça minimum gerilmeler de artış göstermektedir. Maksimum σ_x gerilmeleri orta noktada $r_2=5,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip numunede görülmektedir. $r_3=6,5$ mm en büyük küçük yarıçap değerine sahip numune en düşük maksimum gerilme değerini almıştır. σ_y gerilmeleri en yüksek gerilme değerine $r_1=4,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmıştır. σ_z gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta maksimum değer almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise yama uçlarında minimum gerilme değerlerini almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça minimum gerilmeler de artmıştır. 0,2 ile 0,8 br arasında en yüksek gerilme değerini göstermiş olup küçük yarıçap değişiminin maksimum gerilmeler üzerinde etkisi yoktur.

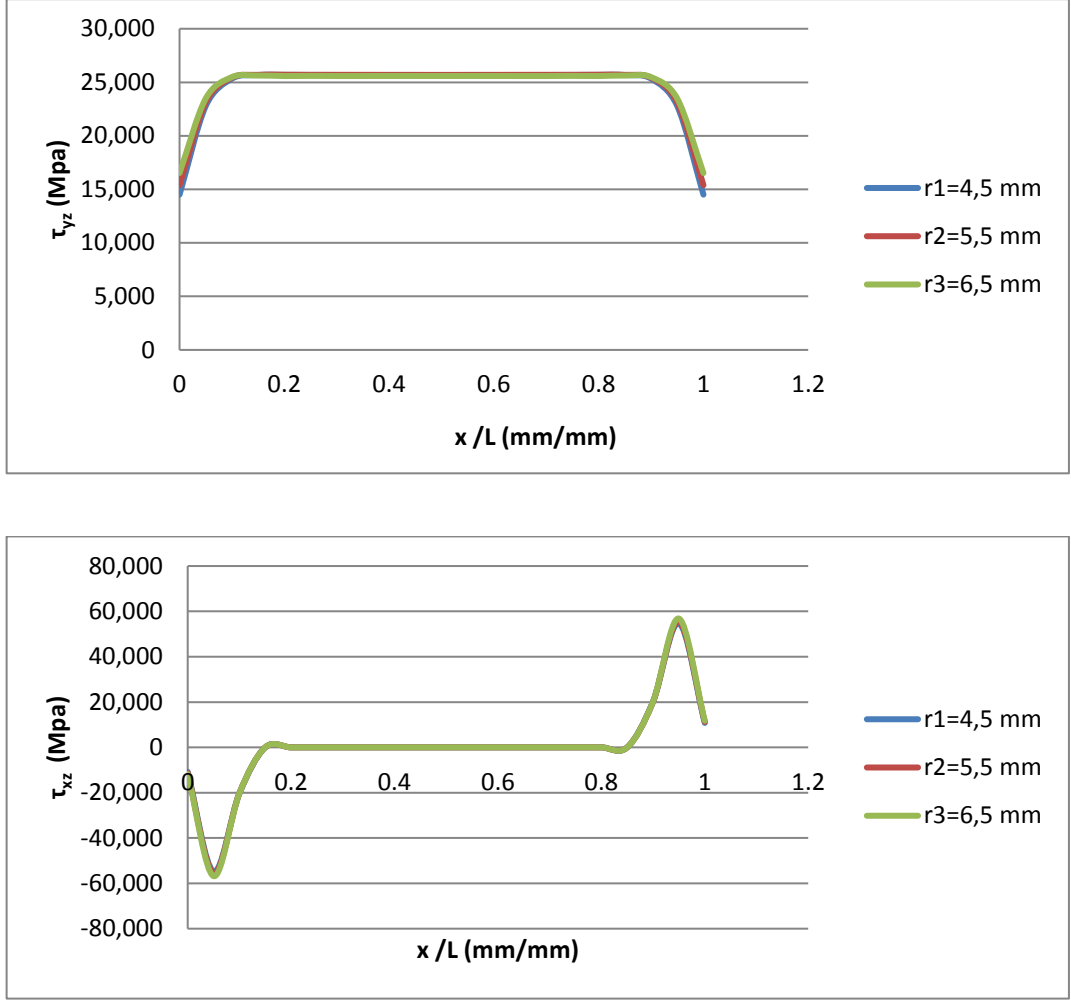




Şekil 6.92 Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.93'te verilmiştir. Küçük yarıçap değişiminin maksimum gerilmeleri üzerinde etkisi yoktur. Fakat küçük yarıçap değeri attıkça τ_{yz} gerilmelerinin minimum değeri artış göstermiştir. τ_{xy} gerilmelerinin maksimum gerilme değeri yama uçlarında görülmektedir. τ_{yz} gerilmeleri elips uçlarına yakın bir noktada maksimum gerilme değerini almıştır. τ_{xz} gerilmeleri ise yama uç noktalarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta en yüksek gerilme değerini almıştır.



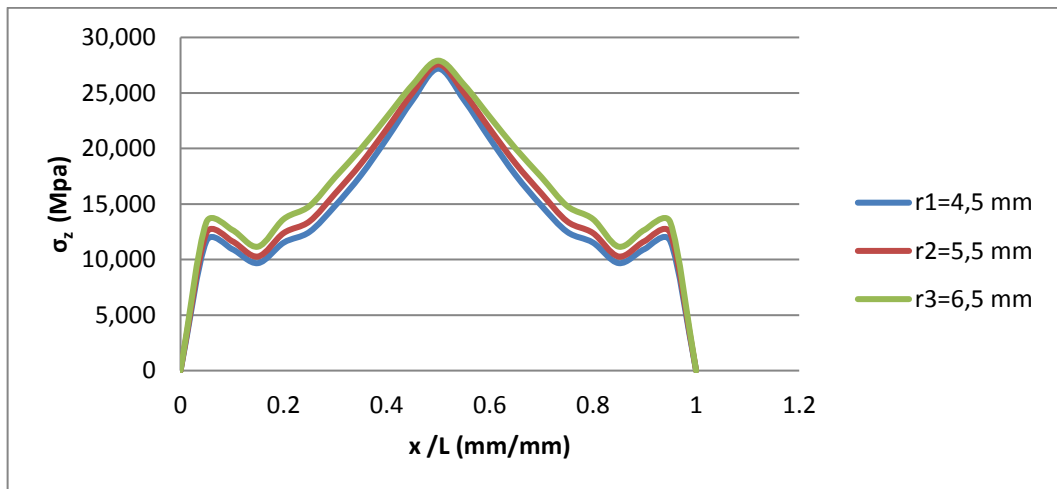
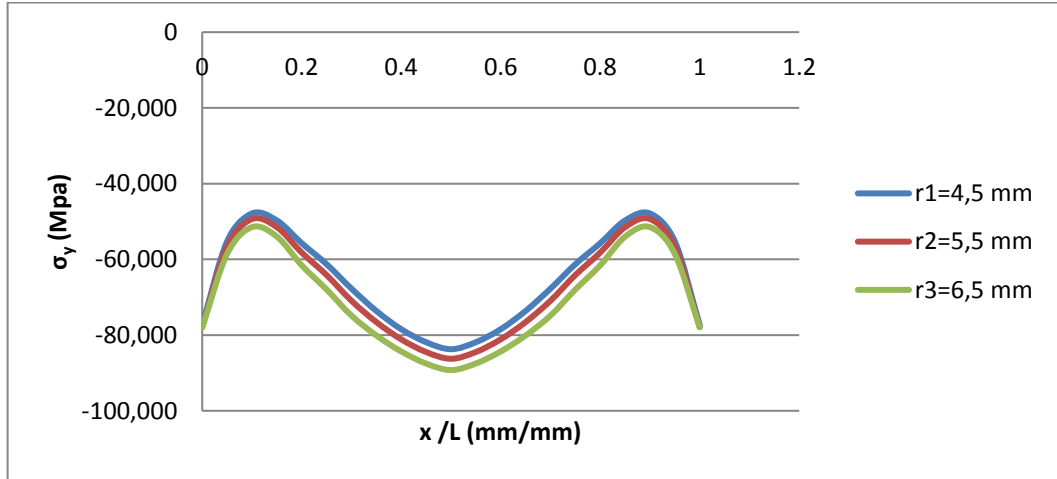
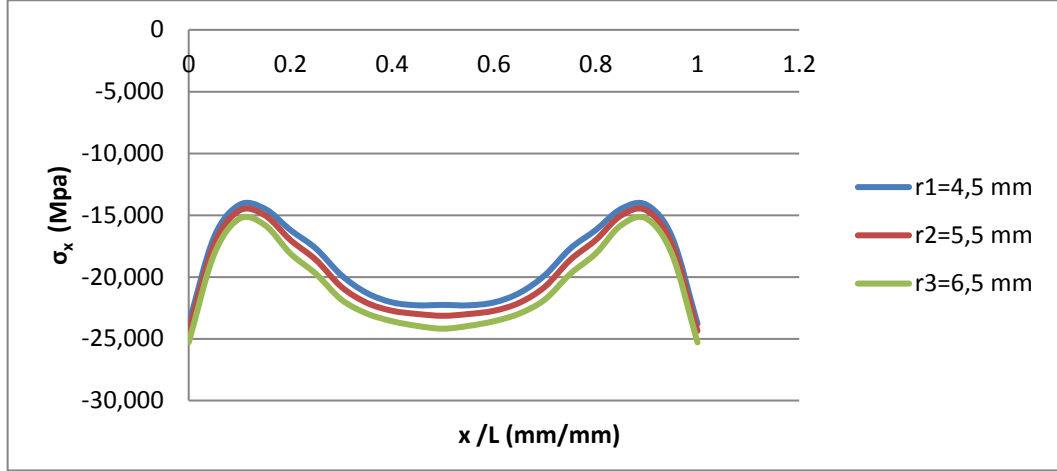


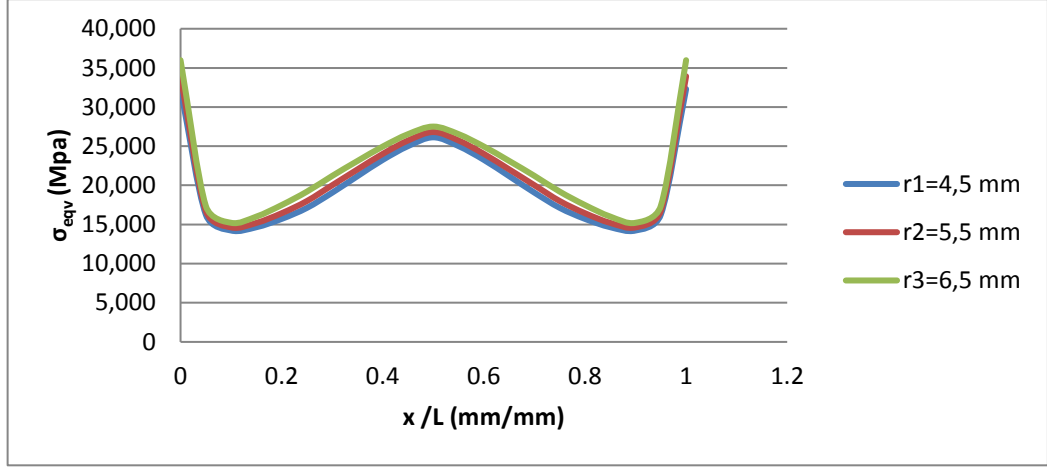
Şekil 6.93 Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin EF yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.45 Çift taraflı $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

Çift taraflı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri Şekil 6.94’de verilmiştir. σ_x ve σ_{eqv} gerilmeleri birbirine benzer gerilme dağılımı göstermiş fakat σ_x gerilmeleri negatif bölgede σ_{eqv} gerilmeleri pozitif bölgede gerilme dağılımı göstermişler ve yama uçlarında maksimum gerilme değerleri görülmektedir. Küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir. σ_z ve σ_y gerilmeleri de birbirine benzer dağılım göstermiş olup orta noktada maksimum gerilme değerleri $r_3 = 6,5$ mm yarıçap değerine sahip olan

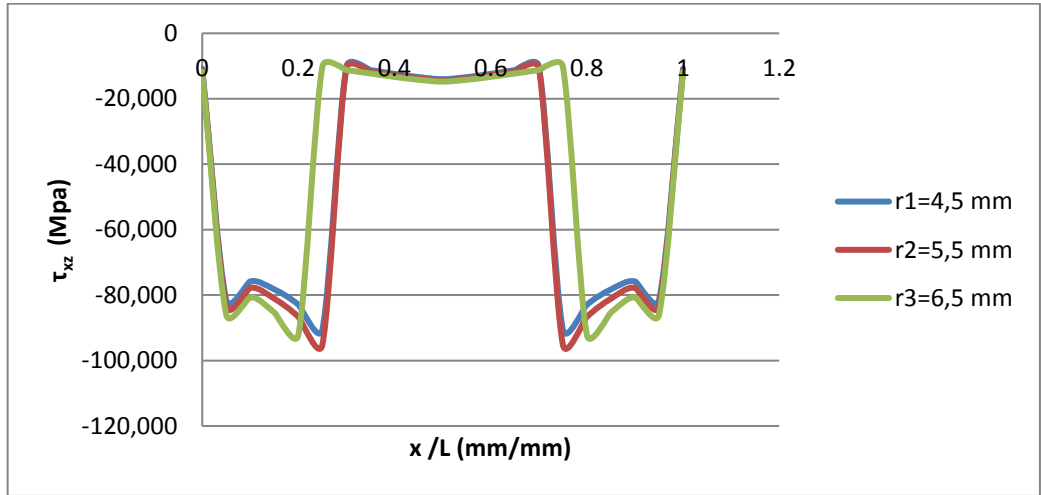
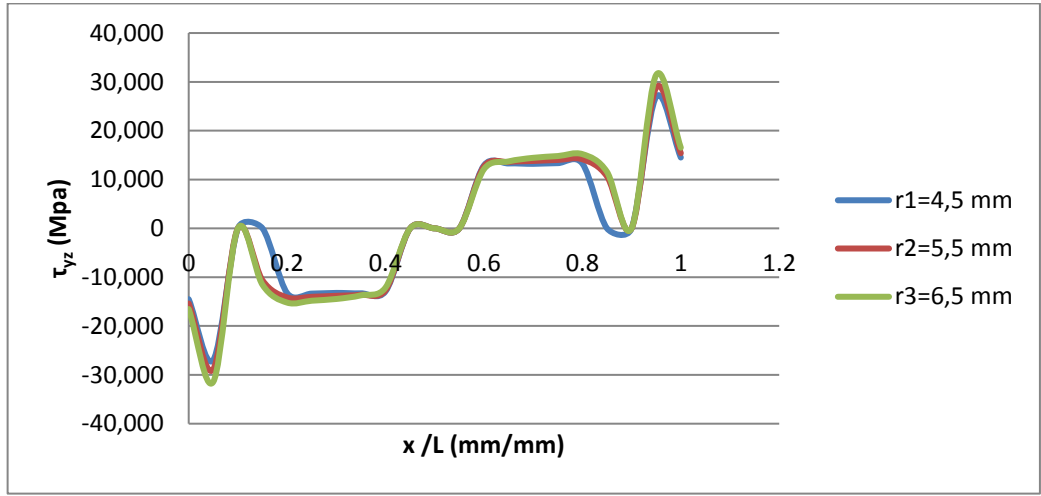
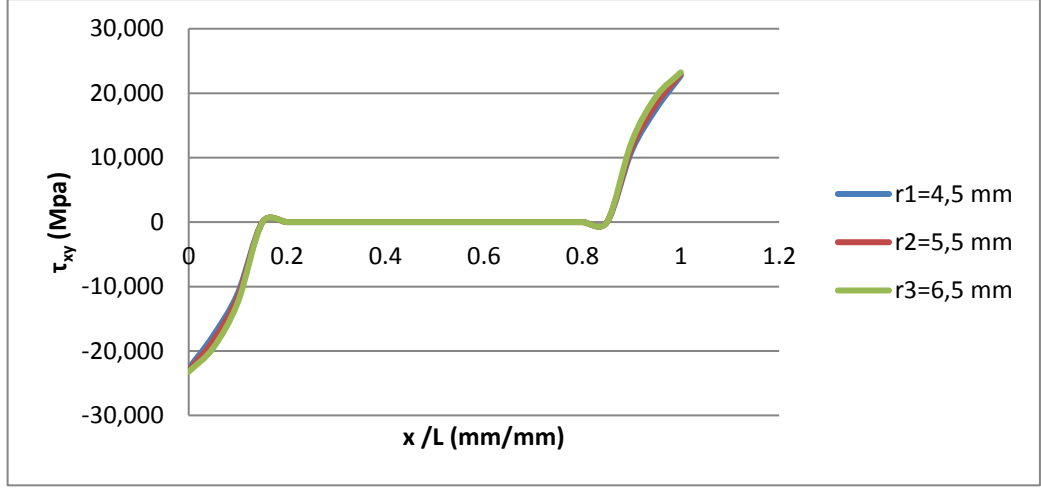
numunelerde görülmekte ve küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmaktadır.





Şekil 6.94 Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

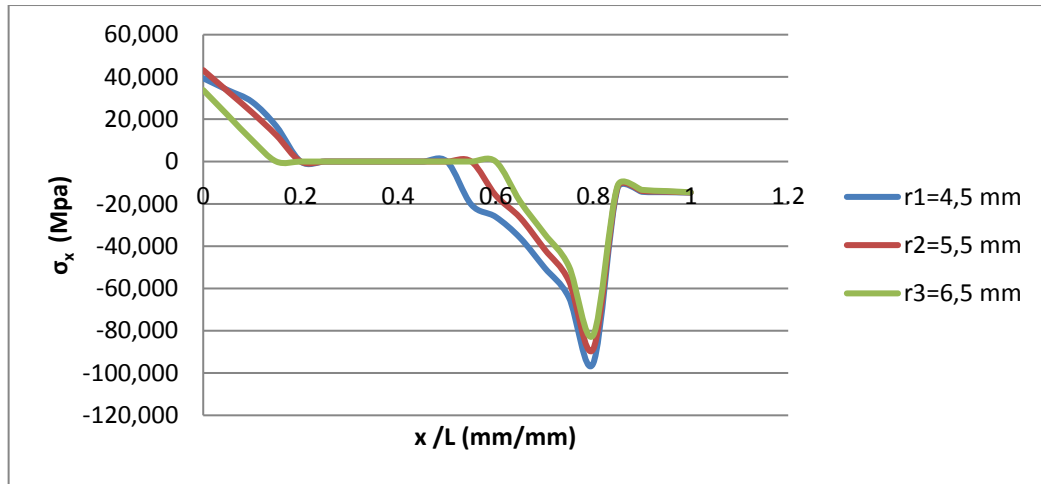
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.95'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yamanın uç noktalarında maksimum gerilme değerine ulaşmış F noktasından uzaklaşınca ani düşme gösterip sıfır değerini almıştır. K noktasına yaklaşıncaya kadar sıfır değerinde sabit kalmıştır. Küçük yarıçap değişiminin τ_{xy} gerilmeleri üzerinde pek fazla etkisi görülmemektedir. τ_{yz} gerilmeleri yama uçlarından yaklaşık 0,1 br uzaklıkta en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir. τ_{xz} gerilmeleri ise en yüksek gerilme değerine $r_2=5,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmıştır.

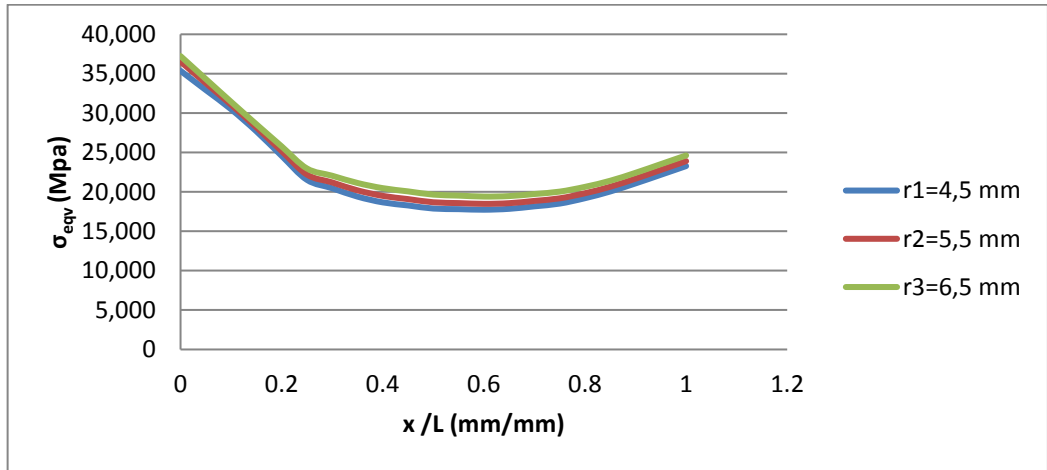
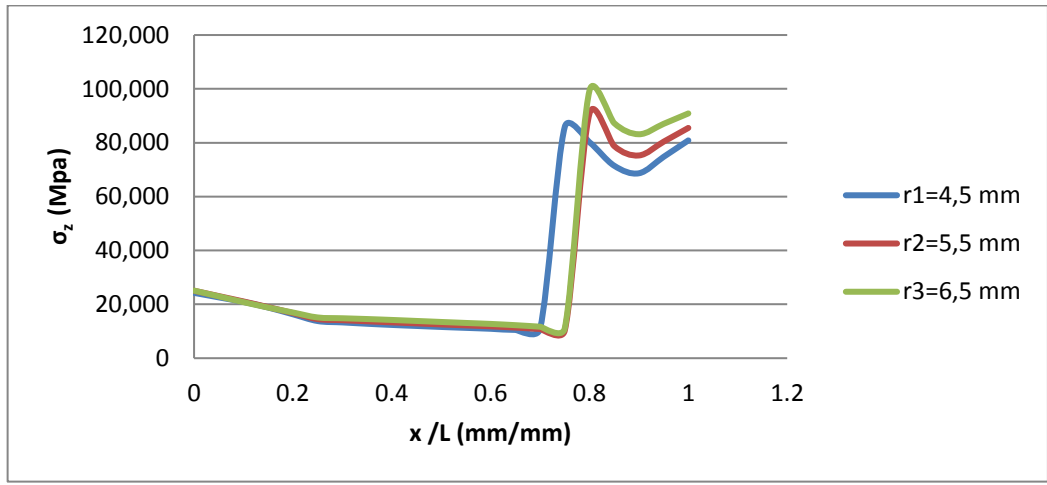
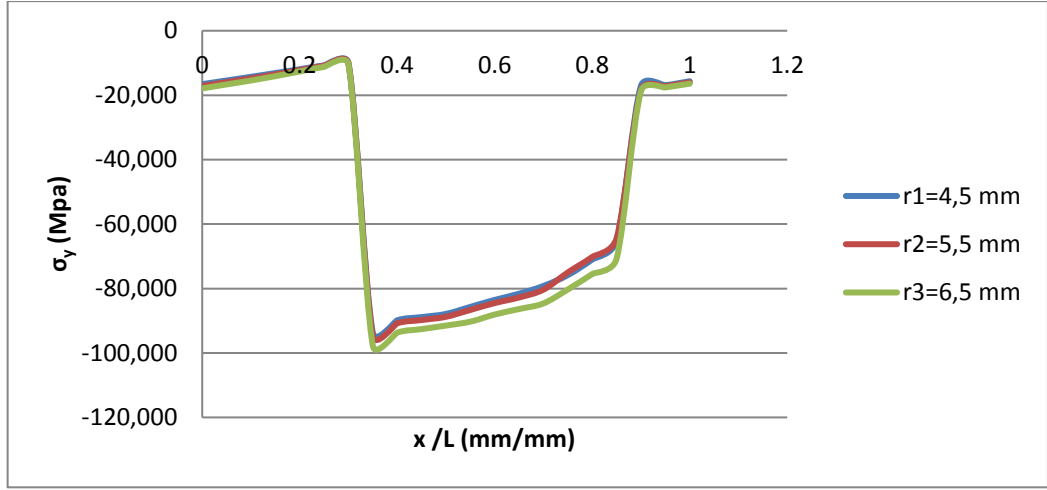


Şekil 6.95 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin FK yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.46 Çift tarafı WxH=40x32 mm boyutlarında yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

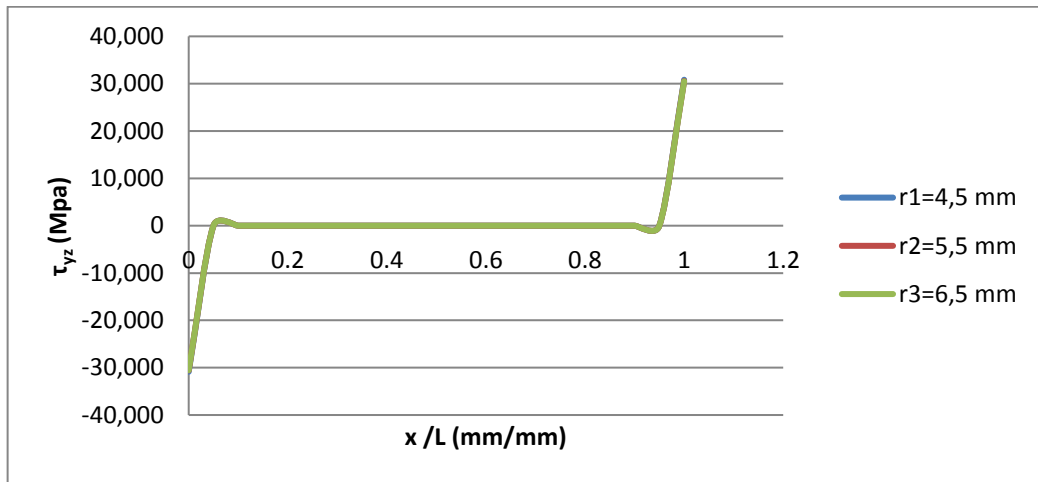
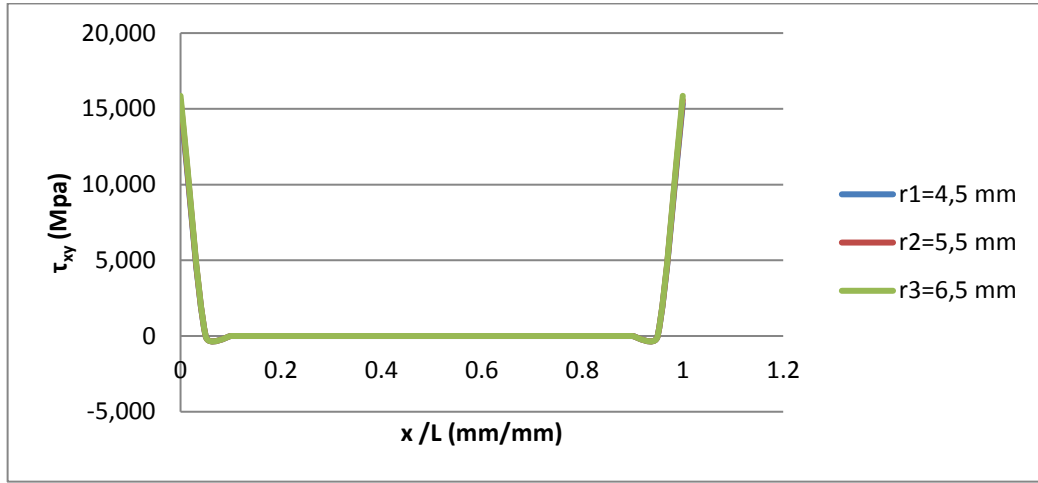
Çift tarafı yamalı, elips delikli R =12 mm WxH=40x32 mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri şekil 6.96'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri maksimum gerilme değerine P noktasından yaklaşık 0,2 br uzaklıkta ve $r_1=4,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede negatif bölgede ulaşmıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça σ_x gerilmeleri azalmıştır. σ_y gerilmeleri N ve P noktalarından yaklaşık 0,3 br uzaklıklarda maksimum değerini almışlardır. σ_z gerilmelerinin maksimum değeri P noktasına yaklaştıkça $r_3=6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numunede görülmektedir. Eşdeğer gerilmeler ise en yüksek gerilme değerine N noktasında ulaşmaktadır. σ_x gerilmeleri dışındaki tüm gerilmeler de küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmaktadır.

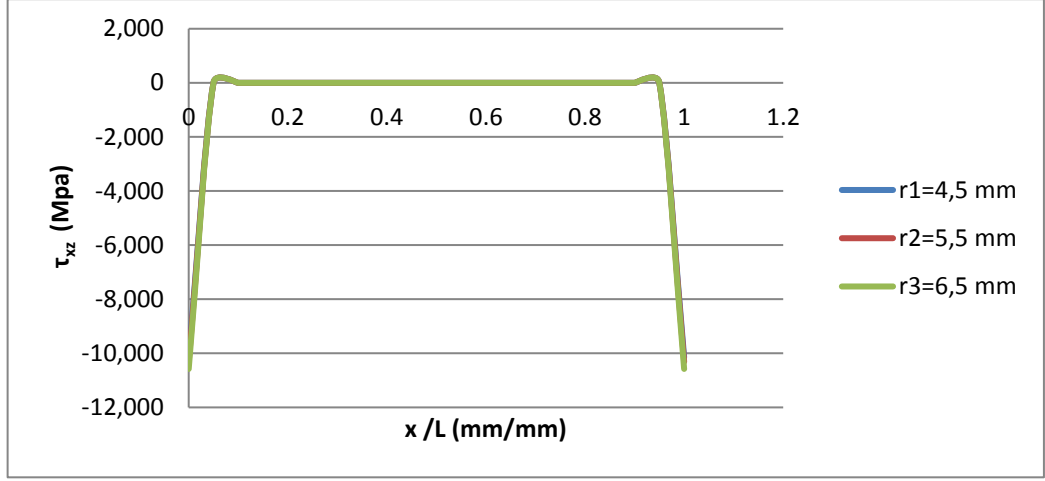




Şekil 6.96 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R=12$ mm $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılım grafikleri

Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri şekil 6.97’de verilmiştir. Tüm kayma gerilmeleri yamanın uç noktalarında maksimum gerilme değeri göstermişler uç noktalardan uzaklaşınca ani düşme görülmekte ve P noktasına yaklaşan kadar minimum gerilme değerinde sabit kalmaktalar ve P noktasına yaklaşınca tekrar artarak maksimum gerilme değerine ulaşmışlardır. Küçük yarıçap değişiminin kayma gerilmeleri üzerinde etkisi yoktur.

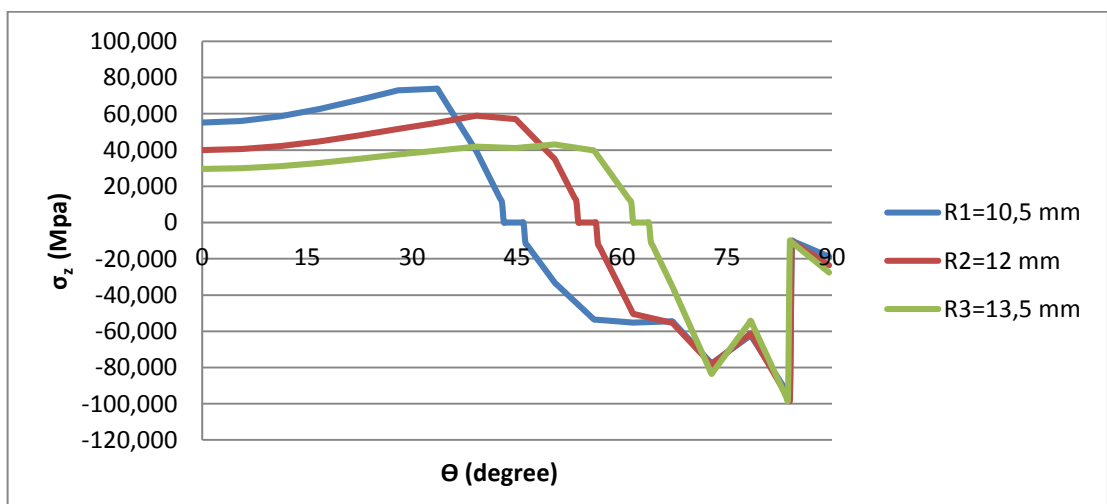
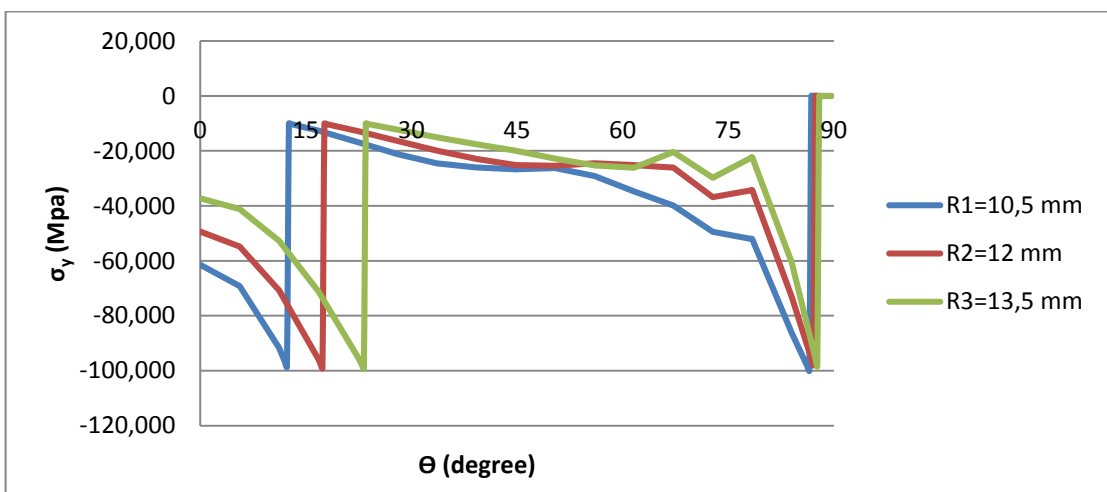
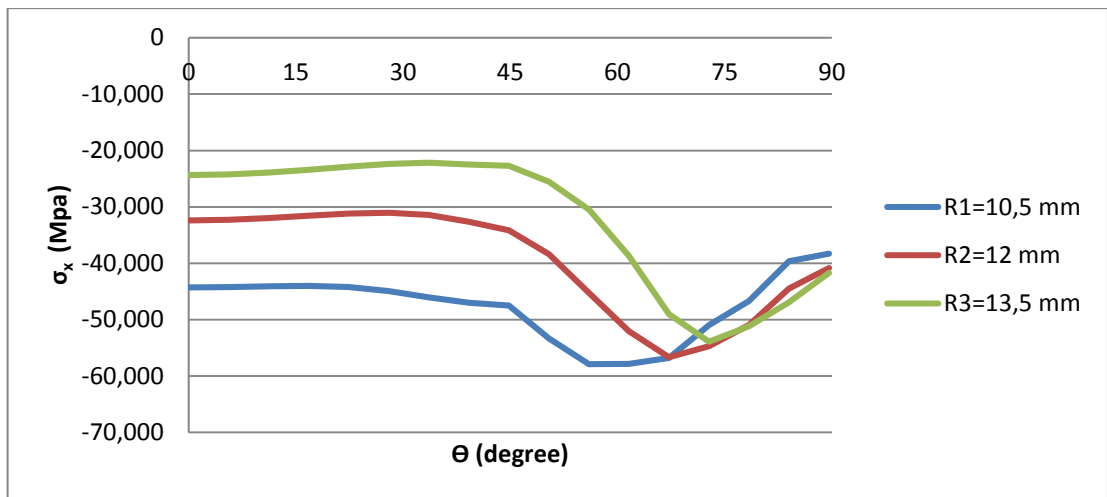


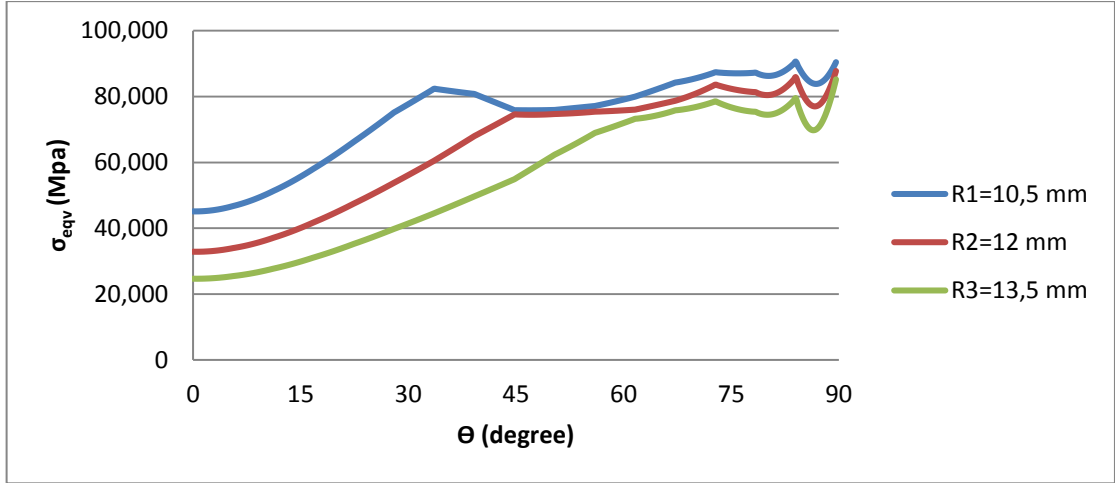


Şekil 6.97 Çift tarafı yamalı, elips delikli $R = 12$ mm $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında ve farklı elips küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin NP yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılım grafikleri

6.1.47 Yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

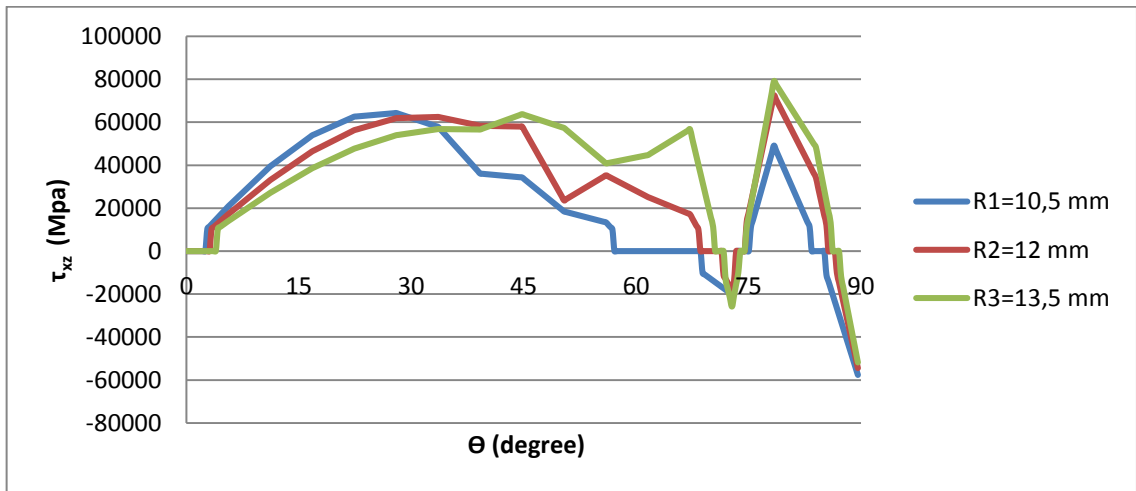
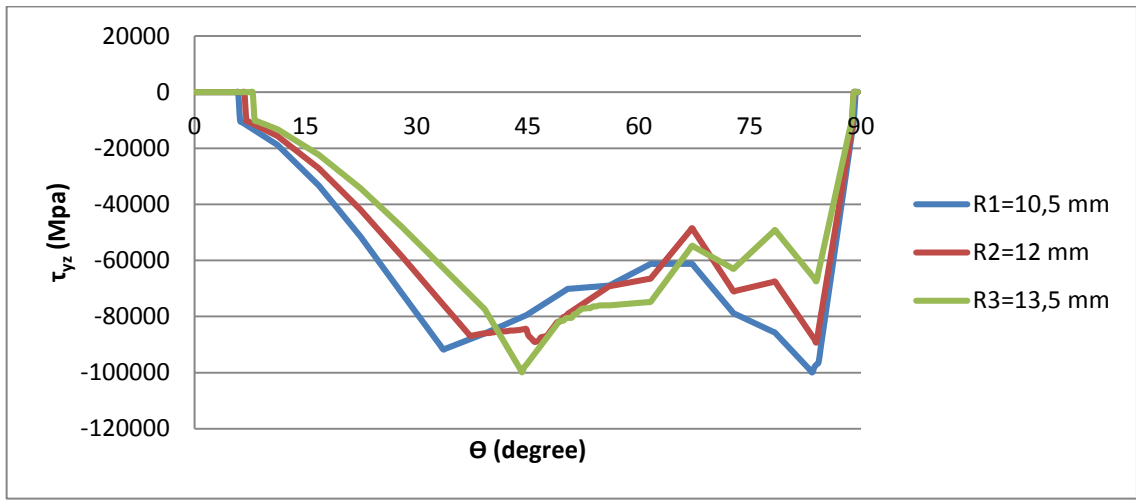
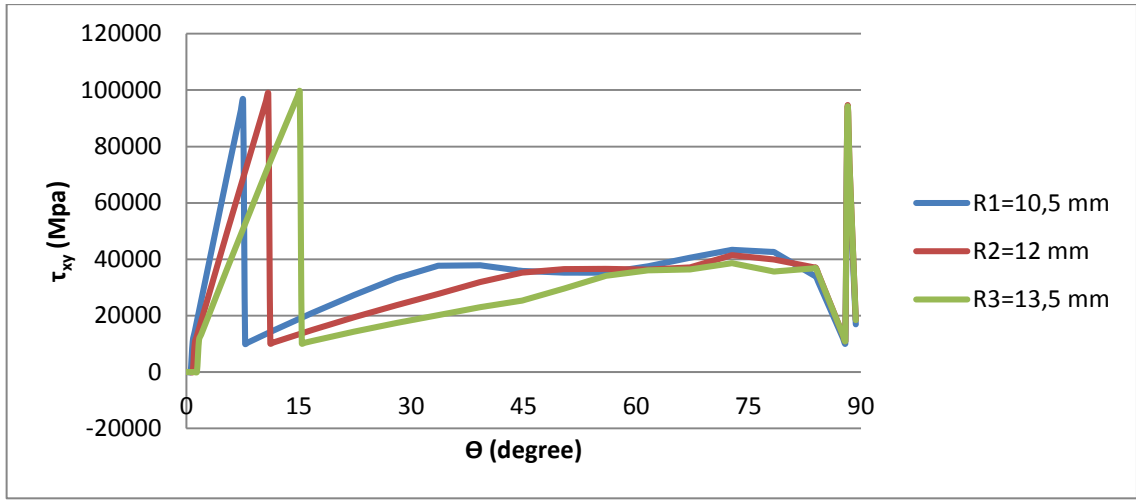
Elips delikli yamasız, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları şekil 6.98’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri M noktasında büyük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler negatif bölgede azalmıştır. Maksimum σ_x gerilmeleri $R_1 = 10,5$ mm büyük yarıçap değeriyle yaklaşık 50° civarında oluşurken büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmeler de azalma görülmektedir. σ_y gerilmeleri de σ_x gerilmeleri gibi M noktasında büyük yarıçap değeri arttıkça gerilmeler negatif bölgede azalmıştır. Maksimum σ_y gerilmeleri yaklaşık $12-28^\circ$ ile $75-90^\circ$ arasında görülmekte ve büyük yarıçap artış gösterince maksimum gerilmeler değişmemektedir. σ_z gerilmeleri pozitif bölgede en yüksek gerilme değeri $R_1 = 10,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numunede görülürken büyük yarıçap arttıkça gerilmeler azalmaktadır. σ_z gerilmeleri N noktasına yaklaştıkça negatif bölgede $75-90^\circ$ arasında maksimum değerine ulaşmış olup büyük yarıçap değişiminin gerilmeler üzerinde etkisi yoktur. Eşdeğer gerilmeler ise $75-90^\circ$ arasında ve N noktasında maksimum gerilme değerini almıştır. Eşdeğer gerilmelerde de diğer gerilmeler gibi büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri azalma göstermiştir.





Şekil 6.98 Elips delikli yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

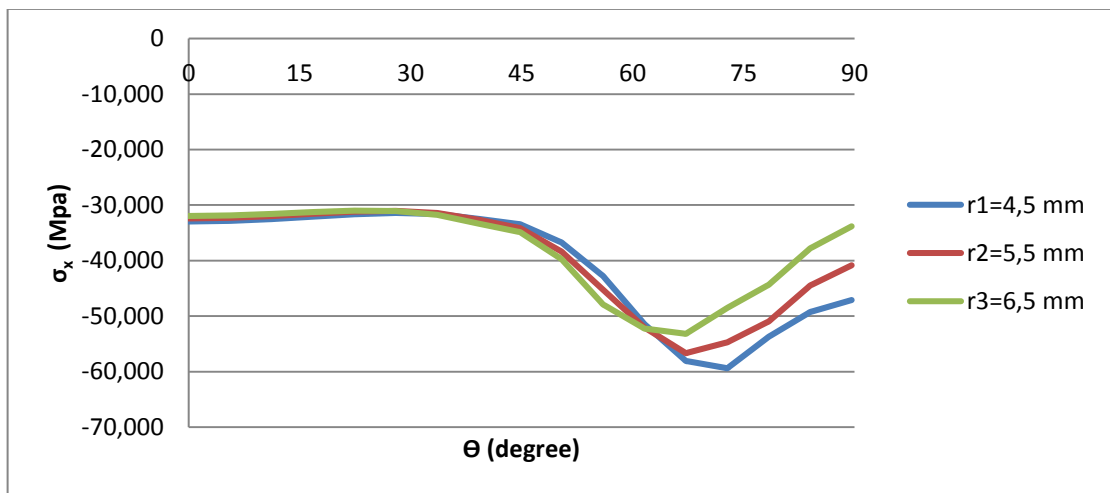
Elips delikli yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları Şekil 6.99’da verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri M noktasında minimum gerilme değerlerini göstermiş ve $0-15^\circ$ arasında maksimum değere ulaşmışlardır. N noktasındaki gerilmeler de maksimum değer almış da oldukça yüksektir. R değişiminin maksimum gerilmeler üzerinde etkisi görülmemektedir. τ_{yz} gerilmeleri M ve N noktalarında minimum gerilme değerlerini almış olup $R_3=13,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numune 45° de maksimum değerine ulaşırken diğer numuneler ise $75-90^\circ$ arasında maksimum gerilme değerini almıştır. τ_{xz} gerilmeleri M noktasında minimum gerilme değerlerini almış olup $75-90^\circ$ arasında maksimum gerilme almışlardır. Fakat $R_1=10,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numune negatif bölgede ve N noktasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır.

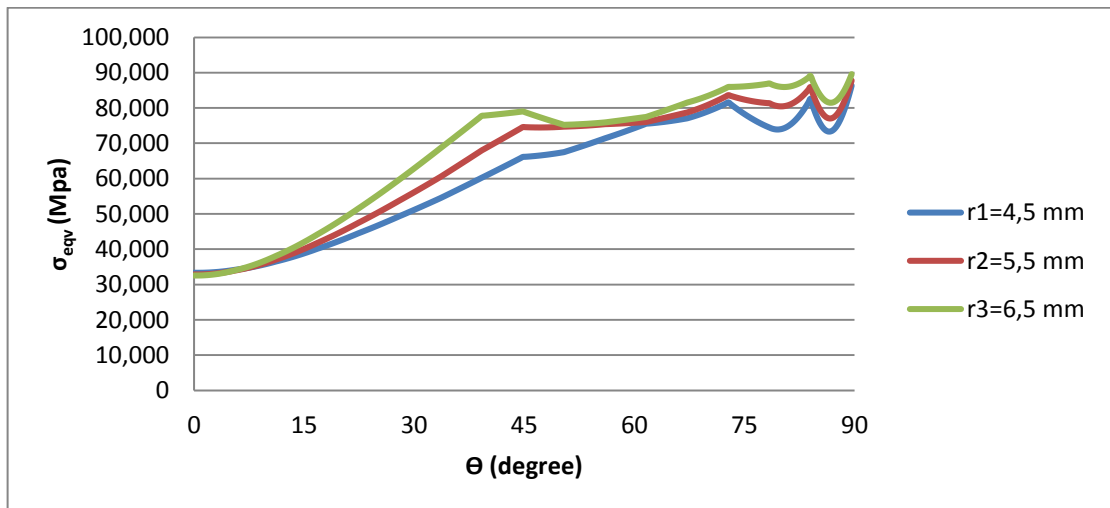
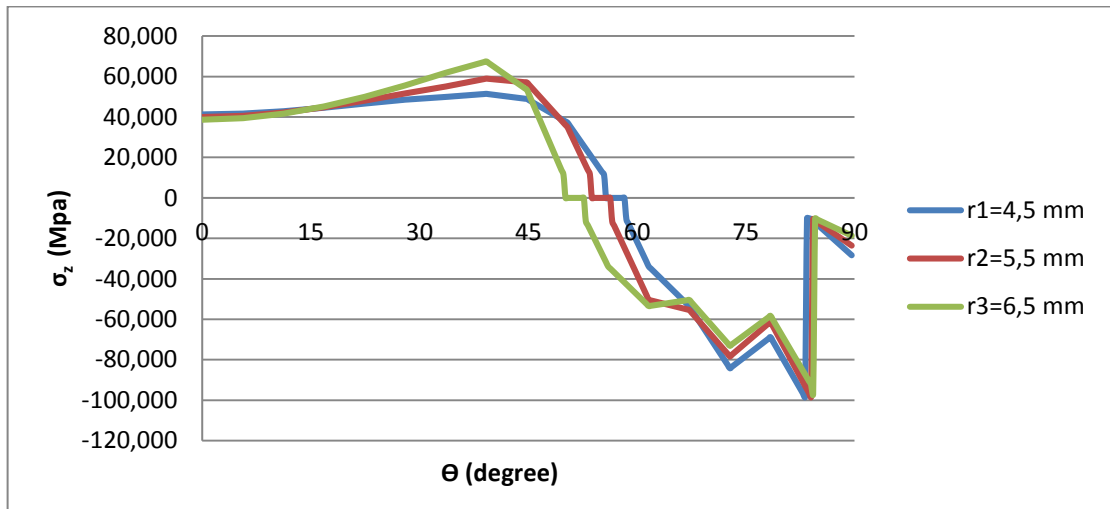
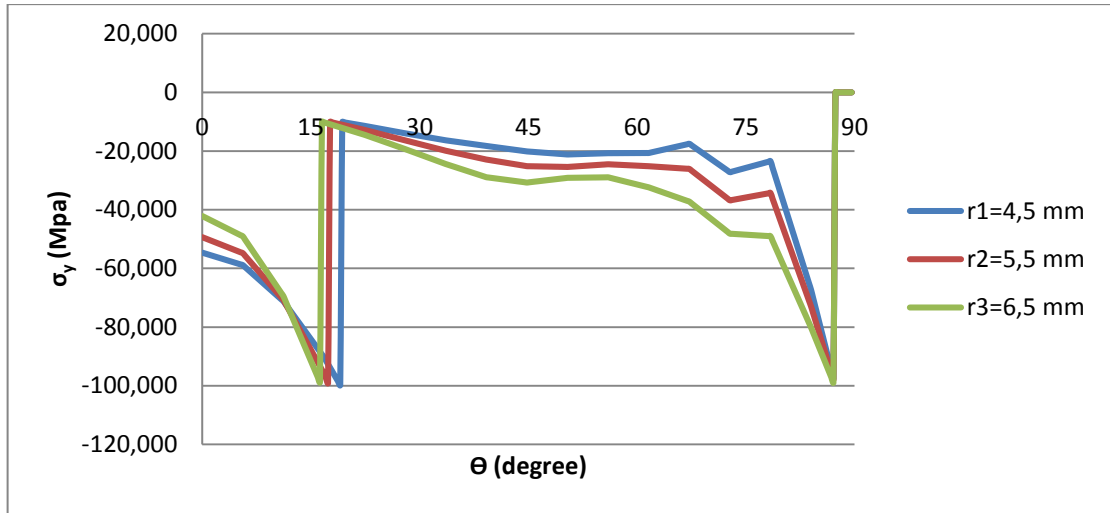


Şekil 6.99 Elips delikli yamasız, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları

6.1.48 Yamasız, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

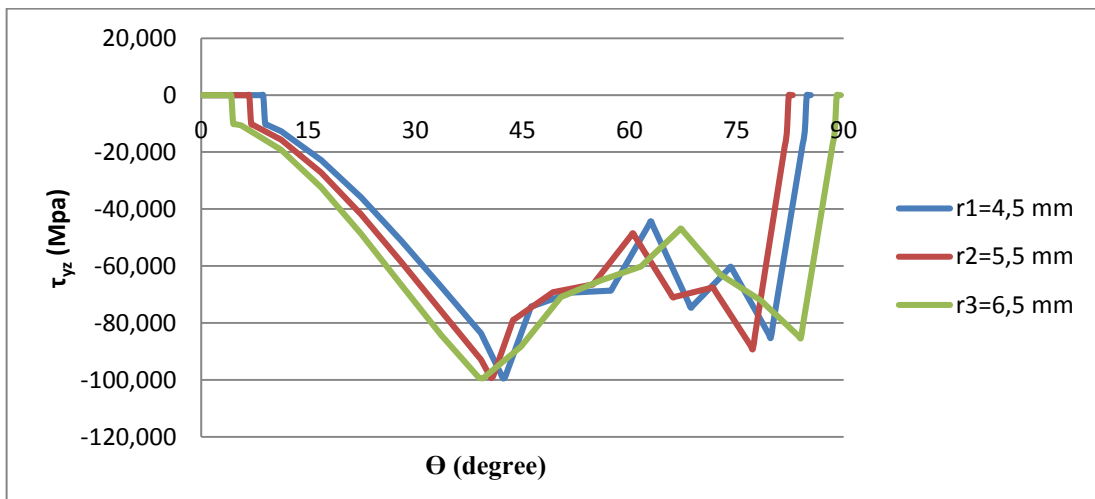
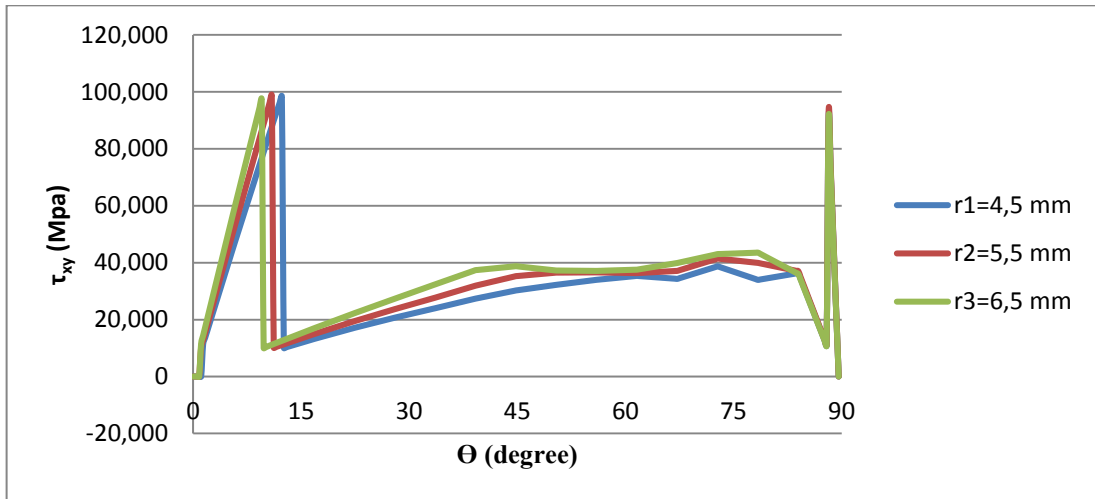
Elips delikli yamasız, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları şekil 6.100'de verilmiştir. σ_x gerilmeleri negatif bölgede 15-30° arasında minimum gerilme değerlerini almıştır. 60-75° arasında R₁=10,5 mm büyük yarıçap değerine sahip olan numunede maksimum değerine ulaşmış ve büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmeler azalmıştır. σ_y gerilmeleri maksimum gerilme değerine 15-30° ve 75-90° arasında ulaşmışlardır. Büyük yarıçap değişiminin maksimum gerilmeler üzerinde etkisi olmazken M noktasında büyük yarıçap arttıkça gerilmeler azalmıştır. σ_z gerilmeleri pozitif tarafta gerilmeler göstermiş daha sonra azalarak 45-60° arasında minimum gerilme değerlerini almışlardır. Negatif bölgede artmaya devam etmiş ve 75-90° arasında maksimum gerilme değerine ulaşmışlardır. Eşdeğer gerilmeler ise M noktasında minimum gerilme değeri göstermiş ve artarak 75-90° arasında maksimum değere ulaşmışlardır. Büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilmeler de artış göstermiştir.

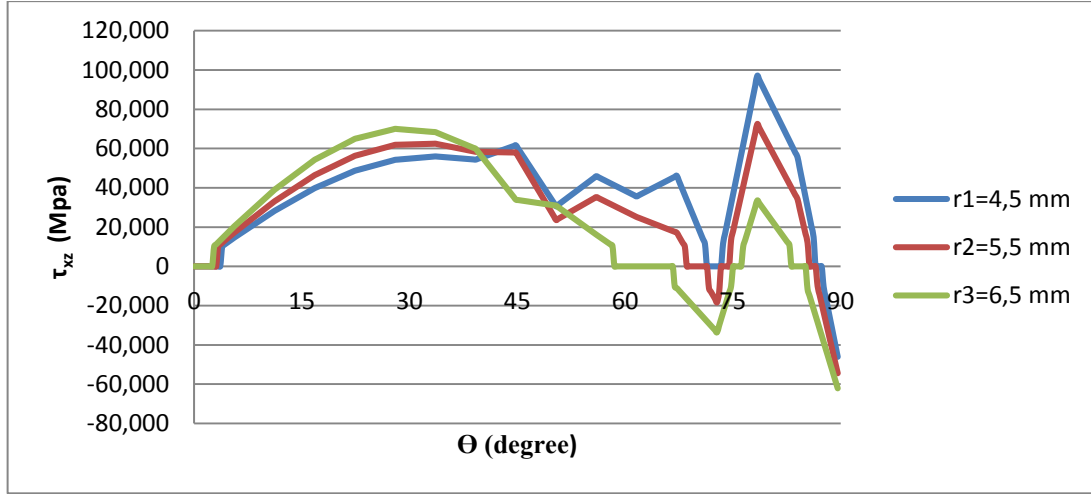




Şekil 6.100 Elips delikli yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

Elips delikli yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları şekil 6.101'de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri M ve N noktalarında minimum gerilme değeri almış ve $0-15^\circ$ arasında maksimum gerilme değerine ulaşmışlardır. Büyük yarıçap değişiminin maksimum gerilmeler üzerinde pek fazla etkisi görülmemiştir. τ_{yz} gerilmeleri de yine M ve N noktasında minimum gerilme değerlerini almış olup $45-60^\circ$ arasında maksimum gerilme değerine ulaşmışlar ve büyük yarıçap değişimi maksimum τ_{yz} gerilmeleri üzerinde etkisi görülmemektedir. τ_{xz} gerilmeleri ise pozitif bölgede M noktasında en düşük gerilme değerlerini göstermişler ve $75-90^\circ$ arasında da en yüksek gerilme değerlerini göstermişlerdir. Fakat $R_3=13,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numune en yüksek değerini negatif bölgede ve N noktasında göstermiştir.

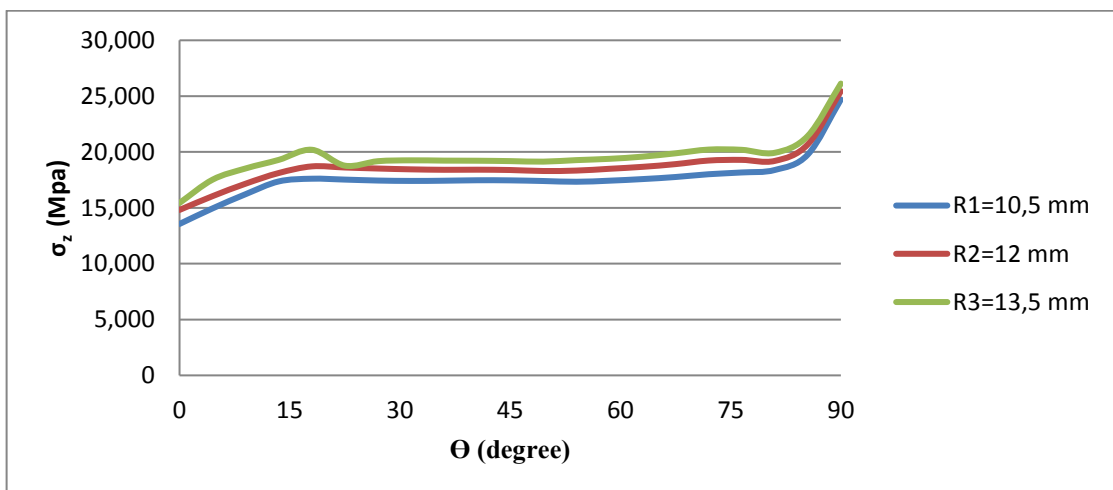
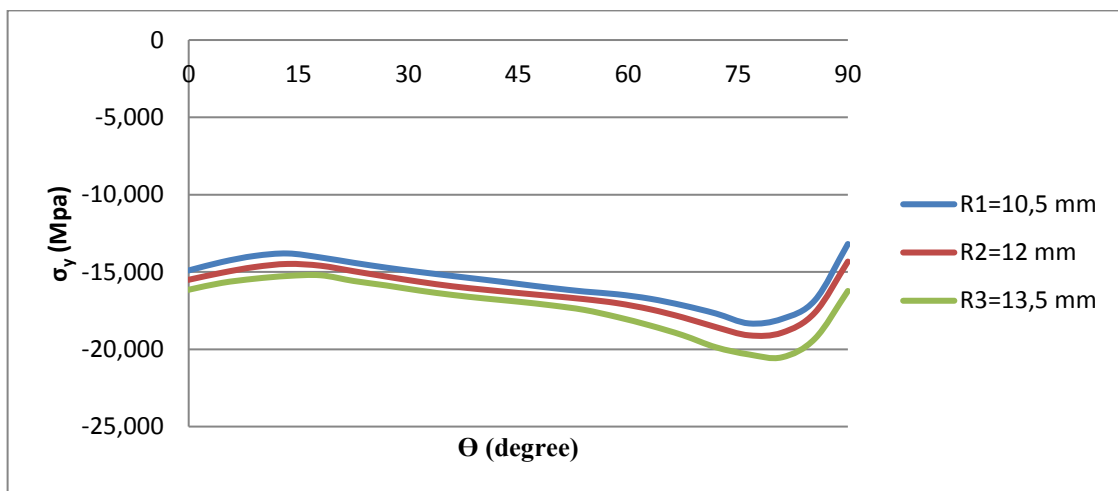
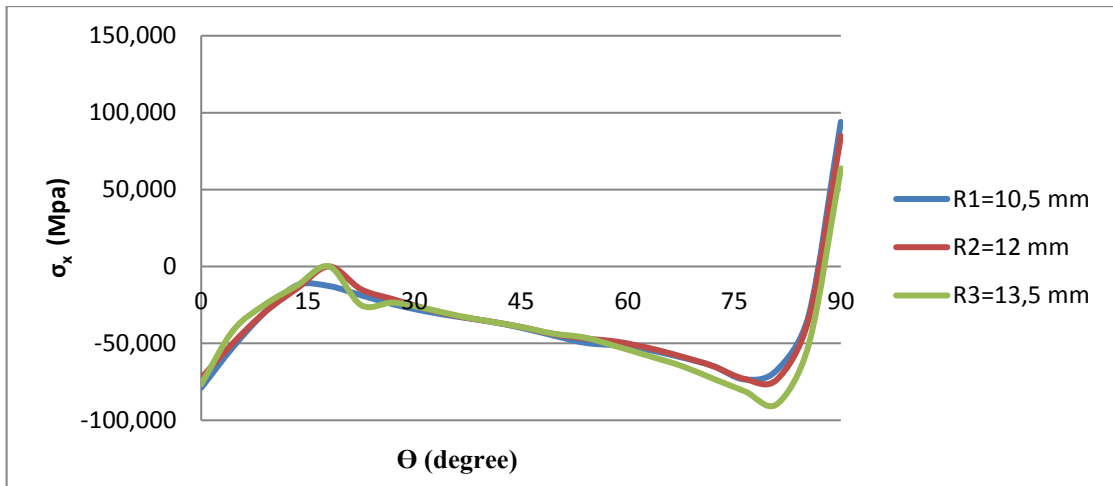


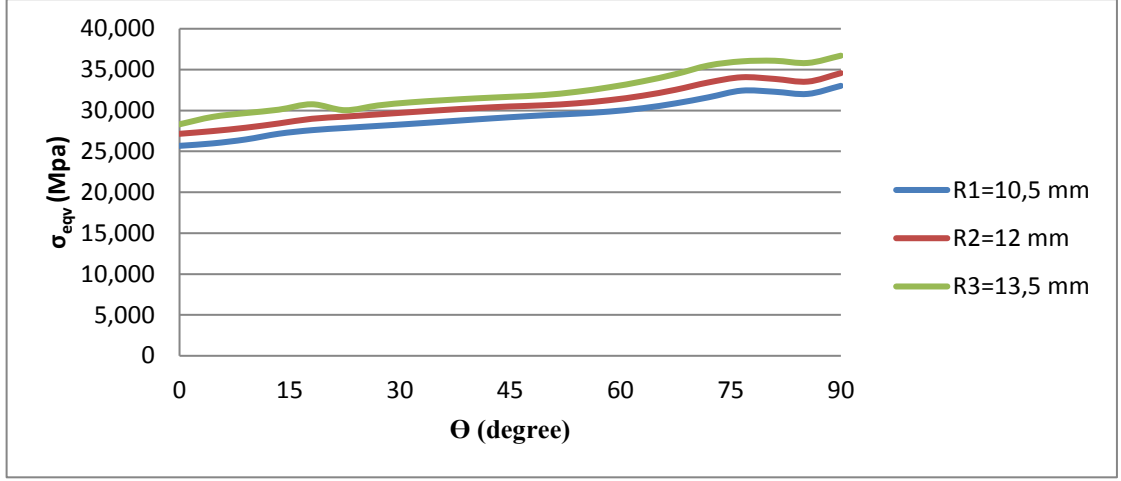


Şekil 6.101 Elips delikli yamasız, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları

6.1.49 Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

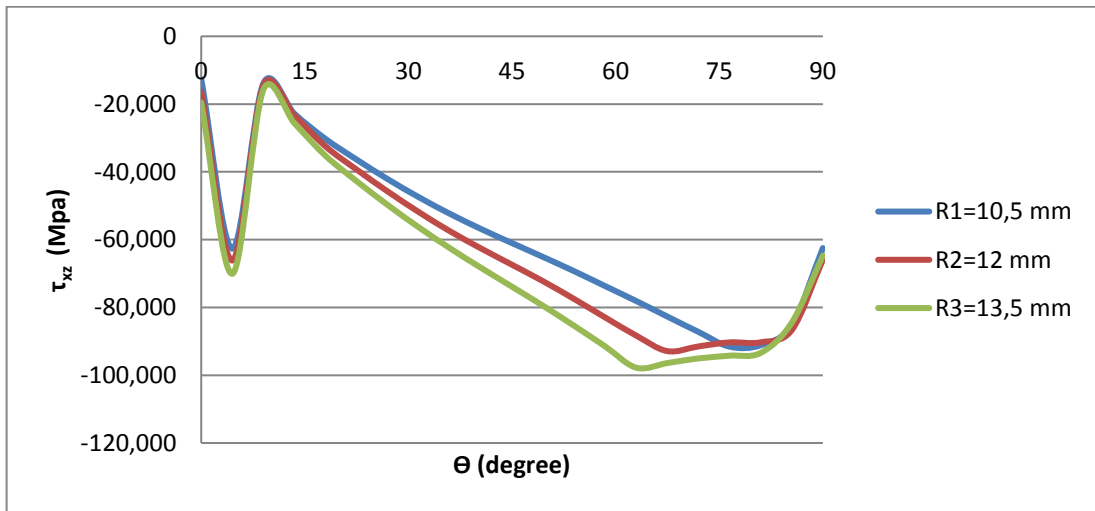
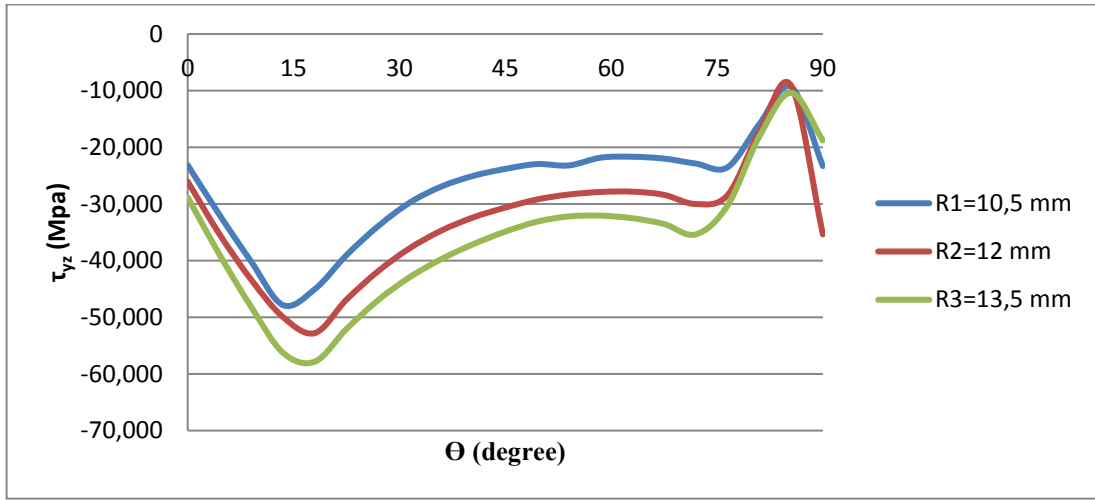
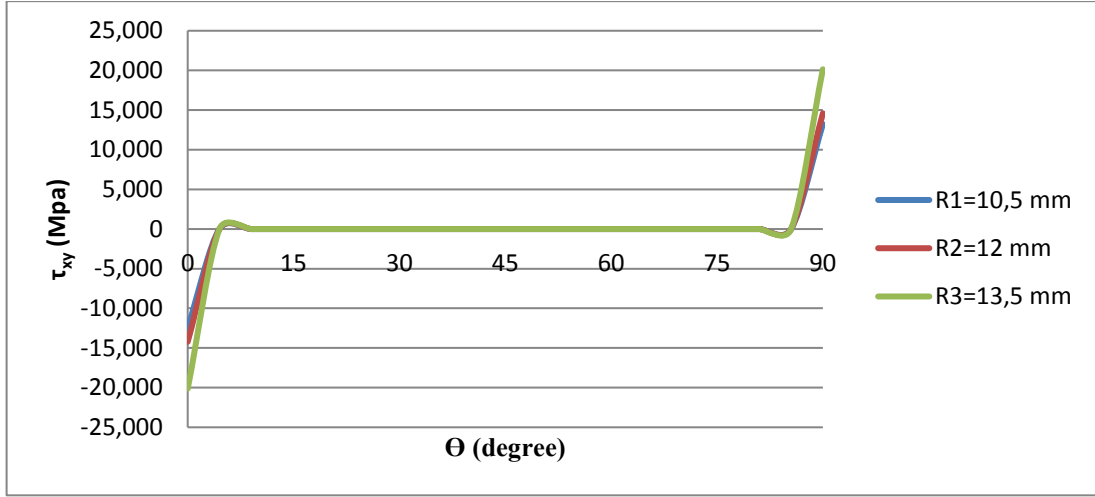
Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları Şekil 6.102'de verilmiştir. σ_x gerilmeleri $15-30^\circ$ arasında en düşük gerilme değerlerini almışlardır. En yüksek gerilme değerlerini ise N noktasında almışlar fakat $R_3 = 13,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numune negatif bölgede ve $75-90^\circ$ arasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. σ_y gerilmeleri en yüksek gerilme değerine negatif bölgede $75-90^\circ$ arasında ulaşmış olup büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir. σ_z gerilmeleri M noktasında en düşük gerilme değerini almışlardır. En yüksek gerilme değerine ise N noktasında ulaşmışlardır ve büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde artış görülmüştür. Eşdeğer gerilmeler de σ_z gerilmelerine benzer dağılım göstermiş olup M noktasında en düşük gerilme değerleri görülürken N noktasında en yüksek gerilme değeri $R_3 = 13,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numunede görülmüştür ve büyük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerlerinde de azalma görülmüştür.





Şekil 6.102 Elips delikli WxH=40x24 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

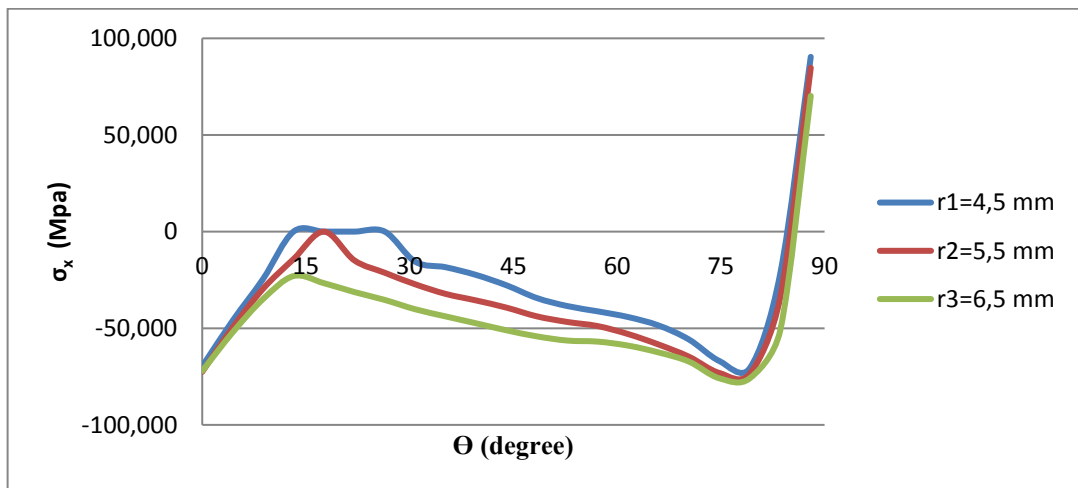
Elips delikli WxH=40x24 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları şekil 6.103'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri M ve N noktasında maksimum gerilme değeri gösterirken orta noktalarda minimum gerilme değeri göstermişlerdir. Büyük yarıçap değeri arttıkça maksimum gerilme değerleri de artış göstermiştir. τ_{yz} gerilmeleri negatif bölgede yaklaşık 15° civarında maksimum gerilme değerine ulaşmış olup büyük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmıştır. τ_{xz} gerilme dağılım grafikleri incelenirse $R_1=10,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numune yaklaşık 75° maksimum değerine ulaşırken diğer numuneler ise $45-60^\circ$ arasında maksimum değerine ulaşmışlardır. Büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de negatif bölgede artış göstermiştir.

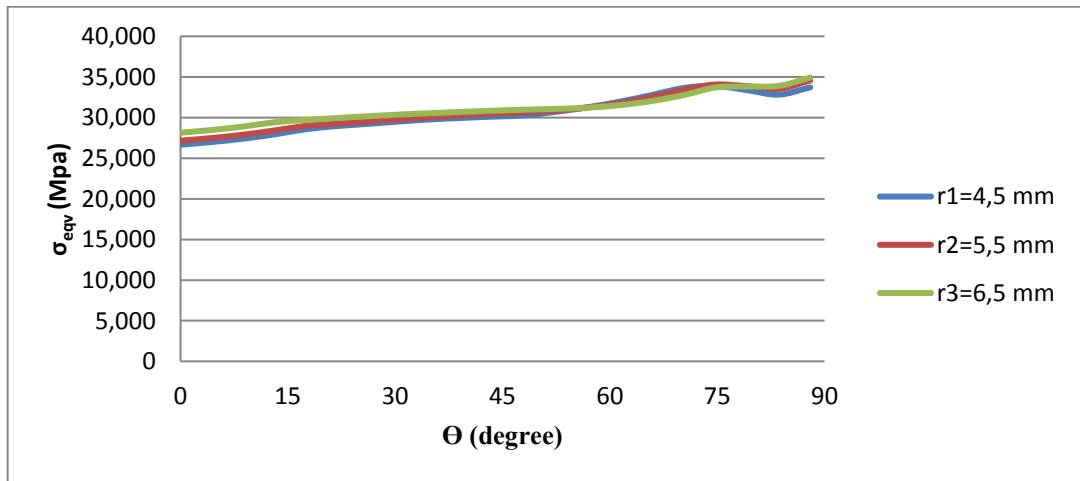
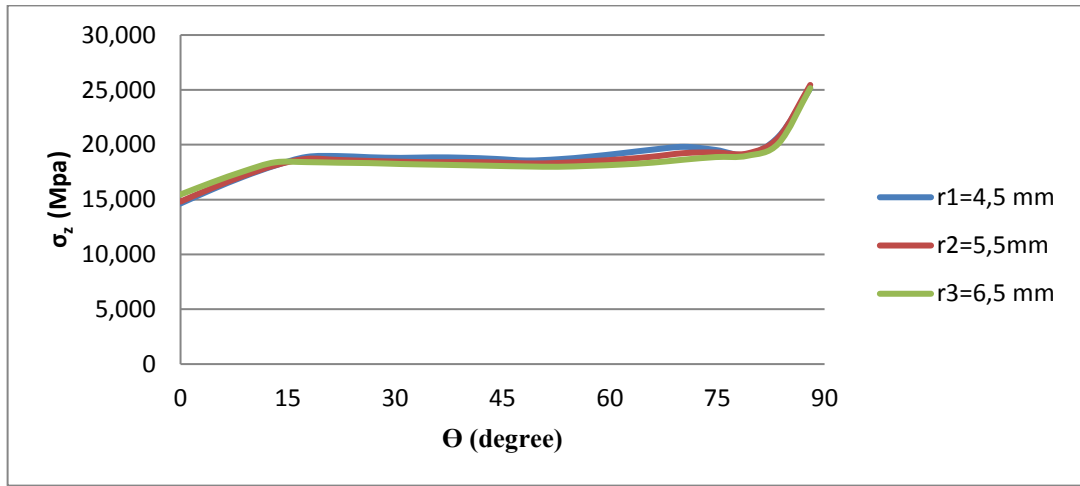
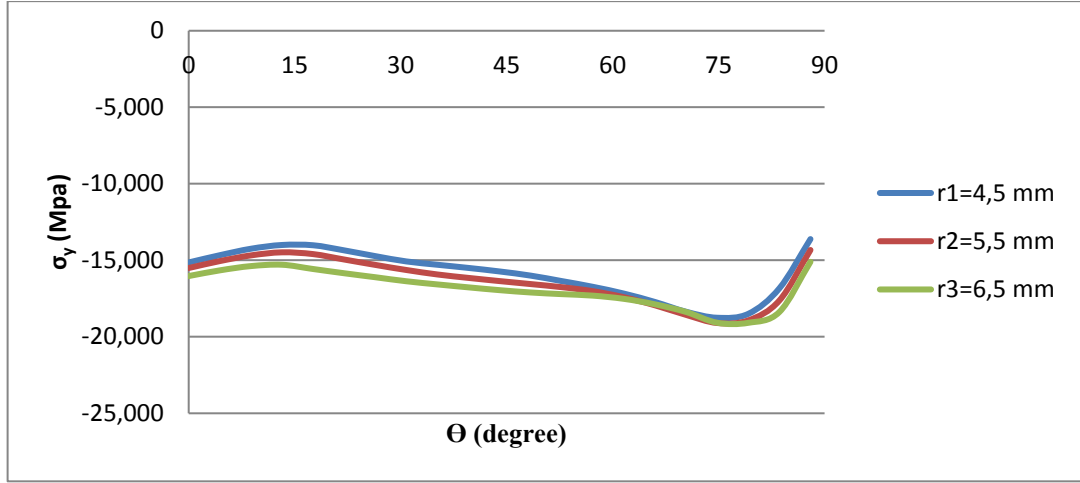


Şekil 6.103 Elips delikli $W \times H=40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları

6.1.50 Elips delikli WxH=40x24 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

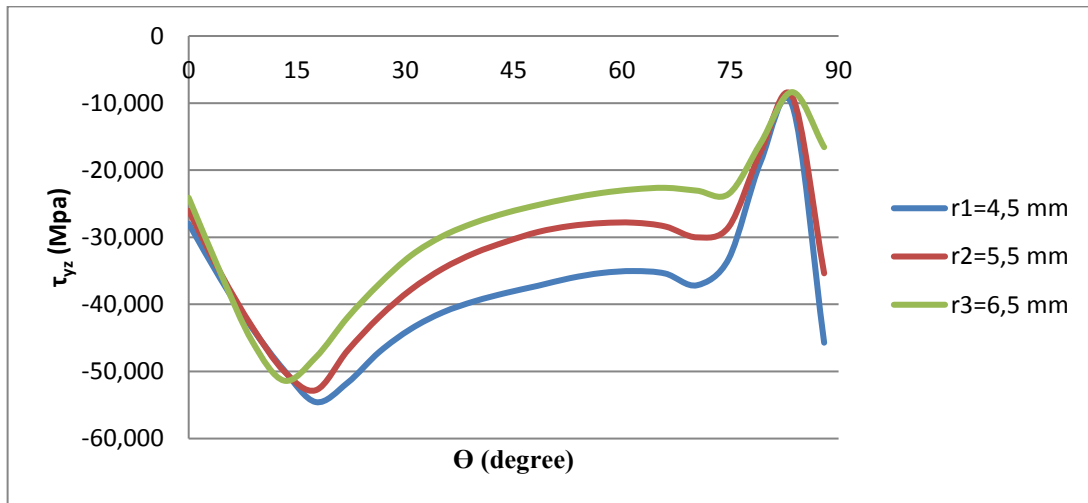
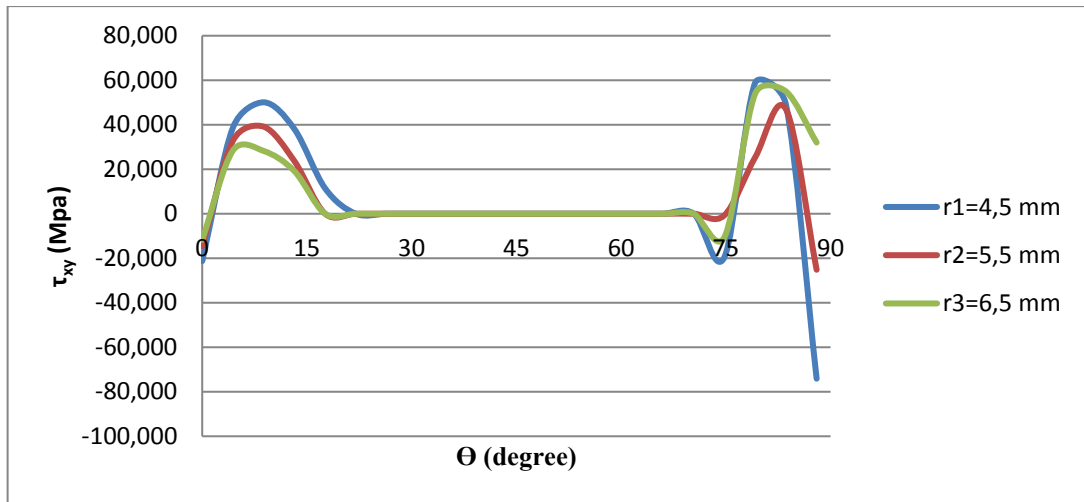
Elips delikli WxH=40x24 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları şekil 6.104’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri en yüksek gerilme değerine N noktasında ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerlerinde azalma görülmüştür. σ_y gerilme dağılım grafikleri incelenirse minimum gerilme değerleri 15° civarında görülmüş olup maksimum gerilmeler ise $75-90^\circ$ arasında görülmektedir. Küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de negatif bölgede artış göstermektedir. σ_z gerilmelerinin M noktasında minimum gerilme değerleri görülmekte ve N noktasında maksimum gerilme değerleri görülmektedir. Küçük yarıçap değişiminin σ_z gerilmeleri üzerinde pek fazla etkisi görülmemektedir. Eşdeğer gerilmeleri ise σ_z gerilmelerine benzer dağılım grafikleri göstermişlerdir. Fakat en yüksek gerilme değeri $R_3=13,5$ mm değerine sahip olan numunede görülmekte olup küçük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmıştır.

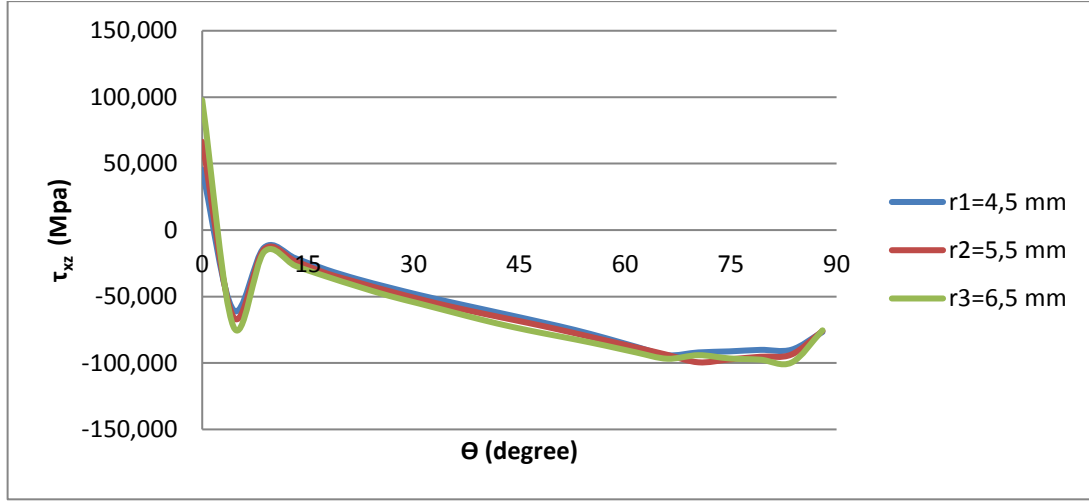




Şekil 6.104 Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

Elips delikli $W \times H = 40 \times 24$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları şekil 6.105'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri maksimum gerilme değerine $75-90^\circ$ arasında ulaşmış fakat $r_1 = 4,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip numune en yüksek değerine $75-90^\circ$ arasında negatif bölgede ulaşmıştır. En düşük τ_{xy} gerilmeleri ise $15-75^\circ$ arasında görülmektedir. τ_{yz} gerilmeleri maksimum gerilme değerine yaklaşık 15° civarında ulaşmıştır ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri negatif bölgede azalmıştır. τ_{xz} gerilme dağılım grafikleri incelenirse maksimum gerilmeler $75-90^\circ$ arasında görülmekte ve küçük yarıçap değeri arttıkça τ_{xz} gerilmeleri de artmaktadır.

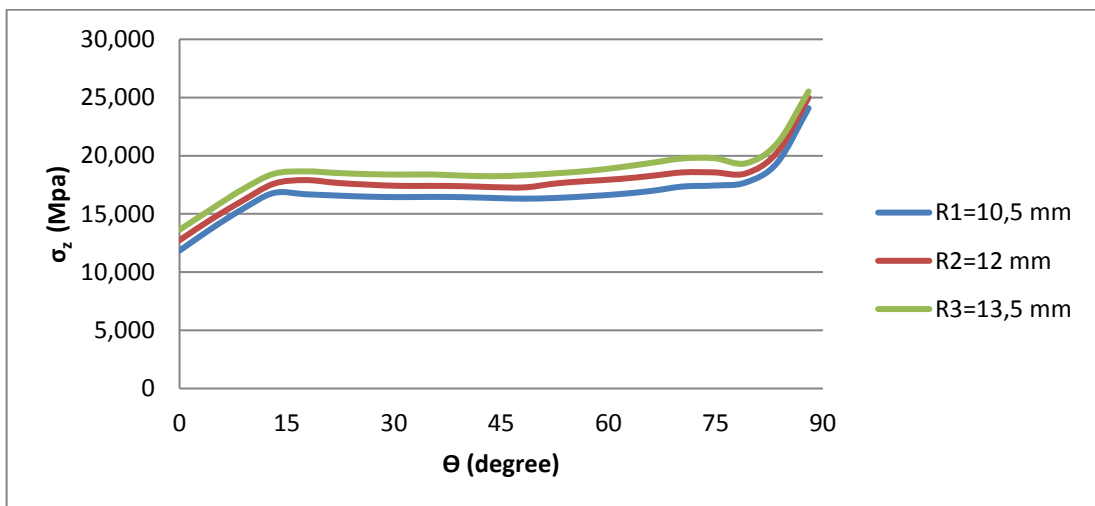
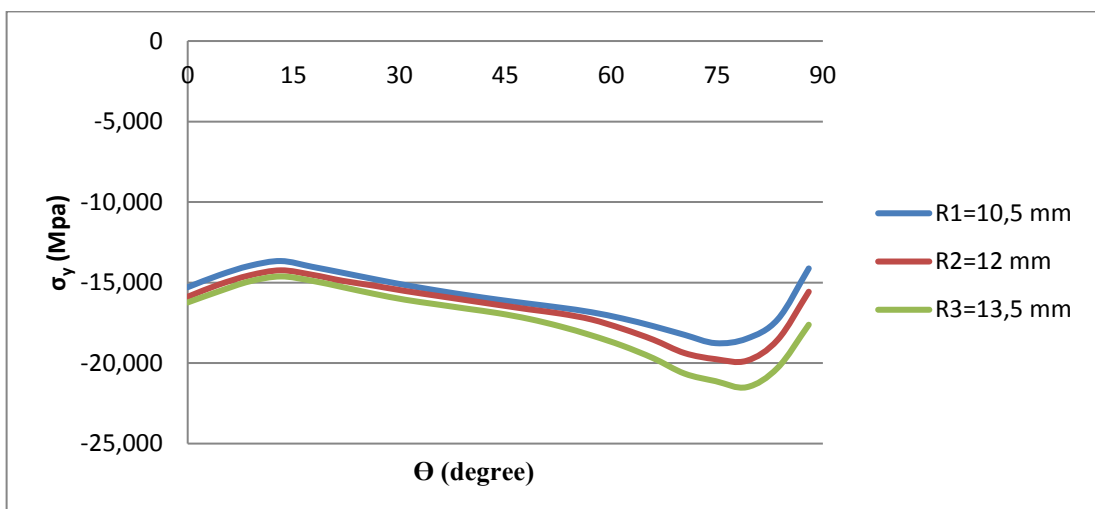
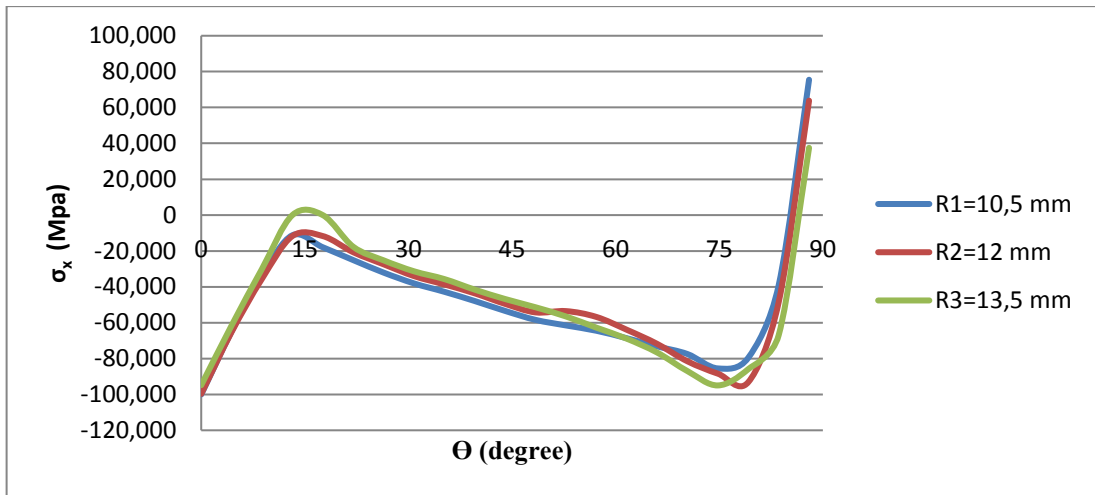


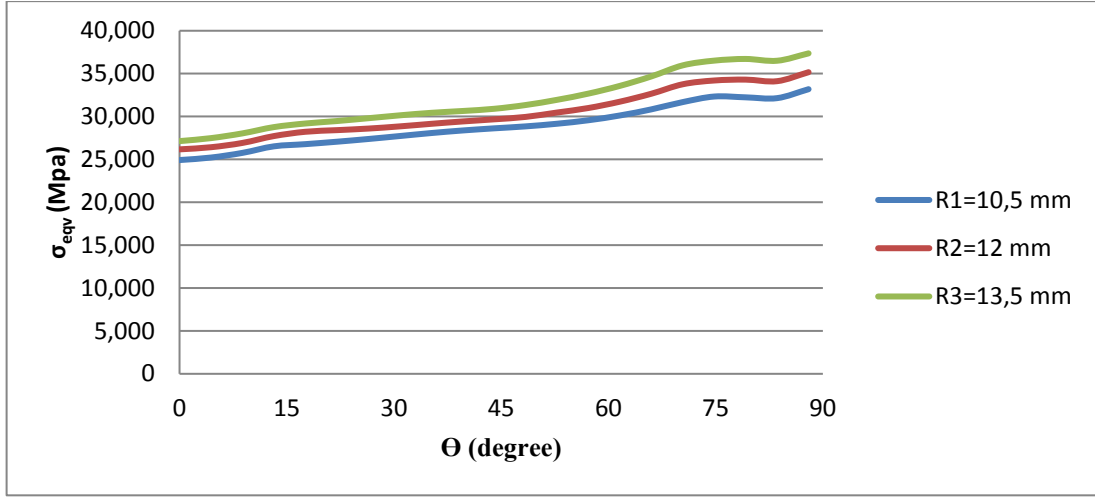


Şekil 6.105 Elips delikli WxH=40x24 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları

6.1.51 Elips delikli WxH=40x28 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı r=5,5 mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

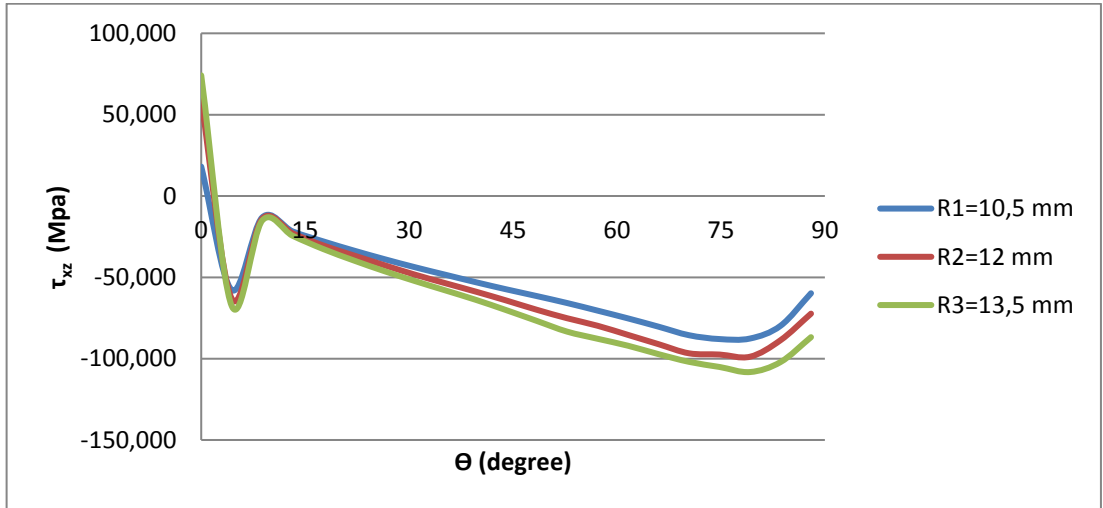
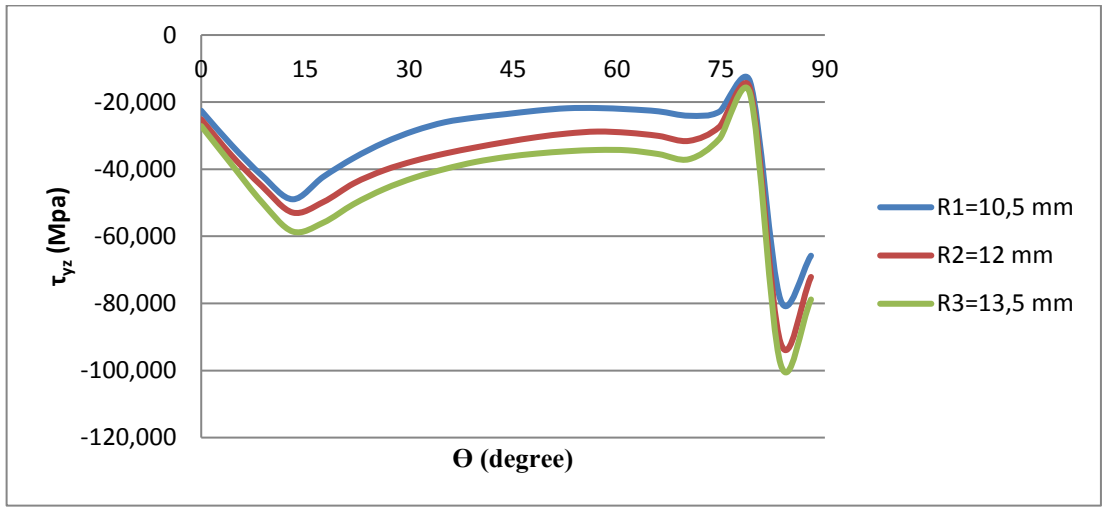
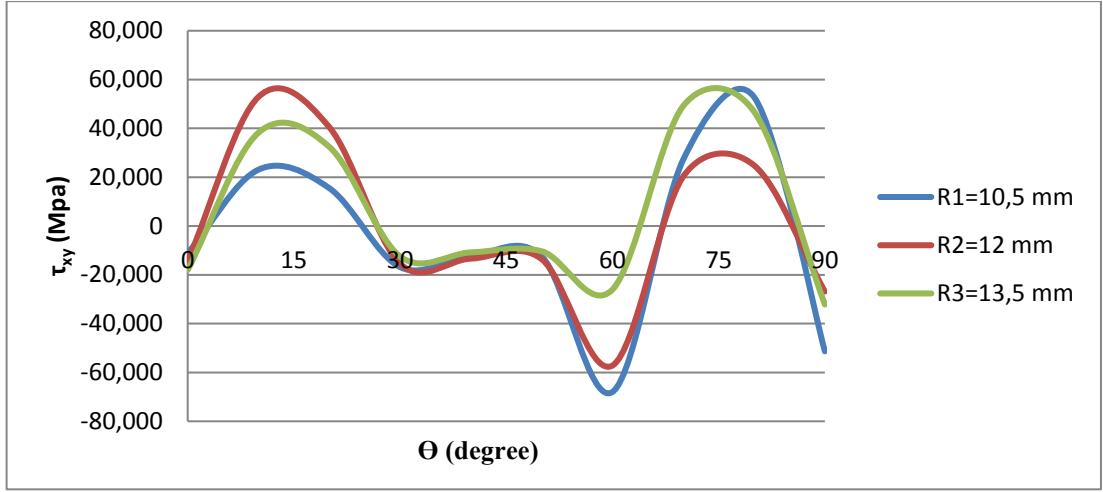
Elips delikli WxH=40x28 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı r=5,5 mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları şekil 6.106'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri M noktasında maksimum gerilme değerine ulaşmış olup en düşük gerilmeleri 15° civarında görülmektedir. σ_y gerilmeleri negatif bölgede 75-90° arasında R₃=13,5 mm yarıçap değerine sahip numunede görülmektedir ve yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmıştır. σ_z gerilmeleri de M noktasında minimum gerilme değeri almış ve N noktasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça σ_z gerilme değerleri de artmıştır. Eşdeğer gerilmeler ise σ_z gerilme grafiklerine benzer dağılım göstermiş olup M noktasında minimum gerilme değeri almış N noktasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır ve büyük yarıçap değeri arttıkça eşdeğer gerilmeler de artış göstermiştir.





Şekil 6.106 Elips delikli WxH=40x28 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

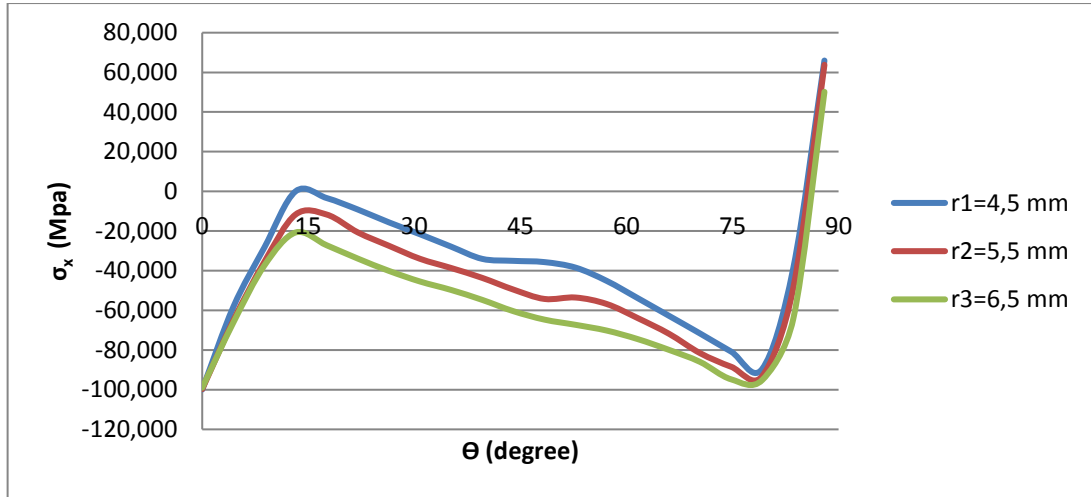
Elips delikli WxH=40x28 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları şekil 6.107’de verilmiştir. τ_{xy} gerilme dağılım grafikleri incelenirse $R_3=13,5$ mm yarıçap değerine sahip olan numune yaklaşık 75° ’de maksimum değerine ulaşmıştır fakat diğer numuneler $45-60^\circ$ arasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. τ_{yz} gerilmeleri negatif bölgede $75-90^\circ$ arasında en yüksek gerilme değerine ulaşmışlardır. Büyük yarıçap değeri arttıkça τ_{yz} gerilme değerleri de artış göstermiştir. τ_{xz} gerilmeleri $75-90^\circ$ arasında en yüksek gerilme değerine $R_3=13,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numunede ulaşmış olup büyük yarıçap değeri azaldıkça gerilme değerleri de azalmıştır.

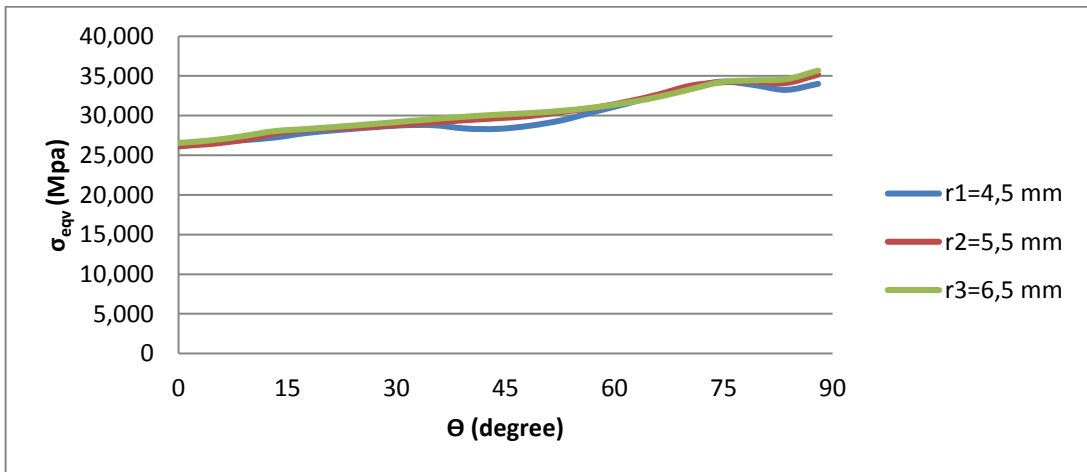
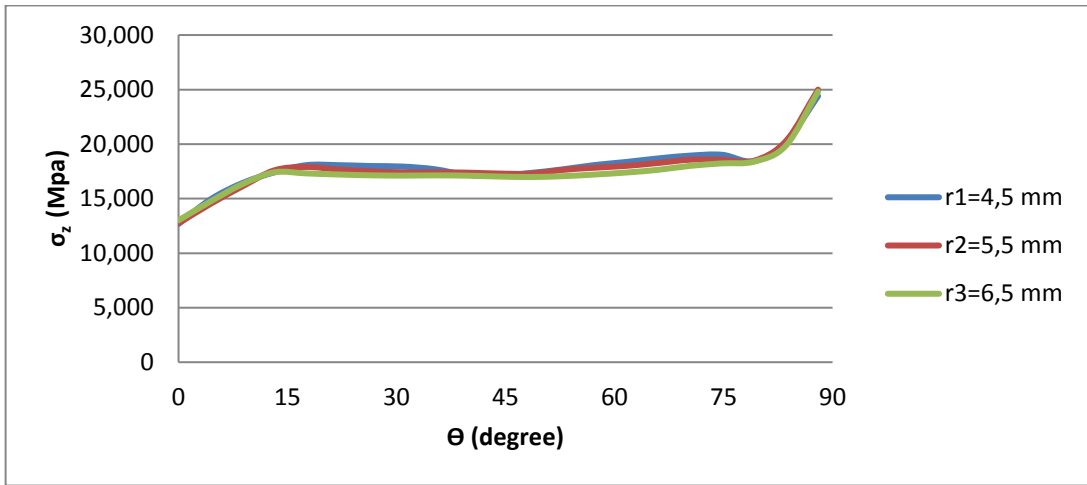
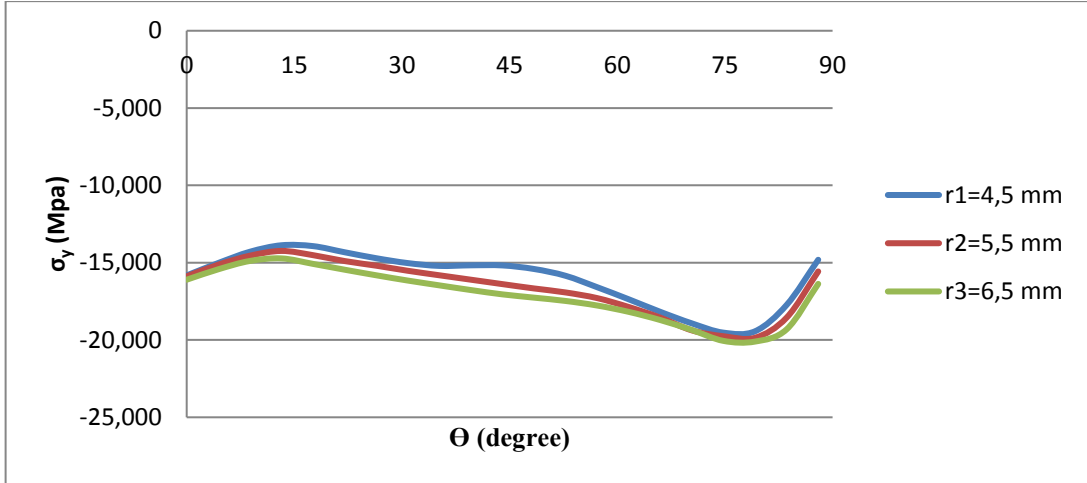


Şekil 6.107 Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları

6.1.52 Elips delikli WxH=40x28 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

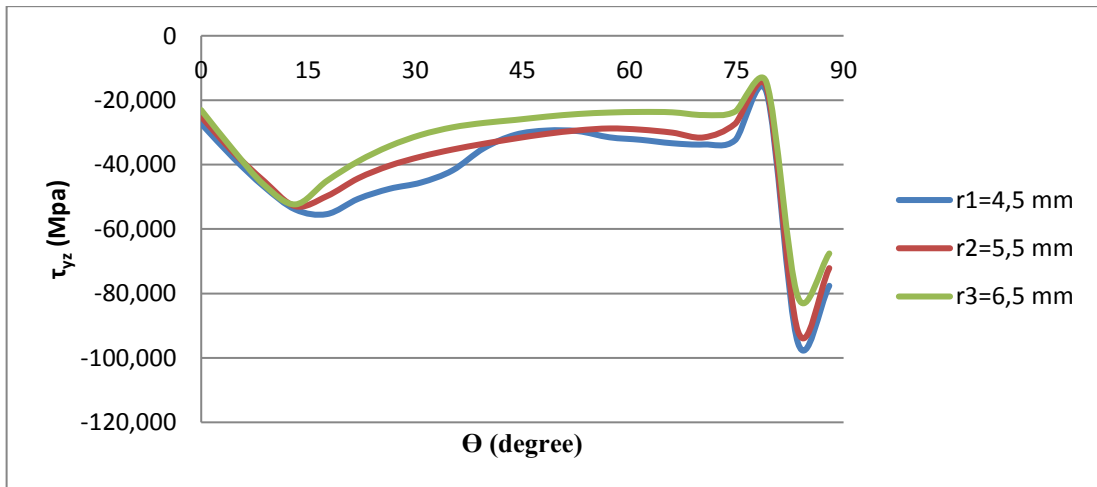
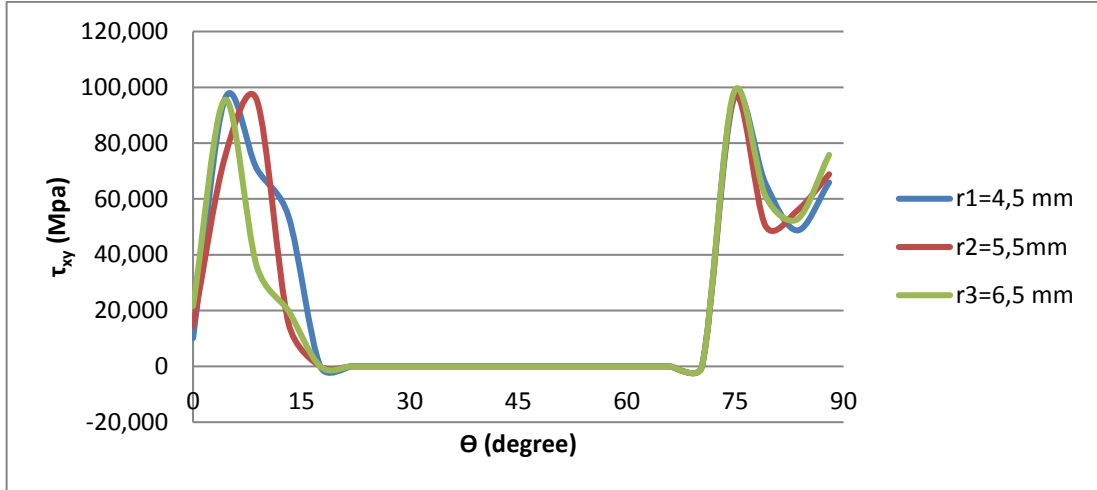
Elips delikli WxH=40x28 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları şekil 6.108’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri M noktasında maksimum gerilme değerini almış yaklaşık 15° de minimum gerilme değerlerini almışlardır. σ_y gerilmeleri negatif bölgede yaklaşık 15° de en düşük gerilme değerini almış ve $75-90^\circ$ arasında da en yüksek gerilme değerine ulaşmıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermektedir. σ_z gerilmeleri de M noktasında minimum gerilme değeri almış N noktasında ise en yüksek gerilme değerine ulaşmıştır. Eşdeğer gerilmeler de σ_z gerilemeleri gibi M noktasında minimum gerilme değeri göstermiş olup N noktasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça eşdeğer gerilmeler de artış göstermiştir.

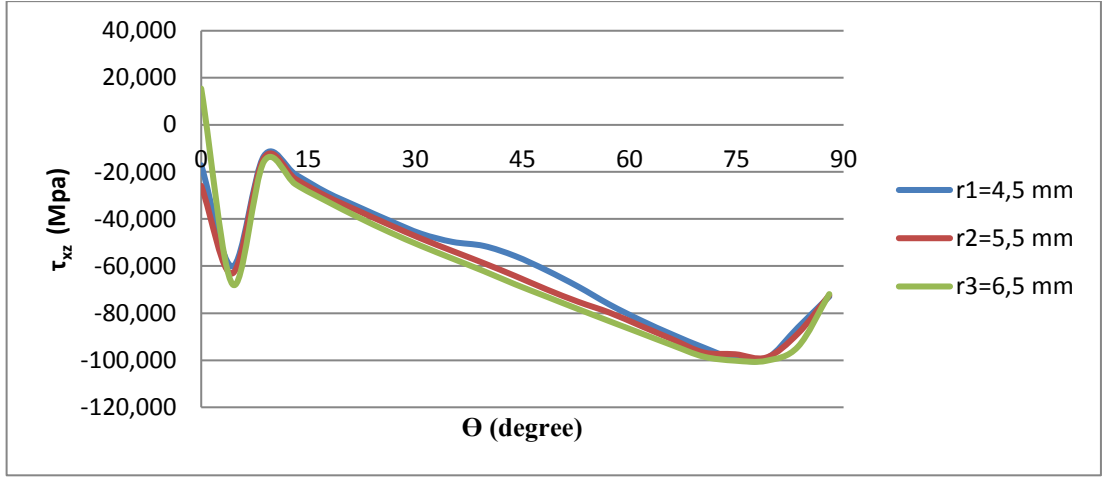




Şekil 6.108 Elips delikli $W \times H=40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları şekil 6.109'da verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri yaklaşık 75° de en yüksek gerilme değerlerine ulaşmıştır. $15-75^\circ$ arasında da minimum gerilme değerlerini almışlardır. Küçük yarıçap değeri arttıkça M ve N noktalarındaki gerilmeler artış göstermiştir. τ_{yz} gerilmeleri negatif bölgede $75-90^\circ$ arasında maksimum değerini göstermiş olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri azalmıştır. τ_{xz} gerilmeleri ise $60-90^\circ$ arasında maksimum gerilme değerlerini almış ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir.

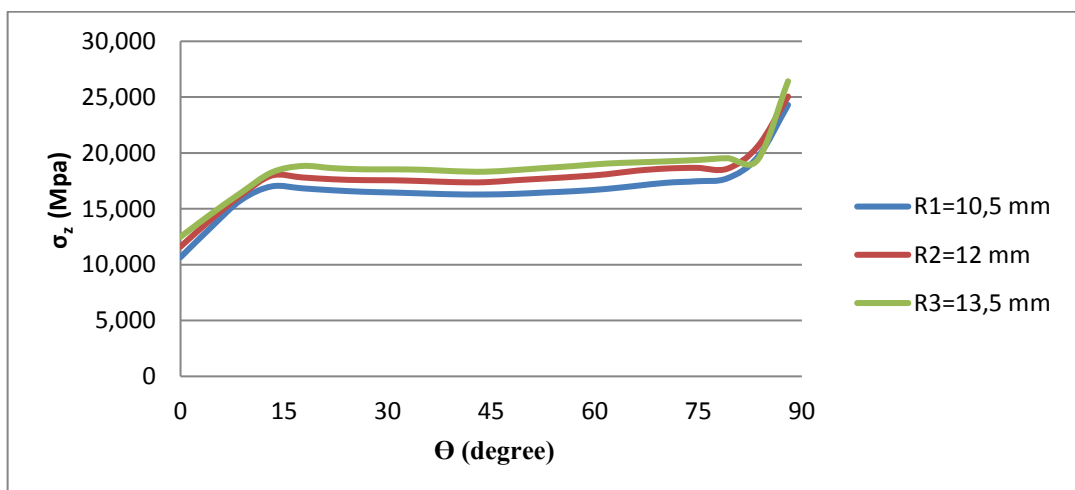
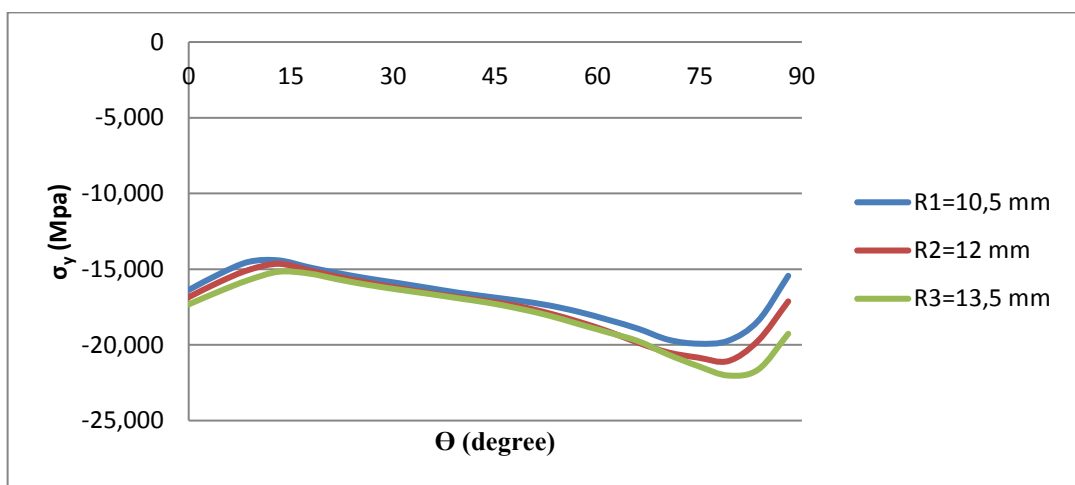
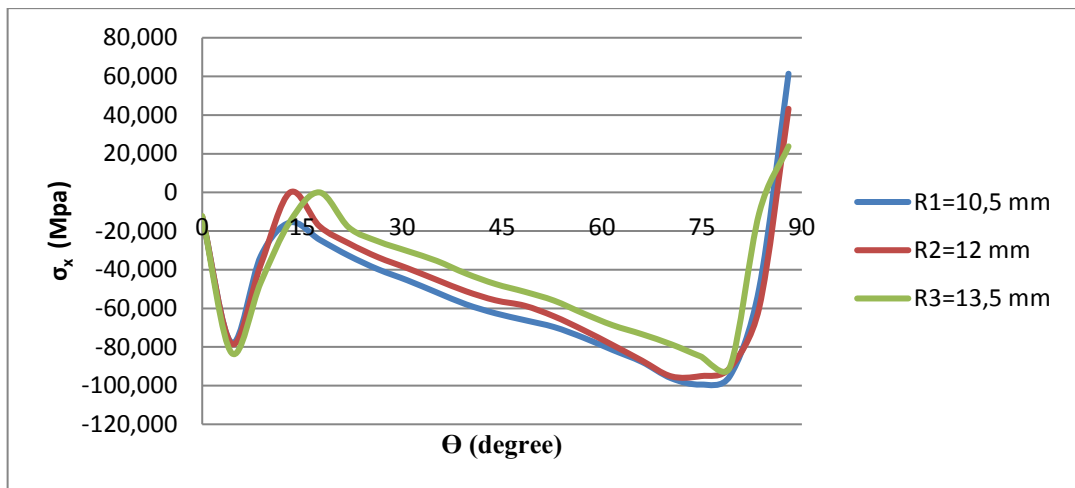


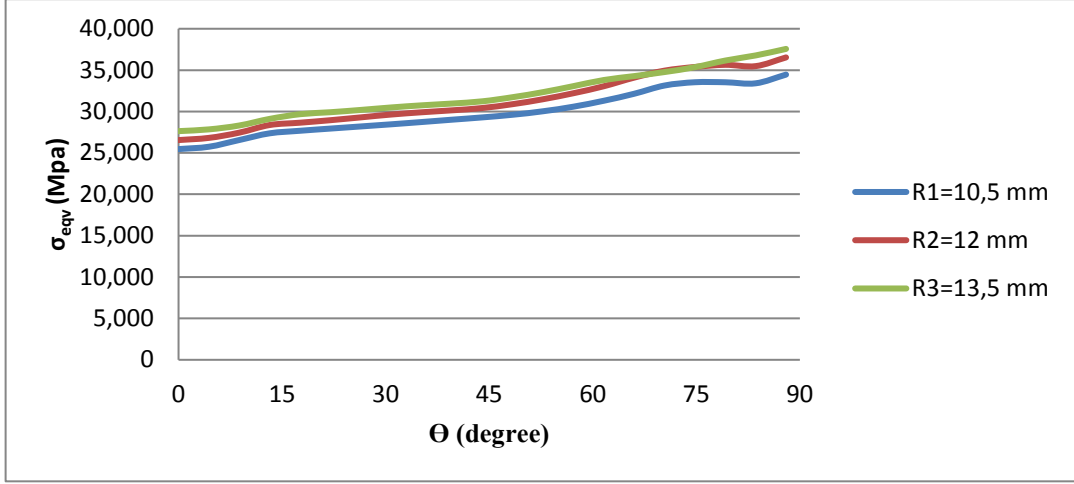


Şekil 6.109 Elips delikli $W \times H = 40 \times 28$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları

6.1.53 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

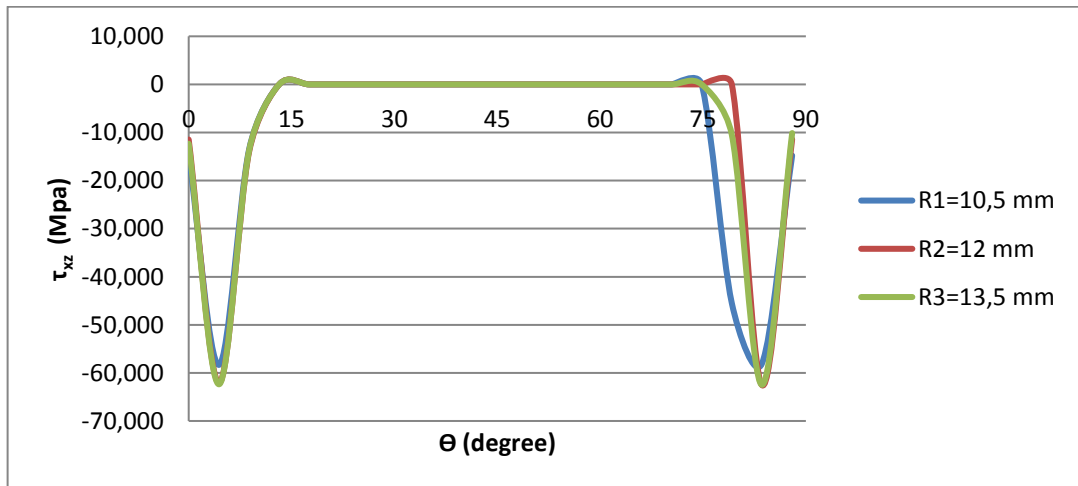
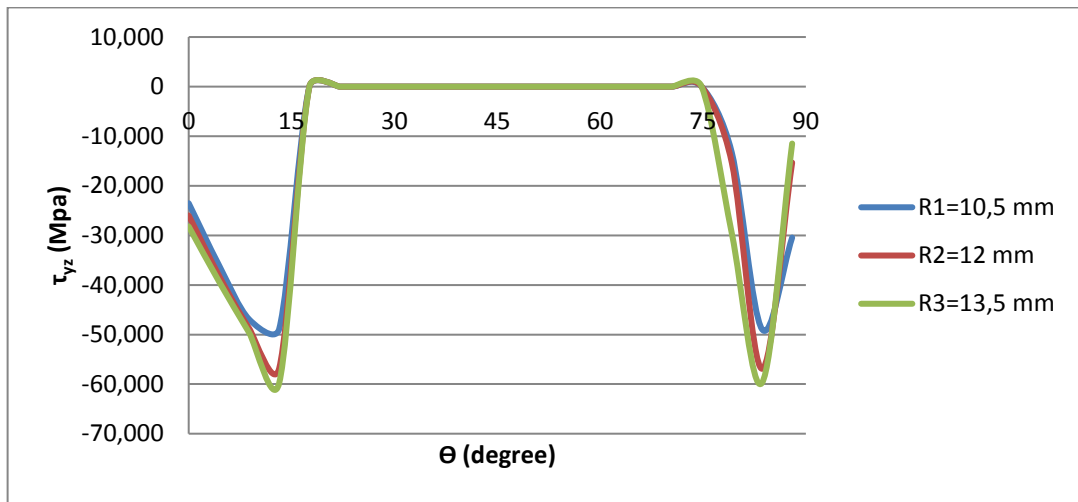
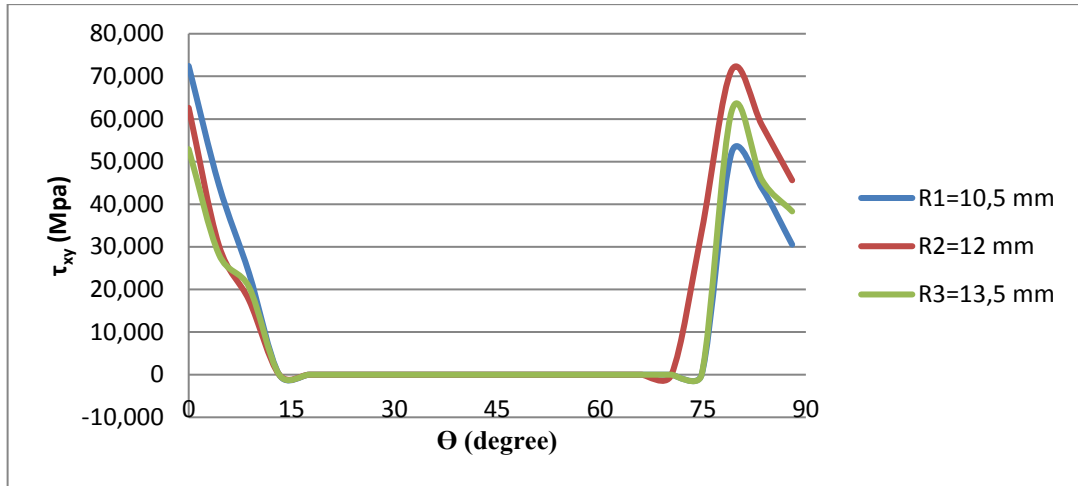
Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları şekil 6.110'da verilmiştir. σ_x gerilmeleri en düşük değerini yaklaşık 15° de almış ve $60-90^\circ$ arasında ise en yüksek değerine ulaşmıştır. σ_y gerilmeleri negatif bölgede 15° de en düşük değerini almış, $75-90^\circ$ arasında da en yüksek gerilme değerine ulaşmıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça σ_y gerilme değerleri de artış göstermiştir. σ_z gerilmeleri M noktasında minimum değerini almış N noktasında ise maksimum değerine ulaşmıştır ve büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmıştır. Eşdeğer gerilme dağılım grafikleri incelenirse M noktasında en düşük değerini almış M noktasından uzaklaştıkça pozitif bölgede artış göstererek N noktasında maksimum değerine ulaşmıştır. Büyük yarıçap değeri arttıkça eşdeğer gerilme değerleri de artış göstermiştir.





Şekil 6.110 Elips delikli WxH=40x32 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

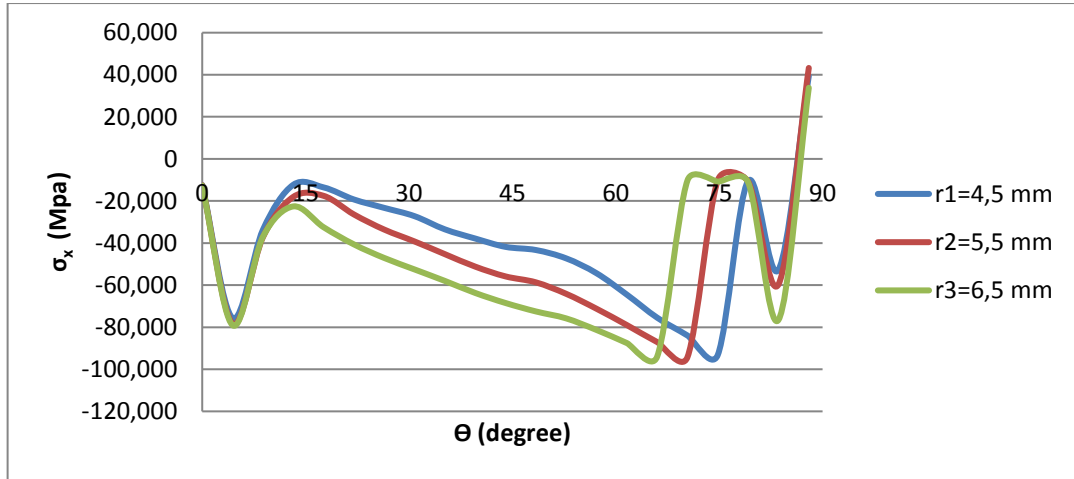
Elips delikli WxH=40x32 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r=5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları şekil 6.111’de verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri en yüksek değerine $75-90^\circ$ arasında ulaşmış fakat $R_1=10,5$ mm büyük yarıçap değerine sahip olan numune M noktasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. τ_{xy} gerilmeleri $15-75^\circ$ arasında ise minimum gerilme değerini almışlardır. τ_{yz} ve τ_{xz} gerilmeleri karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılımı göstermiş ve $0-15^\circ$ ile $75-90^\circ$ arasında maksimum gerilme değerlerine ulaşmış olup büyük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artış göstermiştir.

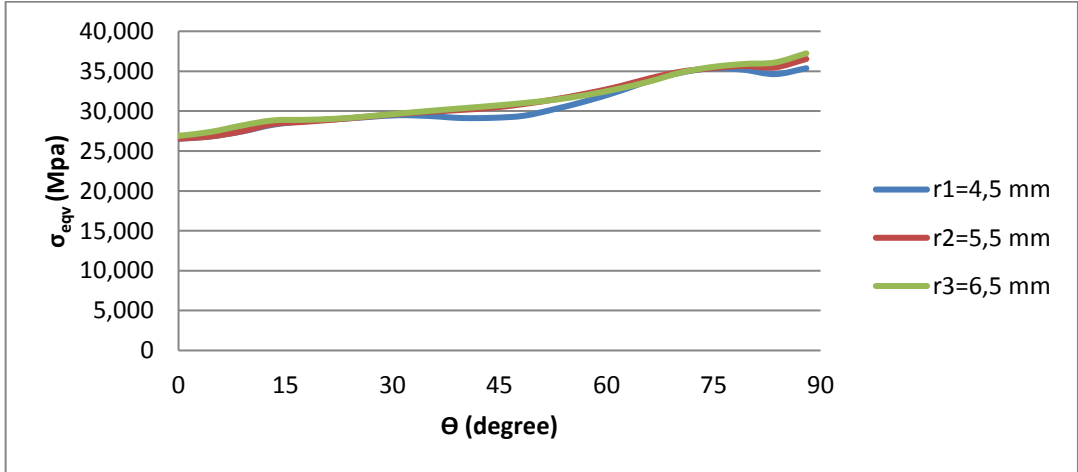
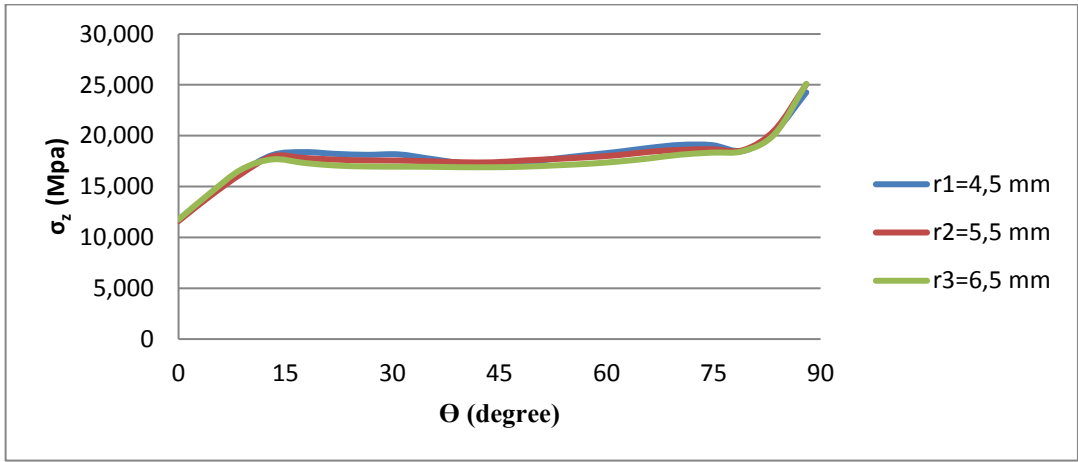
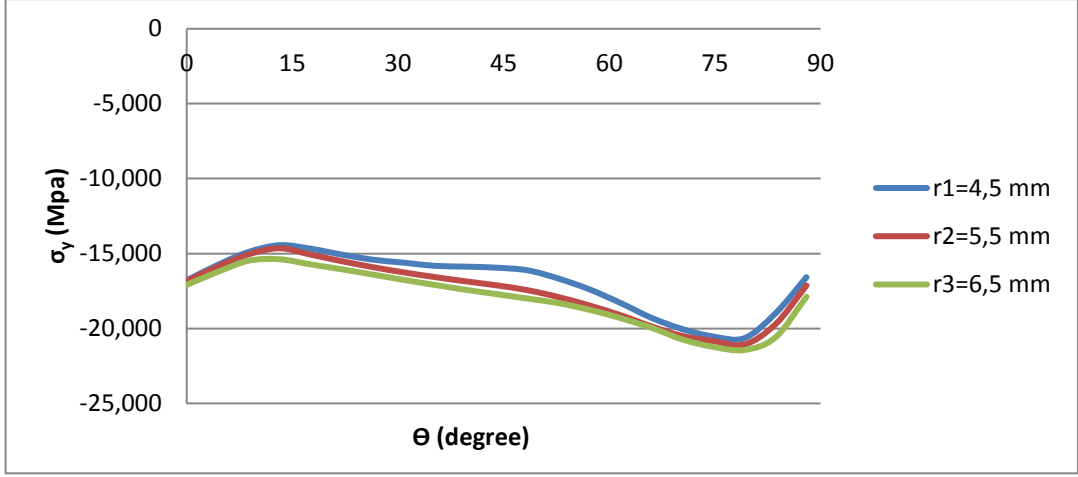


Şekil 6.111 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips küçük yarıçapı $r = 5,5$ mm ve farklı büyük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları

6.1.54 Elips delikli WxH=40x32 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin yama malzemesi üzerindeki MN yörüngesinde elde edilen gerilme dağılımlarının karşılaştırılması

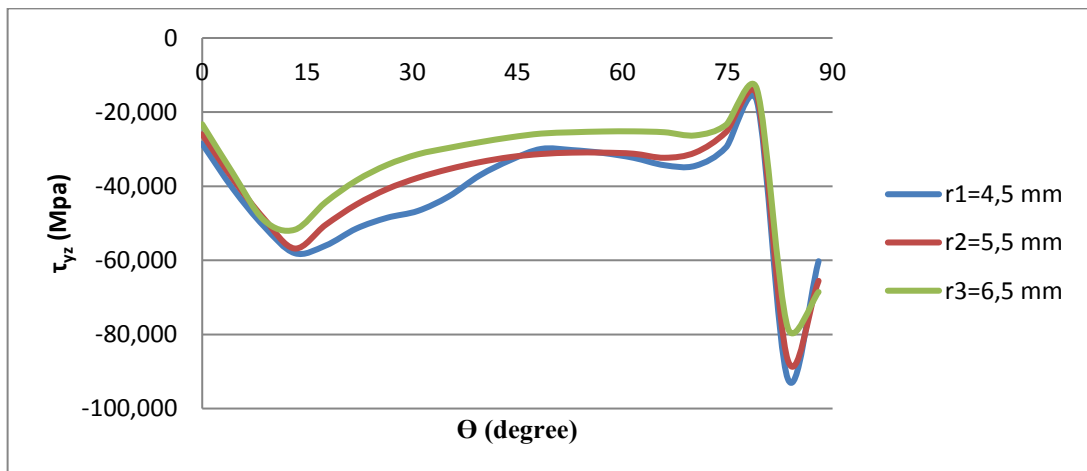
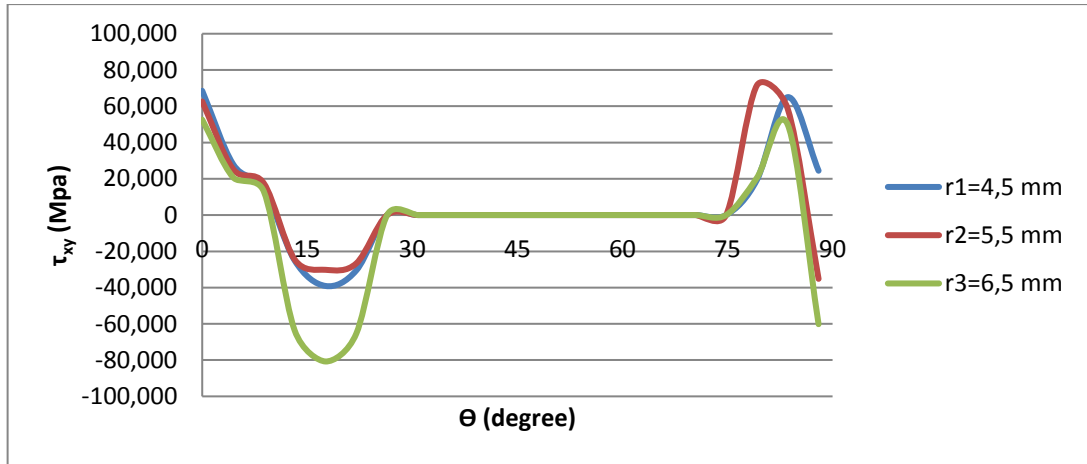
Elips delikli WxH=40x32 mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı R=12 mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları şekil 6.112’de verilmiştir. σ_x gerilmeleri 60-75° arasında en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değişimi maksimum gerilmeleri etkilememiştir. En düşük σ_x gerilmeleri ise 15° ve 75° de görülmektedir. σ_y gerilmeleri minimum değerini yaklaşık 15° de almış en yüksek gerilme değerine ise 75-90° arasında ulaşmıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça σ_y gerilmeleri de artış göstermiştir. σ_z gerilmeleri ve eşdeğer gerilmeler karakteristik olarak birbirine benzer gerilme dağılım grafiği göstermiş ve M noktasında minimum gerilme değeri göstermiş N noktasında ise maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. Küçük yarıçap değeri arttıkça σ_z gerilmeleri ve eşdeğer gerilme değerleri de artış göstermiştir.

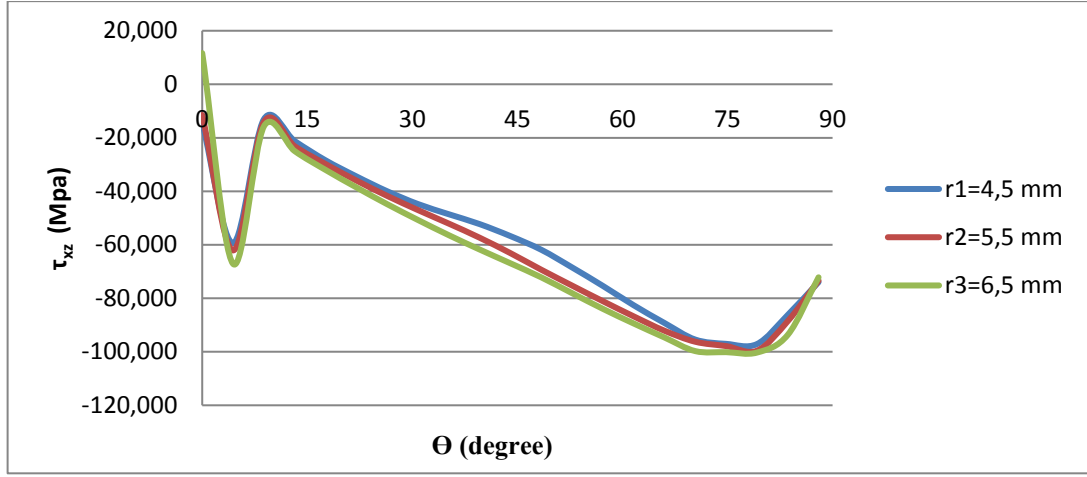




Şekil 6.112 Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen von-Mises ve normal gerilme dağılımları

Elips delikli $W \times H = 40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R = 12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları şekil 6.113'te verilmiştir. τ_{xy} gerilmeleri $75-90^\circ$ arasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır fakat $r_3 = 6,5$ mm küçük yarıçap değerine sahip olan numune $15-30^\circ$ arasında maksimum gerilme değerine ulaşmıştır. Minimum τ_{xy} gerilmeleri de $30-75^\circ$ arasında görülmektedir. τ_{yz} gerilmeleri negatif bölgede ve $75-90^\circ$ arasında en yüksek gerilme değerine ulaşmış olup küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri azalmıştır. τ_{xz} gerilme dağılımları incelenirse maksimum gerilmeler $60-90^\circ$ arasında görülmekte ve küçük yarıçap değeri arttıkça gerilme değerleri de artmaktadır.





Şekil 6.113 Elips delikli $W \times H=40 \times 32$ mm boyutlarında çift taraf yamalı, elips büyük yarıçapı $R=12$ mm ve farklı küçük yarıçap değerlerindeki numunelerin AA-5083 alüminyum levhalar üzerine yapıştırılan malzeme üzerindeki MN yörüngesinde meydana gelen kayma gerilme dağılımları

7. DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmada AA-5083 alüminyum levhalar üzerinde eliptik delikler açılmış daha sonra eliptik delikler kompozit malzeme ile DP460 yapıştırıcı kullanılarak yamanmıştır. Eliptik delik küçük yarıçapı sabit tutulup büyük yarıçapı değişkenlik gösteren, büyük yarıçapı sabit tutulup küçük yarıçapı değişkenlik gösteren, yamasız ve yama boyutları farklı numuneler oluşturulmuştur. Çalışmalar Ansys Mechanical APDL yardımıyla yapılmış numunelerin hasar yükleri, gerilme dağılımları incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Yamasız numuneler eğme yüküne maruz bırakıldığında hasar elips uçlarında oluşmaya başlamıştır. Yamalı numunelerde ise yama dışında yama ile eğme yükü arasında oluşmaya başlamıştır.
2. Yamasız numunelerin ve farklı yama uzunluklarına sahip numunelerin elips küçük yarıçap değerini sabit alıp büyük yarıçap değerini arttırdığımızda elips uçlarında keskinlik arttığı ve yırtılmalar burada başlayacağı için gerilme değerleri de artış göstermiştir. Yine aynı şekilde büyük yarıçap değerini sabit alıp küçük yarıçap değerini arttırdığımızda elips uçlarında keskinlik azalacağı için gerilme değerlerinin de azalma görülmüştür.
3. Çift taraf yamalı bağlantılarda AA-5083 alüminyum ile DP460 yapıştırıcı malzeme arasındaki yörünge, DP460 yapıştırıcı malzeme ile kompozit malzeme arasındaki yörünge ve DP460 yapıştırıcı malzemeye ait yörüngeler aynı yörüngeler olmasına rağmen numuneler farklı gerilme dağılımı göstermişlerdir. Malzemelerin farklı elastisite modüllerine sahip olması bu farklılığa neden olmuştur.
4. Yamasız ve farklı yama boyutlarındaki çift bindirme bağlantıları karşılaştırıldığında yamalı numunelerin daha fazla yük taşıdığı görülmüştür.
5. Elips yarıçapları sabit 24 mm, 28 mm, 32 mm, uzunluklara, 40 mm genişliğe sahip yamalı numunelerde yama uzunluğu arttıkça yapıştırılan alan arttığı için bağlantı mukavemeti artmıştır.

6. Yapıştırma ile yama işleminde yapışma alanı arttıkça mukavemet arttığı için yama boyutu büyük tutulmalıdır.
7. Yapılan tamir çalışmalarında yapıştırma alanının artmasıyla tamir işleminin başarılı olduğu görülmüştür. Estetik zorunluluk ve ya ölçü uygunsuzluğu durumlarında yama malzemeleri daha ince seçilebilir. Literatürde yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Ergün, 2014).

8. KAYNAKLAR

Adams R.D. and Wake W.C., 1984, Structural Adhesive Joint in Engineering, Elsevier Sciece Publisher, London.

Adin H., 2007, Yapıştırıcı ile birleştirilmiş ters Z tipi kompozit malzeme bağlantılarının mekanik analizi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Akpınar S., 2008, Kaymaya maruz yapıştırıcıların mekanik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Apalak Z., 1995, Yapıştırıcı ile birleştirilmiş T-tipi bağlantıların sonlu elemanlar metodu kullanarak analiz ve tasarımı, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Apalak M.K., 1998, Yapıştırıcı ile Metalleri Birleştirme Tekniği, Makine Bülteni, 7(11), 29 31.

Arıkan M.A.S., Sonlu Elemanlar Metodunun Mühendislikte Uygulamaları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

ATSDR, 1999, (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) ‘‘Aluminum’’ , Cas #7429-90-5, Atlanta.

Çitil Ş., 2012, Ortası boş ve ara elemanlı çift takviyeli yapıştırma bağlantılarının mekanik özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Ergün R.K., 2014, Eliptik delikli alüminyum levhaların kompozit yama ile tamir edilmesinin gerilme davranışına etkisinin deneysel ve sayısal araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Genç M.S., 2005, Yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek yönlü tabakalı kompozit tek bindirme bağlantılarında hasar oluşumu ve gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

Houwink R. and Salomon, G., 1965, Adhesion and Adhesives , 2nd edition, Elsevier publishing Co.

http://webb.deu.edu.tr/ansys/tezler/lisans/Aydin_Ugur_Ozturk_2004508065.pdf

Kaya F., 2004, Ana Hatlarıyla Yapıştırıcılar, Birsen Yayınevi, 240s, İstanbul.

Kayacan R., 1988, Yapıştırma ve metal bağlantılar için yapıştırıcı kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kurtkan Ü., 2016, Yapıştırıcı ve perçinle birleştirilmiş tek L tipi bağlantıların çekme davranışının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.

Küçükciçibıyık E., 2005, Farklı Çiğneme Durumlarında Mandibula Kemiğinin Gerilme Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Loctite Worldwide Design Handbook, 1998.

Mall, S., Conley, D.S., 2009, Modeling and Validation of Composite Patch Repair to Cracked Thick and Thin Metallic Panels. *Composites: Part A*, 40: 1331-1339.

Özel A., Aydın M.D. and Temiz Ş., 2004, The effects of overlap length and adherent thickness on the strength of adhesively bonded joints subjected to bending moment, *J. Adhesion Sci. Technology*, 18(3), 313-325.

Sika Teknoloji Klavuzu, 2008.

Somaz M.Y., 2008, Yapıştırıcı ile birleştirilmiş bağlantıların mekanik tasarım ve analizi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Temiz Ş., 2003, Study of the Effect of Environmental Factors on Mechanical Properties of Adhesively Bonded Joints, Ph. D. Thesis, Ataturk University, Erzurum.

Wake W.C., 1986, Adhesion and the Formulation of Adhesives, *Structural Adhesives in Engineering*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, IMechE, 151/86, 161/168

Yokel R.A., 2002, “ Aluminium Chelation Principles and Recent Advances ” *Coordination Chemistry Reviews*, 228:97-113.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yasemen KARAMAN
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Ereğli 10.02.1989
Telefon : 05065053983
Faks :
e-mail : yasem_yk@msn.com

EĞİTİM

Derece	Adı,	İlçe,	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Tüpraş Ç.P.L	Başiskele	Kocaeli	2007
Üniversite	: Hitit Üni.	Merkez	Çorum	2014
Yüksek Lisans	: Batman Üni.	Merkez	Batman	D.E
Doktora	:			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR