

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PIYADE TÜFEĞİNDE KOVANA GELEN  
YÜKLERİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İsmail Hakkı SERDAR**

**Enstitü Ana Bilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE TASARIM VE İMALAT**  
**Tez Danışmanı : Yrd.Doç. Dr. Osman İYİBİLGİN**

**Aralık 2016**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PİYADE TÜFEĞİNDE KOVANA GELEN  
YÜKLERİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**


**İsmail Hakkı SERDAR**


**Enstitü Ana Bilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE TASARIM VE İMALAT**

**Bu tez 22 / 12 / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.**

  
**Jüri Başkanı  
Prof. Dr.  
Fehim FINDIK**

  
**Üye  
Yrd. Doç Dr.  
Yaşar KAHRAMAN**

  
**Üye  
Yrd. Doç. Dr.  
Osman İYİBİLGİN**

## BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.



İsmail Hakkı SERDAR

22/12/2016

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamda fabrika imkanlarını kullanmama olanak veren MKE Silah Fabrikası, MKE Pirinç Fabrikası ve MKE Gazi Fişek Fabrikası yönetici ve çalıőanlarına, beni doğru Şekilde yönlendiren ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Osman İYİBİLGİN'e, tez çalıőmam boyunca beni destekleyerek motive eden aileme teőekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....	3
2.1. Balistik.....	3
2.1.1. Balistik türleri.....	3
2.1.1.1. İç balistik.....	4
2.1.1.2. Dış balistik.....	4
2.1.1.3. Terminal balistik.....	4
2.2. Ateşli Silahlar.....	4
2.3. Barut.....	5
2.4. Ateşli Silahların Kullanılmaya Başlaması.....	5
2.5. Ateşli Silahların Sınıflandırılması.....	6
2.5.1. Ağır ateşli silahlar.....	6
2.5.2. Hafif ateşli silahlar.....	6
2.5.2.1. Uzun namlulu hafif ateşli silahlar.....	6
2.5.2.2. Kısa namlulu hafif ateşli silahlar.....	7

2.6. Tüfeklerin Kullanılmaya Başlanması ve Gelişimi.....	7
2.7. Otomatik Piyade Tüfeklerinin Çalışma Prensipleri ve Feyyür Ölçüsü.....	9
2.7.1. Ani geri tepmeli operasyon.....	11
2.7.2. Geri tepmeli operasyon.....	13
2.7.3. Gazlı operasyon.....	14
2.7.3.1. Kısa kurslu piston.....	14
2.7.3.2. Uzun kurslu piston.....	15
2.7.3.3. Direkt gaz doldurma.....	16
2.8. Fişekler.....	16
2.8.1. Kovan.....	17
2.8.2. Kapsül.....	18
2.8.3. Mermi.....	18
2.9. Güncel Literatür.....	18

### BÖLÜM 3.

DENEYSEL ÇALIŞMA.....	21
3.1. Kovan İçine Uygulanacak Basıncın Elde Edilmesi.....	21
3.2. Kovan Malzemelerinin Fiziksel Özelliklerinin Elde Edilmesi.....	23
3.3. Kaplama Malzemesinin Belirlenmesi.....	25
3.4. Kovan Sıcaklıklarının Belirlenmesi.....	26

### BÖLÜM 4.

SONLU ELEMENLAR ANALİZİ.....	27
4.1. G3 Piyade Tüfeğinin Özellikleri, Ana Parçaları ve Çalışması.....	27
4.2. G3 Piyade Tüfeğinin Analiz Modeli.....	33
4.3. Feyyür Ölçüsü Analiz Modeli ve Analiz Sonuçları.....	35
4.3.1. Feyyür ölçüsü analiz girdileri.....	36
4.3.2. Feyyür ölçüsü analizi için sonlu elemanlar modeli.....	37
4.3.3. Analiz sonuçlarının doğrulanması.....	40
4.3.4. Feyyür ölçüsü analizi sonuçları.....	41
4.3.4.1. Pirinç kovan için feyyür ölçüsü analizi sonuçları.....	41

4.3.4.2. Çelik kovan için feyyür ölçüsü analizi sonuçları.....	44
4.3.4.3. Feyyür ölçüsünün pirinç ve çelik kovan üzerindeki gerilme dağılımına etkisi.....	46
4.4. Kovan Çekme Kuvveti Analiz Modeli ve Analiz Sonuçları.....	50
4.4.1. Kovan çekme kuvveti analiz modeli.....	50
4.4.2. G3 piyade tüfeğinin mekanizma hızının ölçülmesi.....	51
4.4.3. Kovan çekme kuvveti analiz sonuçları.....	53
BÖLÜM 5.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR.....	60
EKLER.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	77

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bar	:	N/m <sup>2</sup>
°C	:	Santigrat derece
C	:	Karbon
Cr	:	Krom
Co	:	Kobalt
Cu	:	Bakır
Fe	:	Demir
F <sub>çekme</sub>	:	Kovan çekme kuvveti
F <sub>sürtünme</sub>	:	Kovanla namlu arasındaki sürtünme kuvveti
Mo	:	Molibden
Mn	:	Mangan
MPa	:	Megapascal
N/mm <sup>2</sup>	:	Newton bölü milimetre kare
m	:	Metre
mm	:	Milimetre
m/s	:	Metre bölü saniye
mm/s	:	Milimetre bölü saniye
ms	:	Mili saniye
N	:	Newton
N	:	Azot
Ni	:	Nikel
P <sub>Kovan</sub>	:	Kovan içi basınç
P <sub>4</sub>	:	Mermi namludan çıktığında kovan içi basınç
P	:	Fosfor
S	:	Kükürt
t <sub>1</sub>	:	Ateşlemenin başladığı zaman



$t_4$  : Merminin namludan çıktığı zaman  
 $Z_n$  : Çinko  
 $\mu$  : Sürtünme katsayısı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. 17. yy başlarında Osmanlıda kullanılan bir fitilli tüfek .....	7
Şekil 2.2. 18. yy sonu 19. yy başlarında Osmanlıda kullanılan çakmaklı siper tüfeği .....	8
Şekil 2.3. Feyyür ölçüsü.....	10
Şekil 2.4. Feyyür ölçüsü emniyetli değerde olmayan bir tüfekle yapılan atış sonucunda kovanın geldiği durum (kovanın şişen kısmı).....	11
Şekil 2.5. Feyyür ölçüsü emniyetli değerde olmayan bir tüfekle yapılan atış sonucunda kovanın geldiği durum (kovanın yarılan kısmı).....	11
Şekil 2.6. Ani geri tepmeli operasyon şematığı .....	12
Şekil 2.7. Geri tepmeli operasyonun şematığı.....	13
Şekil 2.8. Yarı otomatik tabancada kısa kurslu geri tepme.....	14
Şekil 2.9. Kısa kurslu piston sistemi.....	15
Şekil 2.10. Uzun kurslu bir tüfekte bütünleşik halde piston, piston mili ve mekanizma gövdesi .....	15
Şekil 2.11. Direkt gaz doldurmalı bir silahın sistemi.....	16
Şekil 2.12. 7,62x51 mm NATO normal fişegin kesit resmi.....	17
Şekil 2.13. 7,62x51 mm kovanın üretim aşamaları.....	17
Şekil 3.1. Fişegin basınç-zaman verilerinin elde edildiği test düzeneği.....	21
Şekil 3.2. 7,62x51 mm NATO normal fişek için deney sonucunda elde edilen basınç-zaman grafiği.....	22
Şekil 3.3. Deneyin yapıldığı çekme testi cihazı.....	23
Şekil 3.4. Yüksük şeridinden hazırlanan pirinç çekme testi numuneleri.....	23
Şekil 3.5. Çekme testi sonrası pirinç numuneler.....	24
Şekil 3.6. 7,62x54R kovanının kaplama malzemesinin portatif XRF spektrometre ile analizi.....	25
Şekil 3.7. Atış yapılmış bir kovanın sıcaklığının ölçülmesi.....	25

Şekil 4.1. Sabit dipçikli G3 piyade tüfeğinin yandan ve üstten görünüşü.....	28
Şekil 4.2. G3 piyade tüfeğinin ana kompleleri .....	29
Şekil 4.3. G3 piyade tüfeği mekanizmasının atışa hazır durumu .....	30
Şekil 4.4. G3 piyade tüfeğinin mekanizma kilitli haldeki kesit resmi .....	30
Şekil 4.5. G3 namlusundaki gaz kanalları .....	31
Şekil 4.6. G3 piyade tüfeğinde atıştan sonra çözülmüş tahdit çenesi .....	32
Şekil 4.7. G3 piyade tüfeğinin kilit makaralarının çözülerek mekanizmanın geriye gelmesi.....	32
Şekil 4.8. G3 piyade tüfeğinin gaz piston sistemi ile açılabilceğinin gösterilmesi.....	33
Şekil 4.9. G3 piyade tüfeğinin mevcut halinde mekanizmanın açılma şekli.....	34
Şekil 4.10. G3 piyade tüfeğinin önerilen gaz piston sistemli modelinde açılma şekli.....	34
Şekil 4.11. G3 piyade tüfeğinin önerilen modeli.....	34
Şekil 4.12. Feyyür ölçüsü tespiti için analiz modeli.....	35
Şekil 4.13. Feyyür analizi modeli kesit resmi.....	35
Şekil 4.14. Sonlu elemanlar analiz modeli.....	37
Şekil 4.15. Analizde uygulanan basınç-zaman grafiği.....	39
Şekil 4.16. Atış yapılmamış 7,62x51 mm pirinç kovanın profil projektör ölçme cihazında görünümü.....	40
Şekil 4.17. 41,8 mm feyyür aralığına sahip tüfekle atılmış 7,62x51 mm pirinç kovanın profil projektör ölçme cihazındaki görünümü.....	40
Şekil 4.18. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 65 °C'de gerilme dağılımı.....	41
Şekil 4.19. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 65 °C'de kovandaki şekil değiştirme.....	42
Şekil 4.20. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 200 °C'de gerilme dağılımı.....	42
Şekil 4.21. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 200 °C'de kovandaki şekil değiştirme.....	42
Şekil 4.22. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 65 °C'de gerilme dağılımı.....	44

Şekil 4.23. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 65 °C'de kovandaki şekil değiştirme.....	44
Şekil 4.24. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 200 °C'de gerilme dağılımı.....	45
Şekil 4.25. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 200 °C'de kovandaki şekil değiştirme.....	45
Şekil 4.26. Kovanın incelenen kesitinin resmi.....	47
Şekil 4.27. 65°C Kovan sıcaklığı, 41,5 mm-42,0 mm feyyür toleranslarında pirinç kovanın kritik bölgesinin gerilme grafiği.....	47
Şekil 4.28. 65°C Kovan sıcaklığı, 41,5 mm-42,0 mm feyyür toleranslarında çelik kovanın kritik bölgesinin gerilme grafiği.....	48
Şekil 4.29. 200°C Kovan sıcaklığı, 41,5 mm-42,0 mm feyyür toleranslarında pirinç kovanın kritik bölgesinin gerilme grafiği.....	48
Şekil 4.30. 200°C Kovan sıcaklığı, 41,5 mm-42,0 mm feyyür toleranslarında çelik kovanın kritik bölgesinin gerilme grafiği.....	49
Şekil 4.31. Çekme kuvveti analizi yapılacak sistemin kesit resmi.....	50
Şekil 4.32. Kovan çekme kuvveti analiz modeli.....	51
Şekil 4.33. Kovanı çekmeye başlamadan önce G3 piyade tüfeğinin hızlı kamerada görünümü.....	52
Şekil 4.34. Kovanı çekerken G3 piyade tüfeğinin hızlı kamerada görünümü.....	52
Şekil 4.35. Mekanizma kovan çıkartma penceresi boyunca hareketini tamamladığında G3 piyade tüfeğinin hızlı kamerada görünümü.....	53
Şekil 4.36. Kovan çekme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	56
Şekil 4.37. Feyyür ölçüsü ve sıcaklıklara göre kovan çekme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	56

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. 7,62x51 mm NATO normal fişegin deneysel olarak elde edilen basınç-zaman tablosu.....	22
Tablo 3.2. Pirinç çekme numunelerinin testte elde edilen mukavemet değerleri..	24
Tablo 3.3. 7,62x54R fişeginin kovan malzemesinin kimyasal analiz sonuçları...	25
Tablo 3.4. 7,62x54R fişeginin kaplama malzemesinin portatif XRF spektrometre ile analiz sonucu.....	25
Tablo 4.1. G3 piyade tüfeğinin genel özellikleri.....	28
Tablo 4.2. Namlu malzemesinin fiziksel özellikleri.....	36
Tablo 4.3. Mekanizma başı malzemesinin fiziksel özellikleri.....	37
Tablo 4.4. 65°C'de yağlanmamış çelik ve pirinç kovanın çekme kuvveti değerleri.....	54
Tablo 4.5. 200°C'de yağlanmamış çelik ve pirinç kovanın çekme kuvveti değerleri.....	54
Tablo 4.6. 65°C'de yağlanmış çelik ve pirinç kovanın çekme kuvveti değerleri..	55
Tablo 4.7. 200°C'de yağlanmış çelik ve pirinç kovanın çekme kuvveti değerleri	55

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Sonlu Elemanlar analizi, kovan, tüfek, belirgin

Piyade tüfeklerinde atım sayısı ve atım hızı hayati önem taşımaktadır. Kovan malzemesi ve tasarımı, ateşleme sonrasında ihtiyaç duyulan kovan geri çekme kuvvetinin belirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Piyade tüfeklerinin çalışma prensibinde amaç, fişegi namlu haznesi içinde mekanizma başı ile uygun toleransta kilitleyerek patlatmak ve kovan içindeki gaz basıncı emniyetli değerlere düştükten sonra barut gazından yararlanarak boş kovayı çıkarmaktır. Boş kovanın silah mekanizması tarafından otomatik olarak çıkarılması için ani geri tepmeli, geri tepmeli, gaz operasyonlu olmak üzere farklı silah mekanizmaları bulunmaktadır. Bu çalışmada gaz operasyonlu bir silahta fişegin ateşlenmesi sonucunda kovanın farklı feyyür ölçülerine ve farklı kovan malzemelerine göre gösterdiği davranışlar analiz edilerek incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, gaz piston sistemiyle çalışan ve 7,62x51 NATO Normal fişek kullanan bir silahın hangi feyyür toleranslarında güvenli olarak çalışabileceğini belirlemek, kovanın patlama sonrası davranışını, durumunu gözlemlemek ve farklı kovan malzemelerine göre kovan üzerinde oluşan gerilmeleri analiz etmektir. Mevcut durumda kovan malzemesi olarak pirinç kullanılmaktadır. Kovan malzemesi olarak çelik kullanılması durumunda, silahta meydana gelen tutukluk miktarındaki azalma ve elde edilecek verimlilik artışı analiz edilecektir. Fişegin ateşlenmesi sırasında, kovanda ve mekanizma başında oluşan gerilmelere neden olan patlama basıncı ve sıcaklık deneysel olarak tespit edilmiştir. Deneysel çalışmadan elde edilen basınç ve sıcaklık verileri sonlu elemanlar modelinde tanımlanarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, kovan malzemesi olarak pirinç yerine çelik kullanılması durumunda verim artışı tespit edilmiştir. Silahın mermi atım ömrünün arttığı ve tutukluk riskinin azaldığı görülmüştür.

# **ANALYSIS OF THE FORCES ON INFANTRY RIFLE HOUSING VIA FINITE ELEMENT METHOD**

## **SUMMARY**

Keywords: Finite Element (FE) Analysis, cartridge cases, explicit, efficiency

The aim of the working principle of the infantry rifle, to explode the cartridge within the barrel housing, locking cartridge mechanism head in an appropriate tolerance and to eject the empty cartridge by the help of barrel gas pressure which reduced to the safe value after firing. The explosion of the cartridge in a safe manner and ejecting of empty cartridge depend directly on the head space dimensions and barrel material. There are three different weapon mechanisms including sudden retro driving, retro driving and gas operational to eject the empty cartridge automatically by weapon mechanism. In this study, the obtained behaviors of cartridge housing is investigated depending on the different materials and head space dimension as a result of the firing of ammunition in a gas operated gun.

The aim of this study is to determine the head space tolerance which could operate safely in a rifle operating with a gas piston system that uses a 7,62x51 NATO normal cartridge for brass housing and to observe the behavior of housing after the firing and to analyze the change of the head space measurement when the housing material is steel. Furthermore, the properties of removability from the barrel are examined comparing with the housing contact pressure values between steel and brass barrel (housing). During the firing of ammunition, the bursting pressure and temperature after the explosion are experimentally determined. The pressure and temperature data obtained from the experimental studies are defined in finite element model and performed analysis. As a result of the performed studies, for the same dimensional barrel it is observed that instead of brass, using steel material, the tolerance of head space increased but the contract pressure between barrel and housing.

According to the analysis results, it was determined that the service life of the rifle will be increase with the increment of head space dimensions depending on the head space tolerance and the empty cartridge will easily be removed from the rifle when using the brass material instead of steel housing .

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Piyade tüfeklerinin güvenli bir şekilde atış yapabilmeleri için fişegin namlu içinde mekanizma başı ile uygun ölçüde desteklenip patlatılması gerekir. Bu ölçünün kabul edilebilir bir toleransı vardır. Tüfek üretildikten sonra uygun kilitleme ölçüsündeyken bu ölçü kullanım sırasında aşınarak genişler. Eğer kontrol edilmeyip üretici tarafından müsaade edilen değeri aşarsa kovan barut basıncına dayanamayarak yarılr ve silahı dahi patlama tehlikesi ile karşı karşıya bırakır. Bu toleransı etkileyecek en önemli etkenlerden biri kovan malzemesidir.

Piyade tüfekleri fişek patladıktan sonra barut gazının basıncından yararlanarak boş kovanı çıkarır, kovanın çıkarılması esnasında irca yayında depoladıkları enerji ile silahı tekrar kurar. Bu çevrimde patlama sonrası boş kovanın çıkarılması büyük önem arz eder. Çünkü boş kovan çekilmeye başladığında içinde halen basınçlı barut gazı vardır ve kovan malzemesi namlu haznesine büyük bir basınçla bastırılmaktadır. Boş kovanın çekilmesi için atalet kuvvetleri ile birlikte namlu haznesi ile kovan arasındaki sürtünme kuvvetinin de yenilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kovan malzemesinin türü kovanın çekilmesi için gerekli kuvvete de etki edecektir.

Kovan malzemesi olarak farklı ülke ve silah üreticileri tarafından çelik, alüminyum, pirinç gibi değişik malzemeler kullanılabilir. Ülkemizdeki G3, HK 33, M16 gibi NATO ülkelerine ait silahlarda pirinç kovan ve AK-47, PKM gibi Rus menşei silahlarda çelik kovan kullanılmaktadır.

Bu çalışmada çelik ve pirinç kovan malzemesinin, silahın feyyür ölçüsüne ve kovan çekme kuvvetine etkisi araştırılmıştır. Bunun için gaz piston sistemiyle çalışan ve 7,62x51 mm fişek kullanan bir silahın aynı boyutlardaki pirinç ve çelik kovan kullanması durumunda hangi feyyür toleranslarında güvenli olarak çalışabileceği



analiz edilmiş, kovanların patlama sonrası davranışı, durumu gözlemlenmiş ve pirinç ve çelik kovanları haznedan çıkarmak için gerekli kuvvetler bulunarak kovan malzemelerinin performansları karşılaştırılmıştır.

## **BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI**

Günümüz piyade tüfekleri otomatik atış yapma kabiliyetine sahip, boyutları ve ağırlığı oldukça azaltılmış modern silahlardır. Bu silahlar, önceleri sadece top sistemleri olarak kullanılan ateşli silahların elle taşınabilen boyutlara indirilmesiyle geliştirilmiştir. Bu geliştirme sürecine üreticilerin balistik bilgisini arttırması ve değişik üretim yöntemleri ve mekanizma sistemleri tasarlamasının katkısı büyüktür.

Piyade tüfeklerinin çalışma sistemlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için ateşli silahların tanımı, gelişimi, tüfeklerin mekanizma sistemleri, fişekler ve balistik gibi ilişkili konular hakkında genel bilgi verilmeye ihtiyaç duyulmuştur.

### **2.1. Balistik**

Balistik uzaya fırlatılan cisimlerin, özellikle mermilerin gerek bir silahın içindeki gerekse dışındaki devinimlerini ve hedef üzerindeki etkisini inceleyen bilimdir. Fişegin ateşlenmesi ile mermi çekirdeğinin namludan çıkıp, hedefe ulaşmasına kadar ki hareketleri, hedef üzerindeki tahribatları ve mermi çekirdeğinin bu hareketine etki eden faktörleri balistik bilimi inceler [1].

#### **2.1.1. Balistik türleri**

Balistik iç balistik, dış balistik ve terminal balistik olmak üzere üçe ayrılır [2].

### **2.1.1.1. İç balistik**

Silahlarda ateşlemenin başlamasından, merminin silah namlusunu terk edişine kadar meydana gelen olayların tümüne iç balistik denir [3].

### **2.1.1.2. Dış balistik**

Mermi çekirdeğinin namluyu terk ettikten hedefe çarpıncaya kadar geçen zaman içinde meydana gelen olaylarla, yani mermi çekirdeğinin yörüngesi ve bu yörünge üzerindeki hareketi ile ilgilenir. Hava direnci, yer çekimi etkisi, mermi çekirdeğinin düşüşü, sapması ve dengesi gibi konular dış balistiğin konuları arasındadır [4].

### **2.1.1.3. Terminal balistik (Hedef balistiği):**

Mermilerin hedef üzerinde meydana getirdiği etkilerin incelendiği balistik türüdür [3].

## **2.2. Ateşli Silahlar**

Mermi adı verilen özel şekil ve nitelikteki maddeleri, barut gazının basıncı ile namlu içerisinden uzak mesafelere yani hedefe hızla atabilen aletlere ateşli silah denilmektedir [4]. Bir başka deyişle mermiyi dışarı belli bir hızda atan mekanizmalardır [2].

Tüm silah sistemlerinde barutun kimyasal enerjisinin ısı enerjisine dönüşmesini sağlayan kapalı bir hazne (yanma odası) ve harekete başlayan mühimmatın hızlandığı yer olan silah namlusu bulunmaktadır. Barut ateşlendiği zaman her bir barut taneciği yüzeyinden salınan gazlar ile silahın yanma odasında hızla artarak maksimum değere ulaşan bir basınç elde edilir [2].

Mermiyi namlu dışına doğru yüksek hızlarda sevk eden yüksek genişleme hızına ve yüksek basınca sahip bu gazlardır. Ateşli silahların gelişimi barutun bulunmasıyla başlar.

### **2.3. Barut**

Barut, ateşli silahlarda çeşitli ateşleme araçlarıyla tutuşturulması durumunda oluşturduğu gazların itme gücüyle merminin atılmasını ya da herhangi bir aracın fırlatılmasını sağlayan yanıcı katı maddelerin genel adıdır. Tabanca ve tüfek gibi hafif silahlardan roket ve füze sistemleri gibi ağır silahlara kadar geniş bir kullanım alanına sahip bir malzeme olan barut atmosferik oksijen ihtiyacı olmadan ekzotermik bir reaksiyon ile büyük miktarlarda sıcak gaz oluşturan patlayıcı ajandır [5].

Barutun Çinliler veya Endülüslü müslümanlar tarafından icat edildiğine dair iki farklı görüş bulunmaktadır. 12. yüzyılda İspanyada müslüman Endülüslülerin kolayca tutuşabilen tozlarla uğraştığı göz önünde bulundurularak bu tozların müslümanlar tarafından icat edildiği ve müslüman tüccarlar tarafından Çin'e götürüldükleri görüşü bulunsa da İslam dünyasında barut adının geçtiği ilk kaynağın 1294'te ölen al-Hasan al-Rammah'ın Kitab al-furusiya birasm al-jihad adlı eseri olduğu ve bu eserin Çin'deki barut ile ilgili ilk kayıttan yüz yıl sonraya denk geldiği göz önünde bulundurulduğunda barutun Çinliler tarafından icat edildiği kabul edilebilir. [6, 7].

### **2.4. Ateşli Silahların Kullanılmaya Başlaması**

Endülüs müslümanlarının XIII. asırda ateşli silah kullandıklarına dair bazı kayıtlar olmasına rağmen etkisi hakkında bilgi bulunmamaktadır. Avrupa'da ilk ateşli silahın kullanıldığına dair kayıtlar XIV. yüzyılın ilk çeyreğine aittir. Bu tarihlerden sonra ateşli silahlar öncelikle Avrupa'da daha sonra da Balkanlarda ve Osmanlı dünyasında tanınmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. Osmanlıların ateşli silahları ilk olarak ne zaman kullandığı ve hangi yollarla tanıştığı mevzuu tam olarak aydınlatılmış değildir. Ateşli silahların Osmanlı ordularında yaygınlaşması XV. asrın başlarından itibaren olmuştur. Özellikle Balkan milletlerine mensup tüccarlar ve ustalar

vasıtasıyla ateşli silahları elde eden Osmanlılar kısa zaman içerisinde bu silahları kendi imalathanelerinde üretmeye başlayarak kendi silahlarını geliştirmişlerdir [8].

## **2.5. Ateşli Silahların Sınıflandırılması**

### **2.5.1. Ağır ateşli silahlar**

Birden fazla kişi tarafından veya çeşitli vasıtalar yardımıyla kullanılan ağır ve tahrip gücü yüksek olan uzun menzilli silahlardır [1]. Ağır silah, hafif silahlardan veya piyade silahlarından daha büyük çaplı, mürettebat tarafından kullanılan top, obüs veya roketatar gibi modern savaş silahlarına verilen isimdir [3].

### **2.5.2. Hafif ateşli silahlar**

Kullanıcısı tarafından taşınabilen, görece düz bir yörüngeye atış yapan, birçok tipi omuz destekli; 12,7 mm'ye kadar kalibrede, esas kullanım amacı düşmanı mermi veya parçacık atmak suretiyle etkisiz hale getirmek veya baskı altına almak olan silahlardır [9].

#### **2.5.2.1. Uzun namlulu hafif ateşli silahlar**

##### **a. Harp tüfekleri**

Bu silahlar, yiv-setli olup uzun menzile sahip ve delici gücü fazla olan ateşli silahlardır [1]. Piyade tüfekleri ve makinalı tüfekler harp tüfekleri sınıfındadır.

##### **b. Av tüfekleri**

Bu silahlar genel itibariyle yiv-setleri bulunmayan, düz bir namluya sahip olan ateşli silahlardır [1].

### 2.5.2.2. Kısa namlulu hafif ateşli silahlar

Her atıştan sonra tekrar doldurulan tek atışlı tabancalar, fişek yatakları silindir içinde bulunan aşağıya kırılarak veya yana açılarak silindiri (fişek yatağı) doldurulan toplu tabancalar, tetiğe basılı tutulunca fişekler bitinceye kadar atışa devam eden tam otomatik tabancalar, her bir atış için tetiğe basılmasını gerektiren yarı otomatik tabancalar, hem yarı otomatik hem tam otomatik atış yapabilen ve şarjör kapasitesi diğer tabancalara göre daha fazla olan makinalı tabancalar bu grupta yer alır [1].

## 2.6. Tüfeklerin Kullanılmaya Başlanması ve Gelişimi

Tüfeklerin ilk örnekleri iki-üç kişi tarafından kullanılmasına ve hayli hantal bir yapıda olmasına rağmen zamanla tüfeklerin boyutları küçültülmüş ve daha hafif hale getirilerek bir kişi tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Tüfeğin kullanışlı bir silah haline getirilmesinden sonra ordularda tüfekli birlikler oluşturulmuştur. İlk tüfekler fitilli olup önden doldurulmakta ve bir fitil vasıtasıyla ateşlenmekteydiler. Fitilli tüfekler kullanılması hayli zor olması ve hava şartlarından çabuk etkilenmesi askerlerin tepkisini çekmiştir [8]. Şekil 2.1.'de Osmanlılarda kullanılan fitilli bir tüfeğin resmi verilmiştir.



Şekil 2.1. 17. yy başlarında Osmanlıda kullanılan bir fitilli tüfek [10]

Fitilli tüfekler XVII. yüzyılın başlarında Fransa'da çakmaklı tüfeklerin icadıyla kullanımdan kalkmıştır. Fitilli tüfeklere göre daha fazla kullanışlı olan çakmaklı tüfekler kısa sürede yaygınlaşmıştır [8]. Şekil 2.2.'de Osmanlılarda kullanılan çakmaklı bir tüfeğin resmi verilmiştir.



Şekil 2.2. 18. yy sonu 19. yy başlarında Osmanlıda kullanılan çakmaklı siper tüfeği [11]

Bir süre kullanımda kalan çakmaklı tüfeklerin yerini sivri mermiler atan yiv-set sistemli tüfekler almıştır. XIX. yüzyılda ise iğneli tüfekler icat edilmiş ve kısa sürede geliştirilerek kovan-çekirdek sistemiyle çalışması sağlanarak yaygınlaşmıştır [8].

Silahların geliştirme çalışmaları neticesinde yarı otomatik silahların prensipleri İngilizler tarafından bulunmuştur. Yarı otomatik silahların geliştirilmesi 1881 ile 1883 yılları arasında bir Amerikalı olan Hiram Maxim tarafından yapılmıştır. Hiram Maxim, tetik basılı kaldığı ve şarjörde mermi bulunduğu sürece silahın geri tepmesi ile dolumu sağlayan ve ateşe devam eden ilk makineli (otomatik) silahı meydana getirmiştir [1].

Tüfeğin Osmanlılarda ilk kullanıldığı tarih belli değildir. Kaynaklara göre Osmanlılarda tüfeğin kullanımına dair ilk kayıt 1402 tarihlidir. Solakzâde tarihinde, Yıldırım Beyazıt ile Timur arasında yapılan Ankara Savaşında, Beyazıt'a Sırbistan'dan gönderilen yirmi bin kadar yardımcı kuvvetin çoğunun tüfenkendaz piyâde ve süvariden oluştuğunu belirtilir. Osmanlı ordusunda tüfeğin kullanılmasıyla ilgili bir diğer savaş Sultan II. Murad'ın 1440 tarihli Macaristan seferidir. Kaynaklara göre 1444'e doğru Türk ordusunda tüfek kullanımı artmakla birlikte, o tarihlerde tüfek kullanmak yaygın olmadığından askerlerin çok az kısmının tüfekli olduğu muhakkaktır. Fatih Sultan Mehmed döneminde yeniçeriler arasında tüfek kullanımı tamamen yerleşmiştir [8].

Tüfeklerin tarihsel gelişimine bağlı olarak piyadeler namludan doldurularak atış yapan fitilli tüfeklerden seri (otomatik) atış yapabilen otomatik tüfeklere geçmişlerdir.

Günümüz birliklerinde el ile beslemeli, yarı otomatik ve otomatik silahlar kullanılmaktadır.

El ile beslemeli silah: Hazneye fişegin kurma kolu ile manuel olarak sürüldüğü ve atış yapıldıktan sonra boş kovanın çıkarılması ve silahın kurulması manuel olarak yapılan silahlardır. Genelde keskin nişancı tüfekleri bu özelliindedir.

Yarı otomatik silah: Barut gazından yararlanarak boş kovayı çıkaran, silahı tekrar kurarak hazneye fişek süren, ateşe devam etmek için tetigin tekrar çekilmesi gereken silahlardır. Tabancalar, manga tipi keskin nişancı tüfekleri ve av tüfekleri (piyasada otomatik olarak nitelendirilen) bu özelliindedir.

Otomatik silah: Barut gazından yararlanarak boş kovayı çıkaran, silahı tekrar kurarak hazneye fişek süren ve tetige basılı tutuldukça ateşe devam eden silahlardır. Makinalı tüfekler, piyade tüfekleri, makinalı tabancalar otomatik olarak ateş edebilme yeteneğine sahiptir.

## **2.7. Otomatik Piyade Tüfeklerinin Çalışma Prensipleri ve Feyyür Ölçüsü**

Otomatik tüfekler, fişek patladıktan sonra oluşan barut gazını kullanarak boş kovanın haznedenden çekilip atılmasını ve irca yayına depoladıkları enerji ile hazneye dolu fişek sürülmesini ve tetik çekili tutulduğu sürece atış yapabilmeyi sağlarlar.

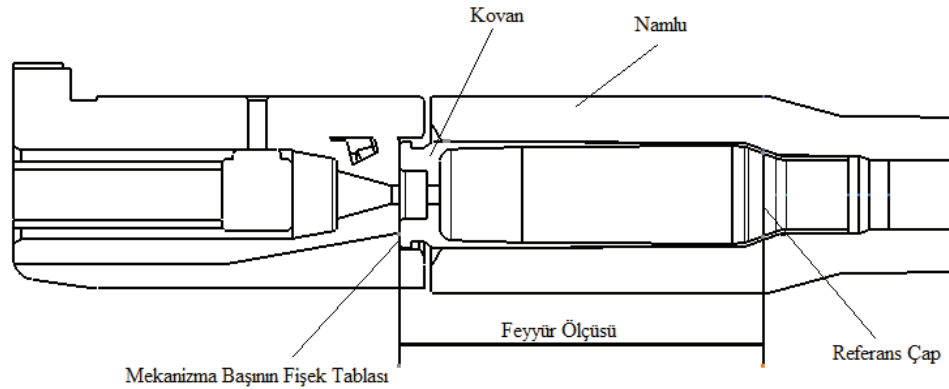
Tüm otomatik piyade tüfeklerinde fişegin namlu içinde desteklenerek patlatılması ve kovan içindeki basıncın güvenli seviyeye düşene kadar kovanın haznedenden geriye doğru gelmesine müsaade edilmemesi ortak amaçtır. Kovan içindeki basınç güvenli seviyeye düşmeden kovan namludan geriye doğru gelirse kovan malzemesi yüksek basınca dayanamayarak yarılr; silahı dahi yarılrma-patlama tehlikesiyle baş başa



bırakır. Bu gibi durumlara izin vermemek için kovan içi basınç güvenli seviyeye inene kadar mekanizma başı ile kovanın hazne içinde uygun feyyür ölçüsünde desteklenmesi gerekmektedir.

Feyyür ölçüsü:

Kovan omzunun namlu haznesine oturan kısmında referans olarak belirlenen bir çaptan itibaren kilitli haldeki mekanizma başının fişek tablasına olan mesafeye feyyür ölçüsü denir. 7,62x51 mm NATO fişeklerinde omuz referans ölçüsü olarak genelde 10,16 mm veya 11,4 mm çap ölçüsü kullanılır. Feyyür ölçüsü fişegın güvenli olarak patlatılması ve kovanın güvenli olarak çıkarılması esas olmak üzere üreticilerin taktirindedir. Feyyür ölçüsünün tüfek mekanizması üzerinde gösterimi Şekil 2.3.'te verilmiştir



Şekil 2.3. Feyyür ölçüsü

Feyyür ölçüsü emniyetli değerde olmayan bir tüfekle yapılan atış sonucunda kovanın geldiği durumlar (aynı kovan için) Şekil 2.4. ve Şekil 2.5.'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Feyyür ölçüsü emniyetli değerde olmayan bir tüfekle yapılan atış sonucunda kovanın geldiği durum (kovanın şişen kısmı)

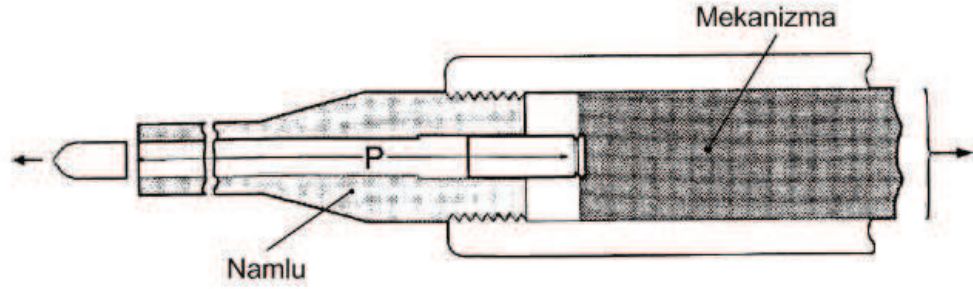


Şekil 2.5. Feyyür ölçüsü emniyetli değerde olmayan bir tüfekle yapılan atış sonucunda kovanın geldiği durum (kovanın yarılan kısmı)

Fişeğin hazne içinde güvenli şekilde patlatılması ve boş kovanın gaz kuvvetiyle çekilerek dolu fişeğin hazneye sürülmesi otomatik tüfeklerde ortak amaçsa da bu işlemlerin yapılması için farklı üstünlükleri olan değişik mekanizma türleri geliştirilmiştir.

### 2.7.1. Ani geri tepmeli operasyon

Fişek patladıktan sonra oluşan yanma gazlarının kovani ve mekanizmayı geriye doğru iterek mekanizmanın açılmasını sağlayan sistemlerdir [9]. Ani geri tepmeli operasyonun çalışma mantığı Şekil 2.6.'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Ani geri tepmeli operasyon şematığı [9]

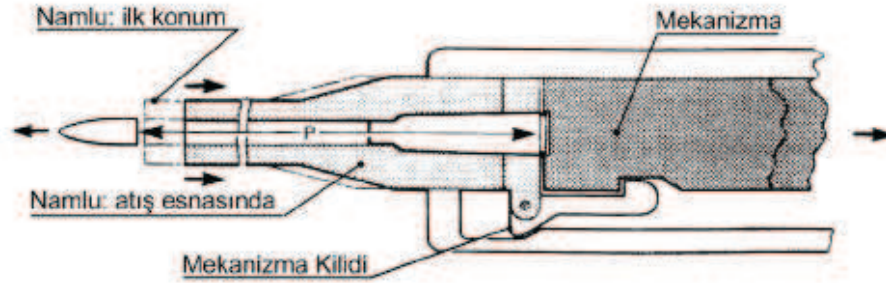
Ani geri tepmeli operasyon sistemi:

- Mekanizma kilitlenmeden ağır bir mekanizmanın ataleti ile basınç altındaki kovanın kontrol altında tutulduğu basit veya yalın ani geri tepme,
- Yay etkisi altında ileri doğru hareketin enerjisi ve mekanizma ataleti ile basınç altındaki kovanı kontrol altında tutarak mekanizmanın ileri doğru hareketini kullanarak mekanizma ağırlığını %50'ye kadar azaltan erken kapsül ateşlemeli ani geri tepme,
- Mekanik düzenekler kullanarak patlama sonrası oluşan basıncı güvenli seviyeye düşüncüye kadar düşene kadar mekanizmanın açılmasını geciktiren gecikmeli ani geri tepme,
- Patlama sonrası oluşan basınç güvenli seviyeye düşene kadar mekanizmayı kilitli tutan, gaz basıncı güvenli seviyeye düştükten sonra kilidi açarak namlu içindeki gaz basıncı ile mekanizmanın açılmasını sağlayan mekanizması kilitli ani geri tepme olarak dörde ayrılır [9].

Basit ani geri tepme düşük güçlü fişekler atan spor tüfekleri ve küçük kalibreli tabancalarda; erken kapsül ateşleme hafif makineli tüfekler ve makineli tabancalarda; gecikmeli ani geri tepme piyade tüfekleri ve hafif makineli tüfeklerde; mekanizması kilitli ani geri tepme sistemleri ise ağır makineli tüfeklerde kullanılır [9].

### 2.7.2. Geri tepmeli operasyon

Bu operasyon biçiminde, mekanizma namluya kilitlenir, fişek ateşlendiğinde mekanizma ve namlu bir süre beraber geriye doğru hareket ederler operasyonun ilerleyen safhalarında, namlu ve mekanizma arasındaki kilit çözülür ve mekanizma yoluna devam ederken boş kovanın namludan çekilmesi ve dışarıya fırlatılması aşamaları gerçekleşir [9]. Geri tepmeli operasyonun çalışma mantığı Şekil 2.7.'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Geri tepmeli operasyonun şematığı [9]

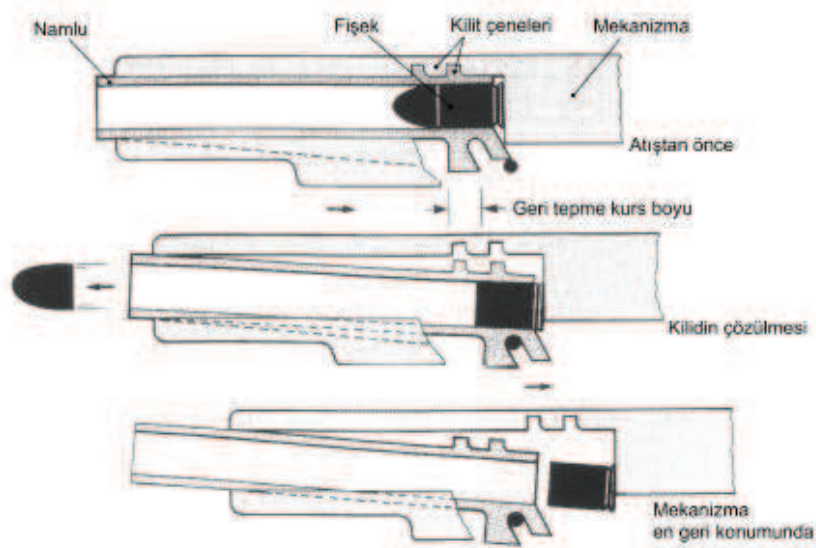
Geri tepme operasyon sistemi ile çalışan silahlar, uzun kurslu geri tepme ve kısa kurslu geri tepme olmak üzere iki temel kategoriye ayrılır [9].

- a. Namlu ve mekanizmanın tüm geri hareket boyunca kilitli kaldıktan sonra mekanizmanın geride kalarak namlunun ileri doğru gitmesiyle boş kovayı tahliye eden ve namlu ileri hareketini tamamladıktan sonra mekanizması hareket ederek silahı tekrar kuran uzun kurslu geri tepme,
- b. Namlu ve mekanizmanın namlu içindeki basıncın emniyetli sınıra inene kadar çok kısa bir süre birlikte hareket ettiği daha sonra birbirlerinden ayrılarak mekanizmanın arkaya doğru hareket ederek boş kovayı tahliye eden kısa kurslu geri tepme olmak üzere ikiye ayrılırlar [9].

Uzun kurslu geri tepme sırasında namlunun yer değiştirmesi silahın ağırlık merkezini değiştirdiğinden bu tüfeklerin isabet oranı düşmektedir. Bu nedenle bu sistem küçük

kalibreli silahlarda uzun yıllardır kullanılmamaktadır. Kısa kurslu geri tepme prensibi çok yoğun bir biçimde yarı-otomatik tabancalarda kullanılır [9].

Yarı otomatik tabancalarda kullanılan kısa kurslu geri tepme sisteminin çalışma prensibi Şekil 2.8.'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Yarı otomatik tabancada kısa kurslu geri tepme [9]

### 2.7.3. Gazlı operasyon

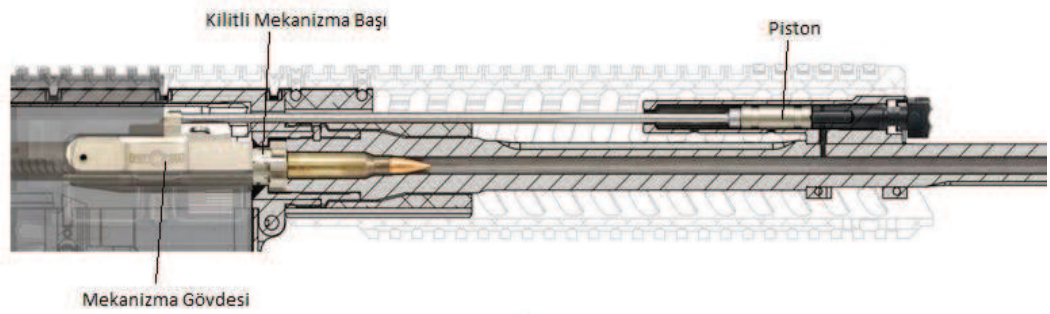
Bu sistemde atış sırasında kilitli olan mekanizma kovan içindeki basınç emniyetli seviyeye düşünce, namlu üzerinde bir noktadan açılmış gaz firar deliği vasıtasıyla yanma gazları pistonla kuvvete çevrilerek mekanizmanın kilidi açılır. Yıllar içinde gaz operasyonlu tüfeklerin tasarımı üç ana kategoride farklılaşmıştır. Bunlar sırasıyla; uzun kurslu piston, kısa kurslu piston ve direkt gaz doldurma sistemleridir [9].

#### 2.7.3.1. Kısa kurslu piston

Kısa kurslu piston sisteminde, piston mekanizmaya sabitlenmemiştir; atış çevriminde sadece kısa bir süre mekanizma ile temasa geçer ve bu temasta mekanizmaya iter. Bu sistemde de gaz, firar deliğinden geçerek bir silindir içerisine

dolar ve pistonu iter. Piston bir çekiç gibi mekanizmaya çarparak ona hareket verir [9].

Bu sistemde kirli barut gazları doğrudan tüfeğin mekanizma grubu ile temasa geçmediğinden mekanizma grubu daha az kirlenir ve tüfek daha az tutukluk yapar. Genelde piyade tüfeklerinde kullanılan bu sisteme örnek olarak HK 417 verilebilir. Kısa kurslu piston sistemi ile çalışan bir silahın mekanizma grubu Şekil 2.9.'da verilmiştir.



Şekil 2.9. Kısa kurslu piston sistemi [12]

### 2.7.3.2. Uzun kurslu piston

Uzun kurslu piston sisteminde, piston mekanizmaya sabitlenmiştir; atış çevrimi boyunca mekanizmanın konumunu ve pozisyonunu kontrol eder. Mermi, gaz firar deliğini geçtiği anda, gaz silindire dolar ve piston geriye doğru iter. Piston, mekanizmayı kilidinden kurtararak harekete geçirir. Mekanizma, geriye doğru hareketi boyunca piston tarafından kontrol edilir [9].

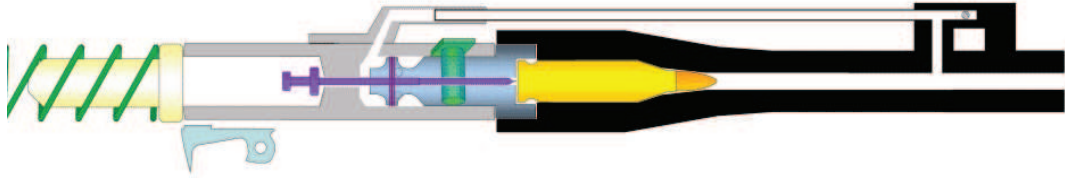
Bu sistem genelde makinalı tüfeklerde kullanılır. PKM bu sisteme örnek olarak verilebilir. Uzun kurslu bir tüfekte bütünleşik halde bulunan piston, piston mili ve mekanizma gövdesi Şekil 2.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Uzun kurslu bir tüfekte bütünleşik halde bulunan piston, piston mili ve mekanizma gövdesi [13]

### 2.7.3.3. Direkt gaz doldurma

Bu sistemde gaz firar deliğinden alınan gaz, boru vasıtasıyla direkt olarak mekanizma tarafına aktarılır. Buraya gelen gaz, kilitlenmiş olan mekanizma başı ile mekanizma taşıyıcısı arasındaki genişleme odasına dolarak mekanizma taşıyıcısına geriye doğru hareket verir ve mekanizma başının kam sistemi ile açılması sağlanır. Bu andan sonra mekanizma başı ve taşıyıcısı beraber hareket ederler; taşıyıcı kazandığı momentum ile atış çevriminin geri kalanını gerçekleştirir [9]. Direkt gaz doldurmalı bir silahın mekanizma grubunun resmi Şekil 2.11.'de verilmiştir.



Şekil 2.11. Direkt gaz doldurmalı bir silahın sistemi [14]

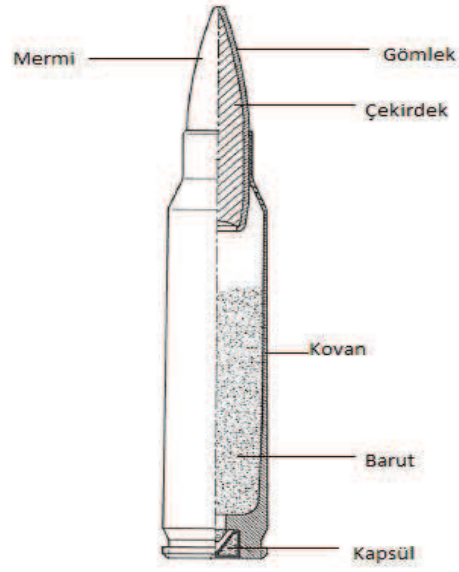
M16 piyade tüfeği bu sistemle çalışmaktadır. Bu sistem piyade tüfeklerinde kullanılsa da geri tepme kuvveti namlu eksenine doğrultusunda uygulandığından dağılımının iyi olması nedeniyle yarı otomatik keskin nişancı tüfeklerinde de tercih edilmektedir.

## 2.8. Fişekler

Ateşli silahlarda kullanılan, canlı veya cansız maddeler üzerinde tahribat yapan, barut (itici madde), çekirdek, kovan ve kapsülden oluşan malzemelerin tümüne fişek denir [15].

Fişek tabiri genel olarak 5,56 mm ve 12,7 mm silah mühimmatları için kullanılmakta olup 12,7 mm'den daha büyük kalibreli silahlarda kullanılan ve mermisinde patlayıcı madde bulunan malzemeler mühimmat olarak adlandırılmaktadır. Fişek; kovan, kapsül, mermi ve barut olmak üzere 4 elemandan oluşur. 7,62x51 mm NATO normal fişekğin kesit resmi Şekil 2.12.'de verilmiştir.





Şekil 2.12. 7,62x51 mm NATO normal fişegin kesit resmi [16]

### 2.8.1. Kovan

Kapsül, barut ve mermi çekirdeğini üzerinde barındıran ve silahın ateşlenmesi ile mekanizma tarafından dışarıya atılan bölümüne kovan adı verilmektedir. Genellikle bakır ve çinko alaşımı olan pirinç; çelik veya alüminyum gibi metallere imal edilirler [15].

Şekil 2.13.'te MKE Pirinç ve Gazi Fişek Fabrikalarındaki 7,62x51 mm NATO normal fişek kovanının üretim aşamaları gösterilmektedir. Pirinç plakalardan kalıplarla kesilen yüksükler (resmin en solunda) plastik şekil verme ve ısıl işlem proseslerinden sonra bitmiş kovan haline getirilmektedir.



Şekil 2.13. 7,62x51 mm kovanın üretim aşamaları



### 2.8.2. Kapsül

Tetik çekildiğinde silahın ateşleme iğnesinin ilk çarptığı nokta olan kapsülün içinde başlatıcılar ismi verilen kimyasal karışımlar bulunmaktadır. Kapsülün içeriğinde genellikle patlamaya hassas maddelerin yanında, patlayıcı, oksitleştirici, yanıcı maddeler de vardır. Günümüzde kapsüllerde patlayıcı genellikle kurşun stifenat (kurşun trinitrorezorsinat), oksitleyici baryum nitrat ve yanıcı antimontrisülfür kullanılmaktadır. Ateşli silahın tetiğine basıldığında tetik kapsüle çarparak darbeye hassas maddelerin alevlenmesini sağlar [15].

### 2.8.3. Mermi

Silahın ateşlenmesi ile birlikte namlu içerisinden geçerek hedefe giden ve hedef üzerinde tahribat yapan kısımdır [15]. Normal fişeklerde mermi çekirdek ve gömlekten oluşur. Çekirdek fişeğin cinsine göre çelik, kurşun, izli (kurşunun arkasında) olabilir. Kurşunun namluya sıvanmaması ve çelik çekirdeklielerde çeliğin namluyu aşındırmaması için merminin çekirdek kısmı bakır alaşımı gömlekle kaplanır. İzli fişeklerde merminin arka kısmına iz bileşiği ve tutuşturma maddesi konulur.

## 2.9. Güncel Literatür

Yapılan literatür araştırmasında benzer kaynaklar incelenmiş ve kovan malzemeleri, üretim prosesleri, silah parçalarının analizleri ile ilgili görülen yayınlar aşağıda verilmiştir.

Joseph ve Malkovich [17] fişek ağırlığını azaltma amacıyla 5,56 mm M855 pirinç kovanın polimer yapılabilirliğini sonlu elemanlar metoduyla analiz etmiştir. Analiz sonuçlarına göre pirinç kovan boyutlarındaki polimer kovanın pirinç kovan ile aynı mukavemeti göstermesinin mümkün olmadığı ifade edilmiştir.

Abo-Elkhair [18] 5,56x23 mm kovanların üretim proseslerini irdelemiş, üretim prosesleri nedeniyle kovanda kalıntı gerilmeler oluştuğunu ve giderilememesi halinde atış sonrası hasara yol açabileceğini belirtmiş ve gerilmelerin giderilmesi için uygun şartlarda yapılacak tavlama işleminin öneminden bahsetmiştir. Ayrıca bazı basitleştirmeler yapılarak kovan çekme kuvveti formülleştirilmiştir.

Yu ve ark. [19] M16 tüfeğinin mekanizma başının statik analizini yaparken mekanizma başının ön yüzüne gelen basıncı, deneysel olarak daha önce elde edilen kovan iç basınç değerinin yarısını alarak uygulamış ve parçada oluşan hasarın gerilmelerin yüksek olduğu bölgelerde olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca hasara uğrayan parçaların kırılma mekanizmalarını elektromikroskopla inceleyerek parçanın kilit kısmında oluşan mikro çatlaklar nedeniyle hasar oluştuğunu belirtmiştir.

Deng ve ark. [20] 9 mm bir tabanca namlusunda mermi çekirdeğinin hareketini sonlu elemanlar yöntemi ile analiz etmişler, mermi hızı ve mermi izlerinin analiz sonuçları ile deneysel sonuçları karşılaştırarak sonuçların örtüştüğünü görmüşlerdir. Merminin ilerletilmesi için gerekli mermi dip basıncını, ortalama hazne basıncı-zaman eğrisini Vallier–Heydenreich amprik formülü ile mermi dip basıncı-zaman eğrisine dönüştürülerek elde etmişlerdir.

Kristani [21] geri tepmeli bir silah sisteminin hareket denklemini ele alarak iyileştirmiştir. Denklemi ifade ederken kovan et kalınlığının sabit olduğu, kovan yüzeyinin silindirik olduğu, sıcaklık etkilerinin ve kovandaki eksenel uzamaların olmadığı gibi kabuller yapmıştır.

Gündüzer [3] bir ağır silah namlusunun cidar kalınlığı optimizasyonu üzerinde çalışmıştır. Bunun için kullanılan mühimmatın basınç-zaman grafiği ve oluşan basınçların namludaki uygulanma bölgeleri ve süreleri PRODAS yazılımından elde edilerek sonlu elemanlar programına aktarılmış ve namlu üzerindeki gerilmeler elde edilmiştir. Oluşan gerilmelerin namlu malzemesinin mukavemet değerinden düşük olduğu görüldüğünden namlu cidarı 2 kez inceltirilerek namlunun hafifletilmesi sağlanmıştır.

Özyılmaz [9] çalışmasında silah sistemlerini termodinamik açıdan inceleyerek bazı silah sistemlerine ait balistik verim, namlu çıkış hızı ve enerji kayıplarını ifade etmiştir. Ayrıca test namlusu kullanarak 9 mm Luger fişegin namlu içi basınç-zaman, namlu içi basınç-mermi konumu, mermi konumu-zaman, mermi hızı-zaman, mermi hızı-mermi konumu grafiklerini elde etmiştir.

Özmen [22] av tüfeğinin mekanizma kilit parçasının sürgü mekanizmasıyla çarpışma analizini ve kilit parçasının yorulma analizini yapmıştır. Çarpışma analizi için gerekli kuvvet tüfeğin mekanizma grubunun hızı ölçülerek momentum ilişkisiyle hesaplanmış ve sonlu elemanlar programına girilerek kilit parçasındaki gerilme değerleri tespit edilmiştir. Yorulma analizi için de sonlu elemanlar yazılımında parçaya aynı kuvvet uygulanarak parçanın gerilme ve şekil değiştirme tabanlı yorulma ömürleri elde edilmiştir.

Abaş [23] gaz pistonlu bir piyade tüfeğinin pistonu gelen kuvvetini hesaplamalı akışkanlar dinamiği programıyla hesaplayarak sonlu elemanlar programına aktarmış ve mekanizmaya etki ettirmiştir. Böylelikle mekanizma hızının, yer değiştirmesinin yerine getiren yay kuvvetini ve enerjisinin zamana bağlı grafiklerini elde etmiştir.

Varol [24] av tüfeğinin kilit parçası için uygun malzeme ve ısıl işlem yöntemlerinin tespiti için çalışmış, sonuçları deneysel yöntemlerle karşılaştırmıştır. Ayrıca kilit parçasına gelen basıncı sonlu elemanlar programında giriş verisi olarak kullanılarak parçanın gerilme, şekil değiştirme ve enerji durumlarını incelemiş, enerji birikmelerini önlemek için parçayı daha esnek hale getirecek bir tasarım değişikliği yaparak analizi tekrar etmiştir. Analiz sonuçlarına göre tasarım değişikliği yapılan parçada enerji dağılımlarının daha homojen olduğu görülmüştür.

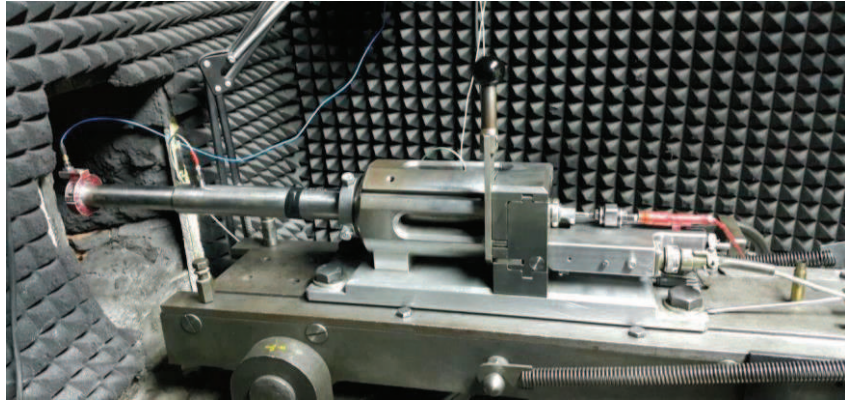
Taşkıran [25] çalışmasında ağır silah geri tepme mekanizmalarını tanıtmış, hareket denklemlerini elde etmiştir. Bu denklemlerle 120 mm çaplı tank silah sisteminin geri tepme mekanizmasının matematiksel modelini oluşturmuş ve MATLAB'da çözerek elde ettiği sonuçları atış sırasındaki ölçümlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırmıştır.

## BÖLÜM 3. DENEYSEL ÇALIŞMA

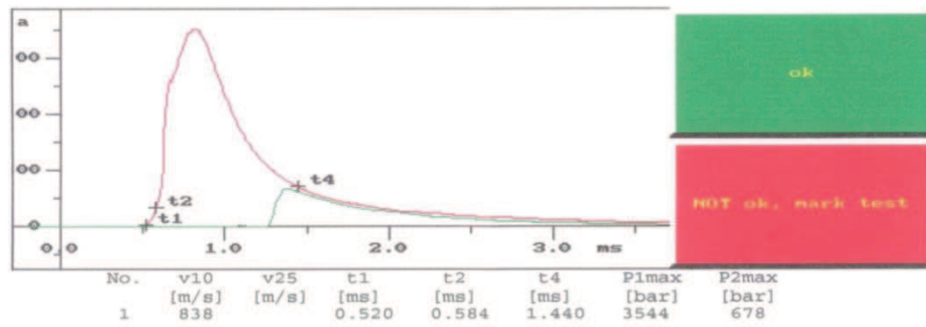
Analiz için gerekli olan kovan içi basınç, pirinç kovan malzemesinin mukavemet değeri, çelik kovanın ve kaplama malzemesinin özellikleri ile kovan sıcaklığı deneysel olarak elde edilerek sisteme uygulanmıştır.

### 3.1. Kovan İçine Uygulanacak Basıncın Elde Edilmesi

7,62x51 mm NATO normal fişegin basınç değerleri MKE Gazi Fişek Fabrikasındaki 562 mm namlu uzunluğuna sahip özel test düzeneğinde deneysel olarak elde edilmiştir. Kullanılan düzenek Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Düzenekteki test namlusunun hazne kısmına (kovan ağzı bölümü) takılan piezoelektrik basınç sensörü ile fişegin patlama sonrası basınç-zaman eğrisi elde edilmiştir. Elde edilen basınç-zaman eğrisi Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Fişegin basınç-zaman verilerinin elde edildiği test düzeneği



Şekil 3.2. 7,62x51 mm NATO normal fişek için deney sonucunda elde edilen basınç-zaman grafiği

Grafikte  $t_1$  ateşlenmenin başladığı zaman  $t_4$  merminin namludan çıktığı zamandır. Deney düzeneği atış sonrası grafiği vermekte, ancak zamana göre basınç değerlerini otomatik olarak vermemektedir. Bu nedenle değerler, deney sonuçlarının aktarıldığı bilgisayardan imlecin eğri üzerinde hareket ettirilmesiyle alınmıştır. Eğrinin ani değişim bölgelerinde daha fazla olmak üzere alınan değerlere göre Tablo 3.1. (basınç-zaman tablosu) oluşturulmuş ve bu kovan ağzı basınç değerleri kovan içine uygulanarak analizde kullanılmıştır.

Tablo 3.1. 7,62x51 mm NATO normal fişegin deneysel olarak elde edilen basınç-zaman tablosu

Sıra No	Zaman (ms)	Basınç (Bar)	Sıra No	Zaman (ms)	Basınç (Bar)
1	0	0	18	0,881	3352
2	0,52	8	19	0,890	3256
3	0,578	330	20	0,939	2872
4	0,617	930	21	0,978	2536
5	0,627	1337	22	1,017	2273
6	0,628	1769	23	1,047	1985
7	0,637	2153	24	1,086	1745
8	0,646	2416	25	1,144	1505
9	0,666	2560	26	1,213	1241
10	0,705	2872	27	1,291	1001
11	0,724	3184	28	1,378	809
12	0,754	3280	29	1,447	714
13	0,773	3448	30	1,720	450
14	0,793	3496	31	2,111	258
15	0,802	3520	32	2,491	162
16	0,812	3544	33	2,755	162
17	0,851	3472	34	2,921	114

### 3.2. Kovan Malzemelerinin Fiziksel Özelliklerinin Elde Edilmesi

Pirinç kovanın malzemesinin fiziksel özelliği çekme testi yapılarak deneysel yolla elde edilmiştir. Bunun için MKE Pirinç Fabrikası'ndan pirinç yüksük şeridi numunesi alınmış ve DIN 50125 4.6. maddeye göre 4 adet çekme testi numunesi hazırlanarak INSTRON marka cihazla çekme testine tabi tutulmuştur. Çekme testi yapılan cihaz Şekil 3.3'te verilmiştir. Çekme testi sonucu en düşük çekme değerine sahip numunenin değeri analiz programına pirinç kovanın malzeme değeri olarak girilmiştir.



Şekil 3.3. Deneyin yapıldığı çekme testi cihazı



Şekil 3.4. Yüksük şeridinden hazırlanan pirinç çekme testi numuneleri

Pirinç kovan üretiminin ilk evresi olan yüksüklerin, şeridin herhangi bir yerinden olma ihtimali nedeni ile çekme testi numuneleri şeridin hadde yönünden ve hadde yönünün tersi yönünden olmak üzere iki farklı bölgesinden ikişer adet alınmıştır. Aynı hadde yönünde alınan numunelerden biri 5 mm/s hızla diğeri 25 mm/s hızla çekilmiştir. Hazırlanan numunelerin çekme testi öncesi görünümü Şekil 3.4.'te, test sonrası durumları Şekil 3.5.'te, çekme testi sonuçları Tablo 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Çekme testi sonrası pirinç numuneler

Tablo 3.2. Pirinç çekme numunelerinin testte elde edilen mukavemet değerleri

Numunenin Durumu	Çekme Hızı	Numune No	Kopma Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	% Uzama
Hadde Yönü	5 mm/s	2	143/357	86
Hadde Yönü	25 mm/s	4	152/361	85
Hadde Yönüne Ters	5 mm/s	1	140/351	86
Hadde Yönüne Ters	25 mm/s	3	135/345	89

Çelik kovanın şerit malzemesi mevcut olmadığından numune hazırlanamamış ve çekme testi yapılarak mukavemeti belirlenememiştir. Ancak Rus menşeli 7,62x54R fişeginin kovanı (çelik kovan) preste ezilerek kaplaması kaldırılıp, malzemesi spektrometre ile analiz edilmiş ve bu malzemenin düşük karbonlu çelik olduğu tespit edilmiştir. ANSYS'in malzeme kütüphanesinden düşük karbonlu çelik malzemesi seçilerek fiziksel özellikleri kovana tanımlanmıştır. 7,62x54R fişeginin kovan malzemesinin kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.3.'te verilmiştir.



Tablo 3.3. 7,62x54R fişeginin kovan malzemesinin kimyasal analiz sonuçları

% C	% Mn	% P	% S	% Cr
0,2	0,45	0,035	0,011	0,15
% Mo	% Ni	% Co	% N	% Fe
0,016	0,2	0,016	0,01	98,6

### 3.3. Kaplama Malzemesinin Belirlenmesi

Analiz edilecek çelik kovanın korozyona mukavim olması için kaplama yapılmış olması gerekmektedir. Nitekim Rus menşeli 7,62x54R kovanın üzerinde de bakır kaplama bulunmaktadır [26]. Analiz edilecek kovan üzerinde de aynı kaplamanın olacağı kabul edilerek bu kaplamanın içeriğinin tam olarak belirlenmesi için Rus menşeli 7,62x54R kovan ezilmiş ve portatif XRF spektrometre ile kaplaması analiz edilerek kaplamanın içeriği belirlenmiştir. Kaplama içeriğinin bilinmesi analizde sürtünme katsayısı tanımlamak için gereklidir. Şekil 3.6.'da kaplama analizi yapılan cihaz ve analiz şekli gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.4.'te verilmiştir.



Şekil 3.6. 7,62x54R kovanının kaplama malzemesinin portatif XRF spektrometre ile analizi

Tablo 3.4. 7,62x54R fişeginin kaplama malzemesinin portatif XRF spektrometre ile analiz sonucu

% Cu	% Co	% Mn	% Zn
82,83	0,35	0,04	8,65



### 3.4. Kovan Sıcaklıklarının Belirlenmesi

Yapılan analizde kovan sıcaklığı da önem arz etmektedir. Barut ateşlendikten sonra kovanın eriştiği sıcaklığın tespit edilerek sisteme uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle kovanın sıcaklığı atış öncesi ve sonrası termokupllu termometre ile ölçülmüştür. Deneyin yapıldığı tarihte kovanın atış öncesi sıcaklığı 15°C olarak ölçülmüştür. Silahla bir adet atış yapıldıktan sonra kovanın haznedan çıkar çıkmaz sıcaklığı ölçüldüğünde sıcaklığın 60-62°C arasında oluşu görülmüştür. Kovanın tırnak tarafından çekilerek fırlatılmasıyla havada soğuduğu da göz önünde bulundurularak ateşleme sonrası kovan sıcaklığı 65°C olarak alınmıştır. Kovanın sıcaklığının ölçüldüğü termometre ve ölçüm şekli Şekil 3.7.'de gösterilmektedir.



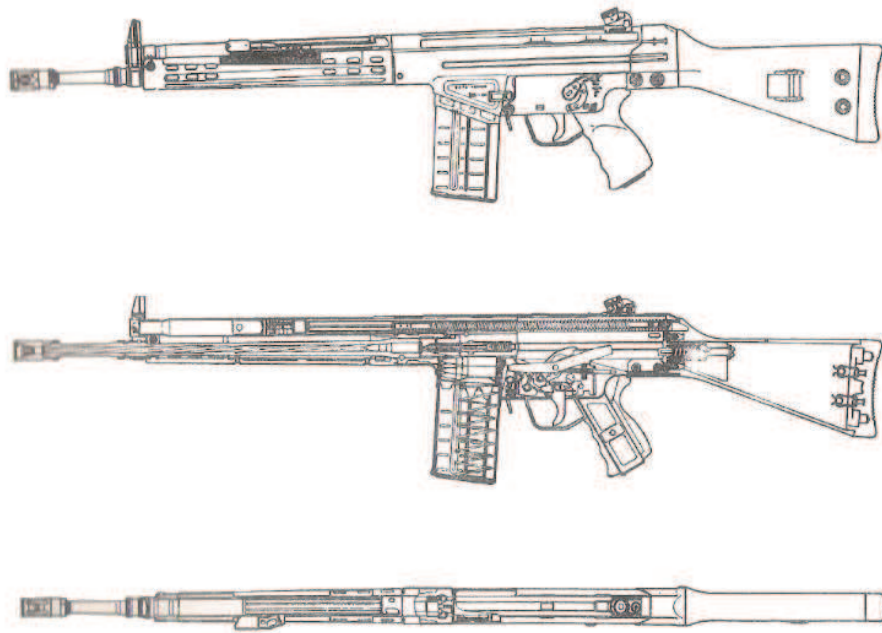
Şekil 3.7. Atış yapılmış bir kovanın sıcaklığının ölçülmesi

## **BÖLÜM 4. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ**

7,62x51 mm normal fişegin piriç ve çelik kovanlı olması halinde patlama sonrası kovan durumu ve kovan çekme kuvvetinin analizi gaz operasyon sistemli bir model esas alınarak yapılmıştır. Bunun için G3 piyade tüfeğinin gaz operasyon sistemli bir modeli önerilmiş ve analizler bu modelin analiz için gerekli olan parçaları kullanılarak yapılmıştır. Tüfeğın namlusu, mekanizma başı ve kovanı teknik resim ölçülerine göre modellenmiştir. Parçaların katı modelleri CATİA V5 R12 ile oluşturulmuş, modeller ANSYS WORKBANCH 14.0 ile analiz edilmiştir.

### **4.1. G3 Piyade Tüfeğinin Özellikleri, Ana Parçaları ve Çalışması**

G3 piyade tüfeğı 7,62x51 mm NATO fişegi kullanan, tek tek ve seri atış yapabilen, 20'lik çelik veya kompozit şarjörle beslenen otomatik bir silahtır. Şekil 4.1.'de G3 piyade tüfeğinin üstten ve yandan görünüşleri, Tablo 4.1.'de tüfeğın genel özellikleri verilmiştir.

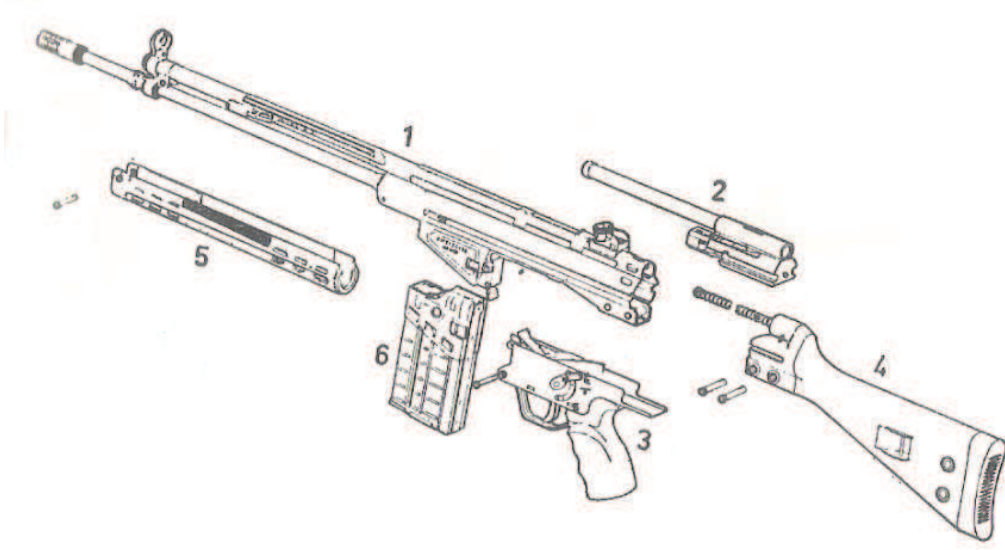


Şekil 4.1. Sabit dipçikli G3 piyade tüfeğinin yandan ve üstten görünüşü [16]

Tablo 4.1. G3 piyade tüfeğinin genel özellikleri [27]

Özellik	Açıklama
Çap	7,62x51 mm NATO
Tüfeğin Sabit Dipçikli Uzunluğu	1020 mm
Tüfeğin Kısa Dipçikli (Dipçik Kapalı) Uzunluğu	800 mm
Tüfeğin Genişliği	45 mm
Şarjörlü Tüfeğin Yüksekliği	220 mm
Namlu Uzunluğu	450 mm
Gez-Arpacık Arası Mesafe	572 mm
Yiv Adedi ve Yönü	4 / Sağ
Fişek Yatağındaki Kanal Sayısı	12
Atış Sürati (Dakikadaki Atım Miktarı)	500-600 adet/ dk
İlk Hız	780-800 m/s
Tesirli Menzil	400 m
Azami Menzil	3700 m
Nişangah Menzili	100-200-300-400 m

G3 piyade tüfeği 6 ana komleden oluşmaktadır. G3 piyade tüfeğinin ana kompleleri Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



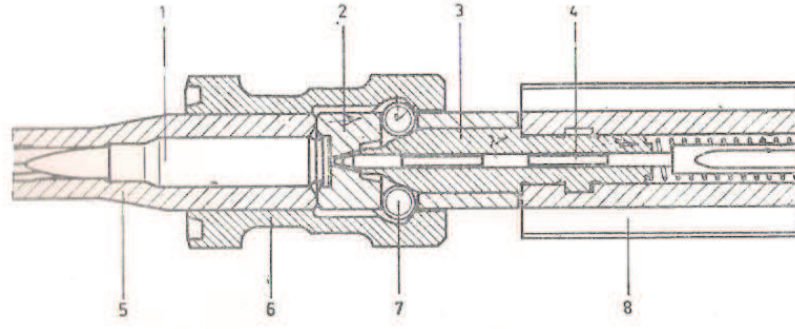
Şekil 4.2. G3 piyade tüfeğinin ana kompleleri [27]

Yukarıdaki şekilde verilen parçaların isimleri şöyledir:

- 1: Namlu ile komple gövde kurma düzeni ve nişangahlar,
- 2: Mekanizma,
- 3: Kabza-tetik düzeni,
- 4: Komple dipçik,
- 5: El kundağı,
- 6: Şarjör [27].

G3 piyade tüfeğinin mekanizma grubu elemanları:

G3 piyade tüfeğinin haznesine fişek sürülü atışa hazır halde mekanizma grubunun üstten görünüş kesit resmi Şekil 4.3.'te verilmiştir.

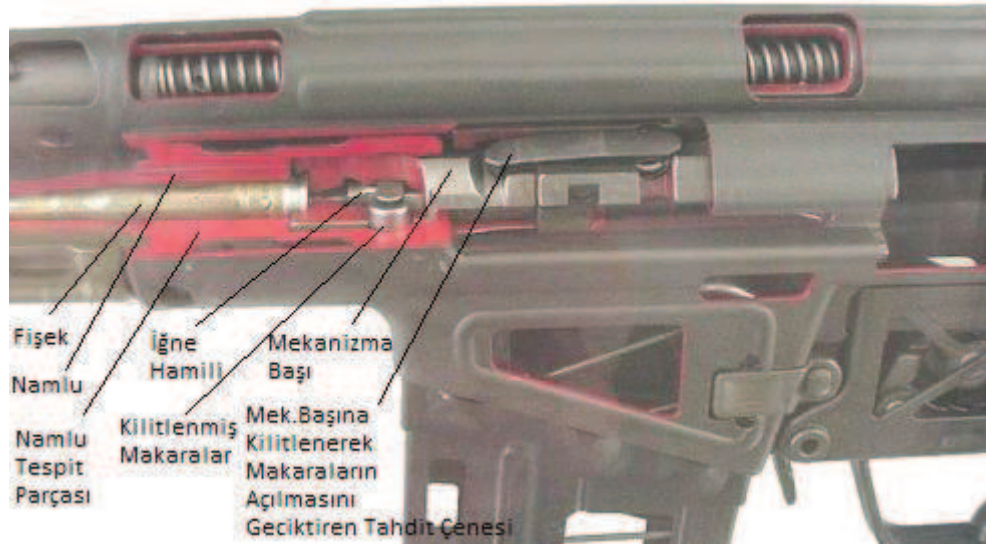


Şekil 4.3. G3 piyade tüfeği mekanizmasının atışa hazır durumu [27]

Resimdeki parçaların isimleri:

1: Fişek, 2: Mekanizma başı, 3: İğne hamili, 4: İğne, 5: Namlu, 6: Namlu tespit parçası, 7: Kilit makaraları, 8: Mekanizma gövdesidir.

Tüfeğin haznesine fişek sürülü atışa hazır halde mekanizma grubunun soldan görünüşünün kesit resmi Şekil 4.4.'te verilmiştir.



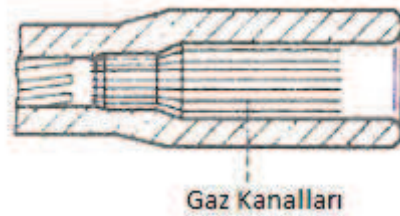
Şekil 4.4. G3 piyade tüfeğinin mekanizma kilitli haldeki kesit resmi [28]

Tüfeğin çalışması:

Tüfek, gecikmeli ani geri tepmeli çalışma prensibine sahiptir. Atışa hazır durumda mekanizma başı kilitleme makaraları ile namlu tespit parçasına Şekil 4.3. ve Şekil 4.4.'te görüldüğü gibi kilitlenmiştir. Makaraların kilitli durmasını mekanizma başına kilitlenerek iğne hamilini ileride tutan tahdit çenesi sağlar.

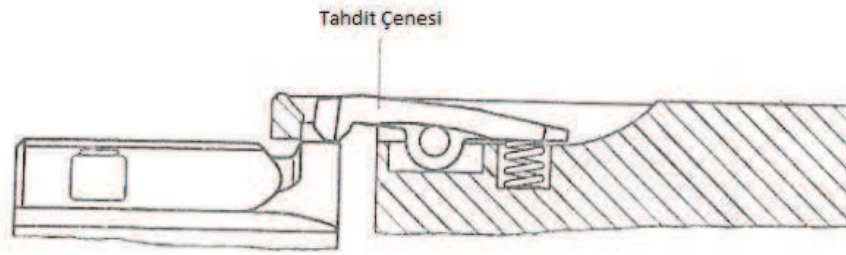
Bu durumda fişek mekanizma başı ile tüfeğin feyyür ölçüsü nispetinde desteklenmektedir. Namlu, namlu tespit parçasına sıkı geçme olarak çakılmış ve pim ile sabitlenmiş vaziyettedir.

Tetiğe basıldığında horoz iğneye vurur ve iğne kapsüle çarparak fişegi patlatır. Patlama sonrasında oluşan basınçlı barut gazları bir yandan mermiyi namlu boyunca iterken bir yandan da namlu haznesinde bulunan gaz kanallarından sızarak mekanizma başına ulaşır ve mekanizma başını geriye doğru itmeye çalışır. Namlu haznesinde bulunan gaz kanalları Şekil 4.5.'te gösterilmiştir.



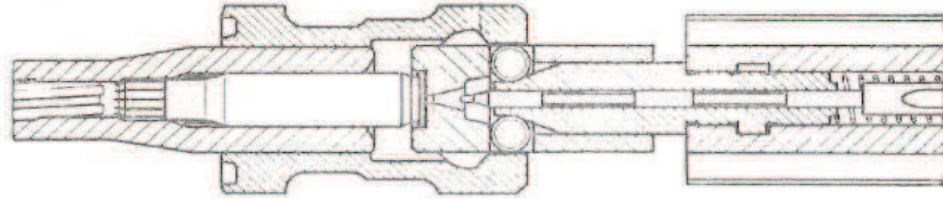
Şekil 4.5. G3 namlusundaki gaz kanalları [27]

Geriye doğru harekete zorlanan kilit makaraları, namlu tespit parçası ve iğne hamilinin geometrisi nedeniyle iğne hamilini geriye doğru itmeye çalışır. İtme kuvveti tahdit çenesinin kilitleme kuvvetini yendince tahdit çenesi kilidi çözülür ve kilit makaraları kendine destek bulamayarak namlu tespit parçasından çözülür. G3 piyade tüfeği mekanizmasında tahdit çenesinin atıştan sonra çözülmesi Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. G3 piyade tüfeğinde atıştan sonra çözülmüş tahdit çenesi [27]

Bu işlemler sırasında kovan basıncının emniyetli seviyeye inmesi için mekanizmanın açılması yeterince geciktirilmiştir. Kilitten kurtulan mekanizma başı geriye doğru gelerek tırnak vasıtasıyla boş kovana çıkarır. Şekil 4.7.'de tüfeğin atıştan sonra kilit makaralarının çözülerek mekanizmanın geriye gelmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.7. G3 piyade tüfeğinin kilit makaralarının çözülerek mekanizmanın geriye gelmesi [27]

Boş kovan atacağı ile boş kovan dışarı atılır. Mekanizma kompleksi geriye doğru hareketini tamamlar bu arada irca yayında (yerine getiren yay) sistemin tekrar kurulması için gerekli enerji depolanır. Mekanizmanın geriye doğru hareketi tamamlandıktan sonra irca yayı mekanizmayı ileri doğru itmeye başlar, mekanizma başı şarjörden dolu fişeği alarak hazneye tekrar sürer ve kilitlenerek atışa hazır hale gelir.

G3 piyade tüfeğinde patlama sonrası barut gazı namlu ekseni boyunca yayıldığından namlusu delik tüfeklere göre tüfeğin şahlanması daha az olur bu yüzden dağılımı iyidir. Ancak, tüfeğin mekanizma grubu barut gazlarına direkt maruz kaldığı için oldukça fazla kirlenmektedir. Ayrıca, atış sayısının artması durumunda namlu içindeki gaz kanalları da kirlenir.



Gaz kanallarının kirlenmesi kovanın hazneye yapışmasına ve tıkanarak mekanizma başına giden gaz kuvvetinin azalmasına ve silahın arıza yapmasına sebep olabilmektedir. Mekanizma başı ve tırnağın kirlenmesiyle tırnağın çalışması güçleşir. Yanlış bakım metotlarının da etkisiyle boş kovanın dışarı atılması sırasında kovan tırnak tarafından zamanında bırakılmayarak kovan atma bölgesine sıkışır ve silah arıza (boş kovan hatası) verir. Bu nedenle G3 piyade tüfeğinin sık temizliğe ihtiyaç duyar.

#### 4.2. G3 Piyade Tüfeğinin Analiz Modeli

G3 piyade tüfeği etkili ve kullanımı kolay bir tüfek olmasına rağmen mekanizmayı açmak için namlu içindeki gaz kanallarından sızan kirli barut gazını direkt mekanizma başına doldurma prensibiyle çalıştığı için çabuk kirlenir ve sık temizliğe ihtiyaç duyar. G3 piyade tüfeğinin çalışma sistemi gaz operasyon sistemine çevrilerek barut gazı artıklarının hazne, mekanizma başı ve tırnağı kirlenmemesi sağlanarak silahın daha az tutukluk yapması sağlanıp sağlanamayacağı araştırılmış ve tüfek mekanizmasının bu sistemle açılabilceği görülmüştür.

G3 piyade tüfeğinin gaz piston sistemiyle çalışabileceğinin temel mantığı Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.

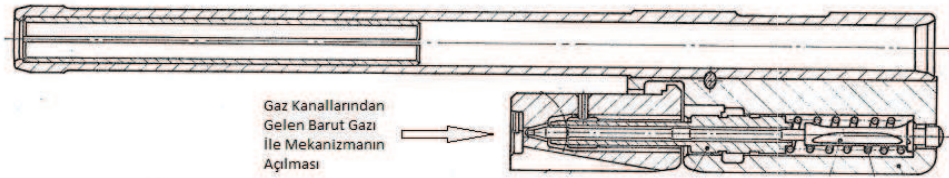


Şekil 4.8. G3 piyade tüfeğinin gaz piston sistemi ile açılabilceğinin gösterilmesi

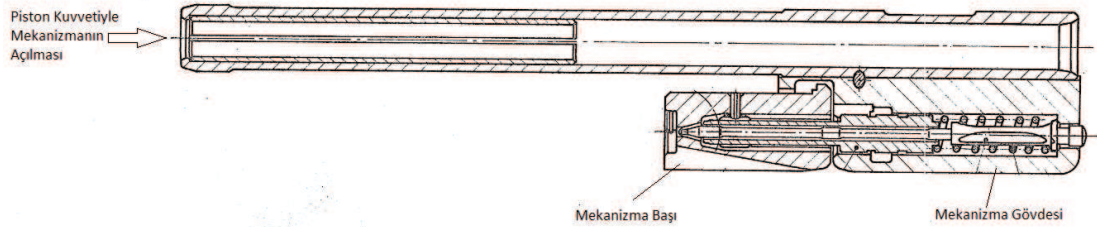


G3 piyade tüfeğinin mekanizması gövdesi geriye doğru çekildiğinde (kuvvet ölçerle yapılan ölçümlerde 290-310 N kuvvetle mekanizmanın açıldığı görülmüştür.) veya kurma kolu borusuna çekiçle vurulduğunda mekanizmanın açıldığı görülmektedir.

Bu vurma kuvvetinin namludan piston vasıtasıyla uygulanması halinde tüfekte yapılacak küçük değişikliklerle (kurma kolunun AK-47'deki gibi mekanizma gövdesine alınması, gaz kanallarının kaldırılması gibi.) tüfek gaz piston sistemli bir tüfek gibi çalışacaktır. Şekil 4.9.'da G3 piyade tüfeğinin mevcut halinde mekanizmanın açılma şekli, Şekil 4.10.'da önerilen gaz piston modelinde mekanizmanın açılma şekli gösterilmiştir.

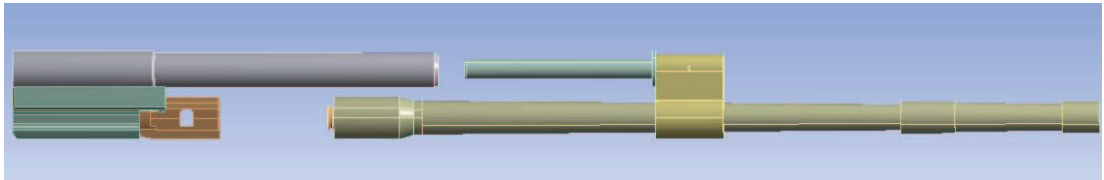


Şekil 4.9. G3 piyade tüfeğinin mevcut halinde mekanizmanın açılma şekli [16]



Şekil 4.10. G3 piyade tüfeğinin önerilen gaz piston sistemli modelinde açılma şekli [16]

Buna göre, G3 mekanizmasının piston sistemiyle açılmasını sağlayacak model Şekil 4.11.'de verilmiştir.



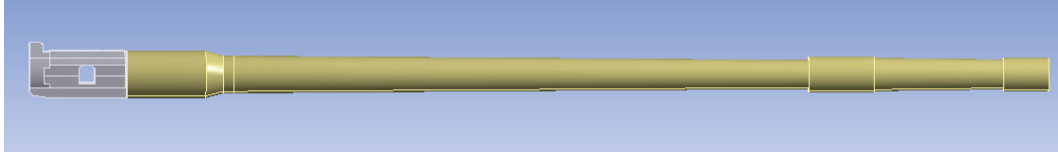
Şekil 4.11. G3 piyade tüfeğinin önerilen modeli

Bu modelde de mekanizma başı namlu tespit parçasına kilit makaraları ile kilitlenmektedir. Patlama olduktan sonra mekanizma başı kilitli kalarak kovani desteklemektedir. Namlu haznesinde gaz kanalları yoktur. Bu nedenle haznedeki gazların sızarak mekanizma başını itmesi söz konusu değildir. Namluya gaz piston sistemi eklenmiştir. Mermi ilerleyerek namludaki gaz firar deliğini geçince pistona barut gazı dolar ve piston hızla geriye doğru gelerek piston milini iter piston mili mekanizma gövdesine çarparak kilit makaralarının çözer. Mekanizma geriye doğru gelerek boş kovani çıkarır.

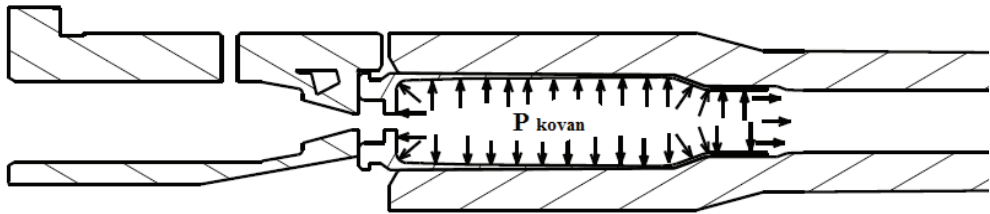
Bu çalışmada, bu modelin pirinç ve çelik kovan kullanması durumunda hangi feyyür ölçülerinin güvenli olduğu araştırılmış ve her durum için kovan geri çekme kuvvetleri hesaplanmıştır.

#### 4.3. Feyyür Ölçüsü Analiz Modeli ve Analiz Sonuçları

Feyyür ölçüsü tespitinde kullanılacak analiz modeli Şekil 4.12.'de, kesit resmi Şekil 4.13.'te verilmiştir.



Şekil 4.12. Feyyür ölçüsü tespiti için analiz modeli



Şekil 4.13. Feyyür analizi modeli kesit resmi

Modelde namlu, kovan ve mekanizma başı kullanılmıştır. Diğer parçaların farklı feyyür ölçülerine göre kovanın durum analizlerinde bir etkisi olmayacağından analize dahil edilmemiştir.

Namlu haznesinin 7,62x51 mm normal fişek atan silahlar için ortak olduğu, fişegin dolayısıyla kovan ölçülerinin aynı olduğu göz önünde bulundurulduğunda gaz piston sistemli değişik kilitleme sistemlerine/mekanizma grupları bulunan diğer tüfekler için de aynı analiz girdilerine göre kovanın analiz sonuçları değişmeyecek sadece namlu/mekanizma başı geometrileri ve malzemelerine göre bu parçalardaki gerilme ve deformasyonlar değişecektir. Yani bu analiz gaz piston sistemli başka bir silahla da yapılsa aynı analiz girdilerinde kovan için alınan sonuçlar değişmeyecektir.

Bu çalışmada gaz piston sistemiyle çalışan mevcut bir silah kullanılmayıp, gaz piston sistemiyle çalışan G3 piyade tüfeği modelinin önerilmesindeki amaç ordumuz envanterinde yüz binlerce adet bulunan ve çalışma sisteminden dolayı mekanizma grubunu kirleterek hata verme olasılığı olduğu için profesyonel kullanıcılar tarafından gaz pistonlu silahlara göre tercih edilmeyen G3 piyade tüfeğinin küçük değişikliklerle (gaz piston sistemi ilave edilmesi kurma kulunun mekanizma gövdesine bağlanması gibi) gaz pistonlu bir sisteme dönüştürülebileceği hususunda farkındalık oluşturulmak istenmesidir.

#### 4.3.1. Feyyür ölçüsü analiz girdileri

Feyyür ölçüsü analizi için kovan içi basınç, kovanların mukavemet değerleri, çelik kovanın kaplama malzemesi, patlama sonrası kovan sıcaklığı girdileri olarak deneysel yollarla elde edilen veriler kullanılmıştır. Namlu ve mekanizma başı malzemeleri tüfeğin malzeme formundan alınmıştır.

Namlu ve mekanizma başının malzemeleri:

G3 piyade tüfeğinin namlu malzemesinin mekanik özellikleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Namlu malzemesinin fiziksel özellikleri [16]

Fiziksel Özellik	Değeri
Çekme Dayanımı	930-1070 N/ mm <sup>2</sup>

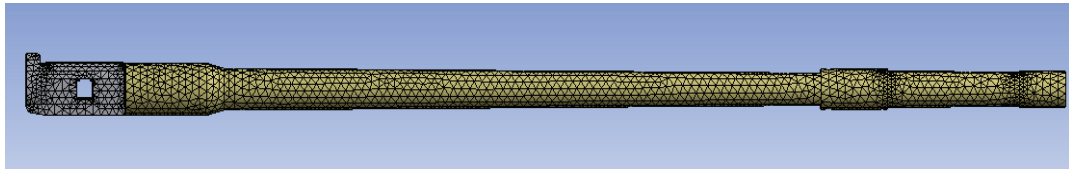
G3 piyade tüfeğinde mekanizma başı malzemesinin mekanik özellikleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Mekanizma başı malzemesinin fiziksel özellikleri [16]

Fiziksel Özellik	Değeri
Çekme Dayanımı	675-880 N/ mm <sup>2</sup>

#### 4.3.2. Feyyür ölçüsü analizi için sonlu elemanlar modeli

Feyyür ölçüsü analizinde kullanılan katı modelin sonlu elemanlar modeli Şekil 4.14.'te verilmiştir.



Şekil 4.14. Sonlu elemanlar analiz modeli

Feyyür ölçüsü analizi öncelikle pirinç kovana yapılmış ve kovanın dayanabildiği maksimum feyyür ölçüsü tespit edilmiştir. Daha sonra analizler aynı feyyür ölçülerine göre çelik kovan için tekrarlanmış ve çelik kovanın durumu incelenmiştir. Mesh sayısını azaltmak için kovan analizine etkisi olmayan namludaki yiv ve setler çıkarılmıştır. Mesh sayısı kovan üzerinde artırılarak asıl incelenen bölüm olan kovan üzerindeki gerilmelerinin daha doğru elde edilmesi amaçlanmıştır.

Namlu, tüfekte olduğu gibi hazne dışındaki çap bölgesinden sabit mesnetle sabitlenmiştir. Kovan namlu içine analizi yapılan feyyür ölçülerine göre monte edilmiş ve namlu kovan arasına sürtünmeli kontak tanımlanmıştır. Sürtünme katsayısı malzeme ve kaplama cinslerine göre literatürden seçilmiştir. Mekanizma başı, atış sırasında olduğu gibi kilitleme makaralarının çalıştığı bölgelerden sabitlenerek analiz süresince hareket etmemesi sağlanmıştır. Yapılan analizlerde malzeme nonlineeritelerin dahil edilmesi için analiz programının nonlineer analiz kısmı aktif edilmiştir.

Pirinç ile çelik malzemelerin arasındaki kuru sürtünme katsayısı ( $\mu$ ) 0,35 olarak alınmıştır [29].

Analizi yapılan çelik kovan üzerinde Rus menşeli 7,62x54R kovanında olduğu gibi bakır kaplama olduğu varsayılarak namlu ile kovan arasındaki kuru sürtünme katsayısı ( $\mu$ ) 0,32 alınmıştır [29].

Analizlerde çözücü tipi "iterative" olarak seçilmiştir. Namlu ve mekanizma başına 4 mm, kovana 1 mm eleman boyutunda mesh uygulanmıştır.

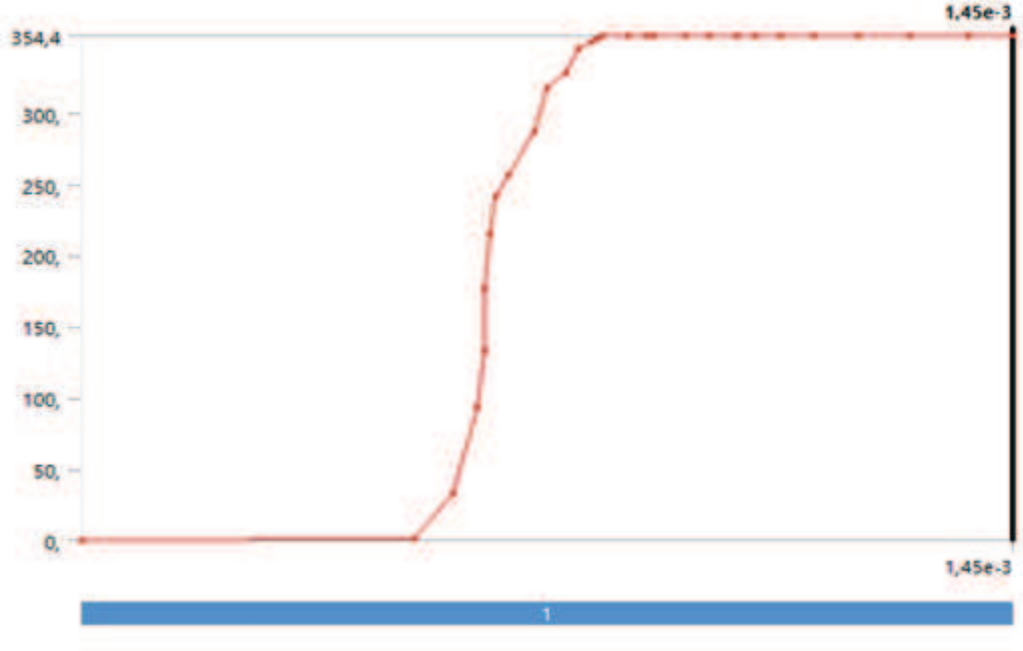
Analizde, kovandan namluya ve kovadan mekanizma başına olmak üzere iki tane kontak bulunmaktadır. Bu kontaklarda kovan "contact", namlu ve mekanizma başı "target" olarak seçilmiştir.

Deneysel olarak elde edilen basınç sonuçları kovanın iç yüzeyinin normal doğrultusunda uygulanmıştır. Gerilme sonuçları Von-Mises hasar kriterine göre elde edilmiştir.

Merminin namludan çıktığı zaman olan  $t_4$  anına (0,00145 saniye) kadar kovan içine basınç uygulanmıştır.

İlk yapılan analizlerde kovanın namlu tarafından desteklenmeyen bölümlerinde malzemenin akma noktasından az gerilmelerin olduğu görülmüştür. Kovan içinde milisaniyeler mertebesinde çok büyük basınçlar oluşması ve milisaniyeler mertebesinde basıncın çok küçük değerlere düşmesi (Tablo 3.1) basıncın en yüksek anındaki kovan gerilmesinin ve deformasyon durumunun incelenmesini güçleştirmektedir. Halbuki analizlerde basıncın en yüksek anındaki kovan durumunun tespit edilmesi amaçlanmakta ve kovanın bu basınca dayanıp dayanamayacağı incelenmek istenmektedir. Bu nedenle, kovan içindeki basıncın en yüksek olduğu zaman diliminde kovan durumunun tespit edilebilmesi için kovan içi basınç en yüksek değere çıktıktan sonra (0,812 ms sonra) analiz sonuna (1,45 ms) kadar basınç aynı değerde bırakılarak analizler tekrarlanmıştır. Böylece basıncın en

yüksek olduğu anda kovan davranışı net olarak görülebilmektedir. Analizde kovan içine uygulanan basınç-zaman grafiği Şekil 4.15.'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Analizde uygulanan basınç-zaman grafiği

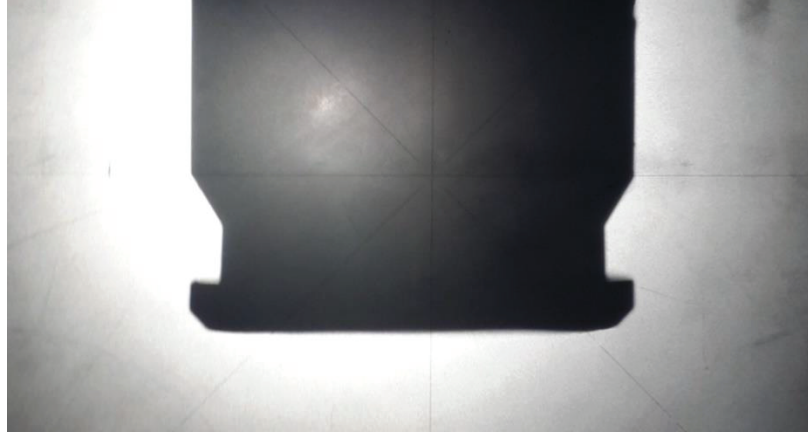
Pirinç ve çelik kovanın analizleri kovanın büyük omuz ölçüsündeki 10,16 mm çapı referans kabul edilerek 41,50 mm feyyürden başlanarak her seferinde 0,1 mm arttırılıp 42,00 mm'ye kadar yapılmıştır. Analizlere bir adet fişeğin ateşlenmesi sonucunda oluşan 65°C kovan sıcaklığı da dahil edilmiştir.

Ayrıca; seri atışlar sonucu namlu, hazne ve kovanın ısınarak barutun kendiliğinden ateşlenme sıcaklığına gelmesi halinde dahi tüfeğin belirlenen feyyür toleransları dahilinde fonksiyonel işlevini görebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle her feyyür ölçüsü için kovana, barutun kendiliğinden ateşlenme sıcaklığı uygulanarak analizler tekrarlanmıştır.

Barutun kendiliğinden ateşleme sıcaklığının 175-200°C arasında olduğu bilinmektedir [2]. En yüksek sıcaklıkta kovanın mukavemet durumunun incelenebilmesi için analizde kendiliğinden ateşlenme sıcaklığı olarak 200°C alınmıştır.

### 4.3.3. Analiz sonuçlarının doğrulanması

Analiz sonuçlarının doğrulanması için analizi yapılan feyyür aralıklarından birinin feyyür ölçüsünde ve modelimize uygun bir silahla atış yapılarak kovanın radyal şekil değiştirmeleri incelenmiştir. Feyyür ölçüsü 41,8 mm gaz piston sistemli bir silahın gaz piston mili çıkarılıp kovan çekme özelliği devre dışı bırakılarak (amaç silahı analizde kullanılan modele benzetmektir) atış yapılmış ve atış yapılmış kovanın çap ölçüsü ile atış yapılmamış kovanın çap ölçüsü karşılaştırılarak aradaki fark bulunmuştur. Şekil 4.16. ve Şekil 4.17.'de atış yapılmamış pirinç kovan ile atış yapılmış pirinç kovanın profil projektör ölçüm cihazındaki görünümü verilmiştir.



Şekil 4.16. Atış yapılmamış 7,62x51 mm pirinç kovanın profil projektör ölçme cihazında görünümü



Şekil 4.17. 41,8 mm feyyür aralığına sahip tüfekle atılmış 7,62x51 mm pirinç kovanın profil projektör ölçme cihazındaki görünümü

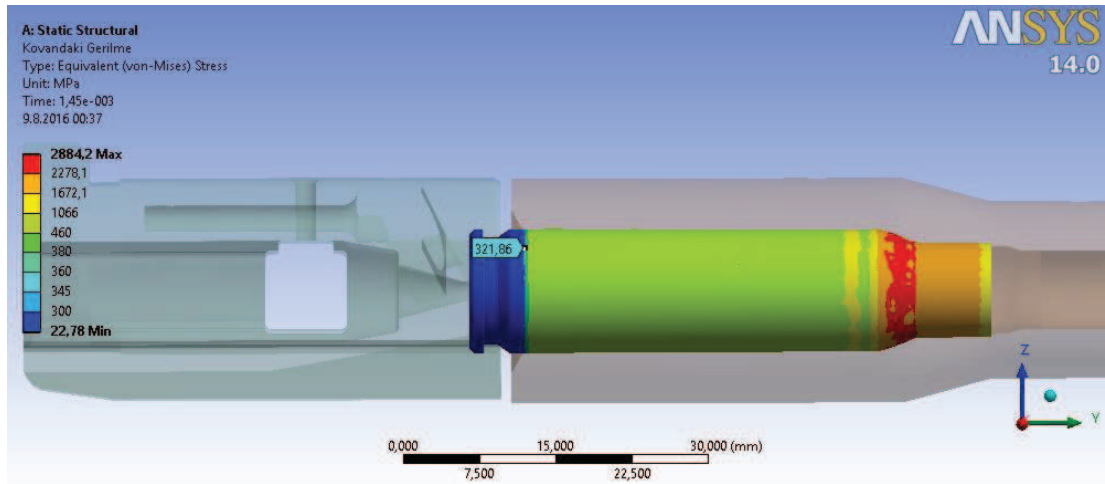
Atış yapılmış kovanın profil projektör cihazındaki görüntüsü dikkatlice incelendiğinde kovanın namlu tarafından desteklenmeyen kısımlarında plastik deformasyon olduğu görülmektedir. Buradan bu noktadaki gerilme değerlerinin malzemenin akma noktasını aştığı kolaylıkla söylenebilir.

Kovanların çapı profil projektör ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde (tırnak yatağı ile kovan haznesinin kesişim noktasından) aradaki yarıçap farkının 0,01 mm olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde 41,8 mm feyyür ölçüsü 65°C kovan sıcaklığında kovanın aynı noktasındaki deformasyon miktarı (directional) ölçülmüş ve analiz sonucunun bu değere çok yakın olduğu (0,01007 mm) görülmüştür.

#### 4.3.4. Feyyür ölçüsü analizi sonuçları

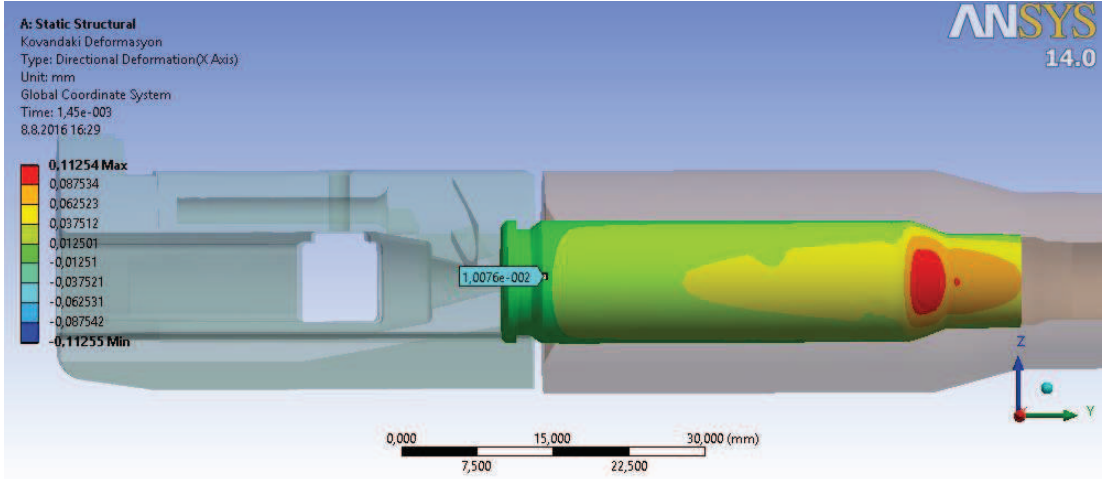
##### 4.3.4.1. Piriñç kovan için feyyür ölçüsü analizi sonuçları

Piriñç malzemenin analizleri kovan sıcaklığının 65°C ve 200°C olması durumları için ayrı ayrı yapılmıştır. 41,8 mm feyyür ölçüsü için yapılan analiz sonuçları Şekil 4.18. ve Şekil 4.21. arasında diğer feyyür ölçüleri için yapılan analiz sonuçları EK 1'de Şekil 1.1. ile Şekil 1.20. arasında verilmiştir.

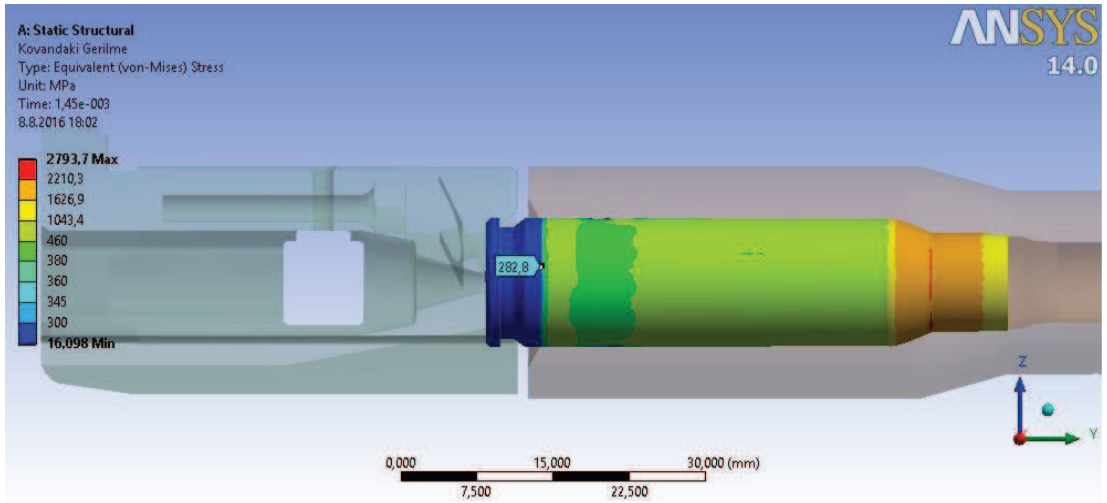


Şekil 4.18. Piriñç kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı

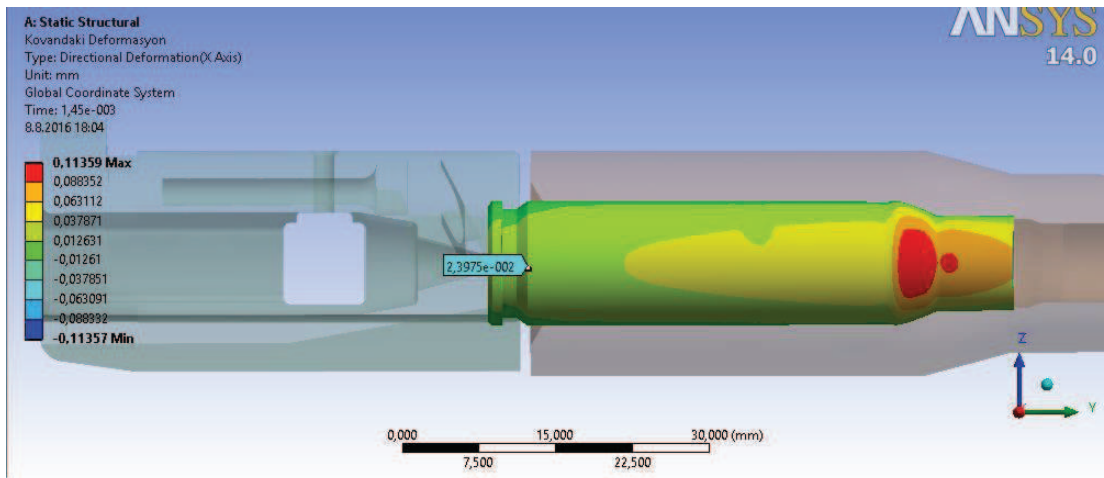




Şekil 4.19. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovadaki şekil değıştirme



Şekil 4.20. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



Şekil 4.21. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovadaki şekil değıştirme

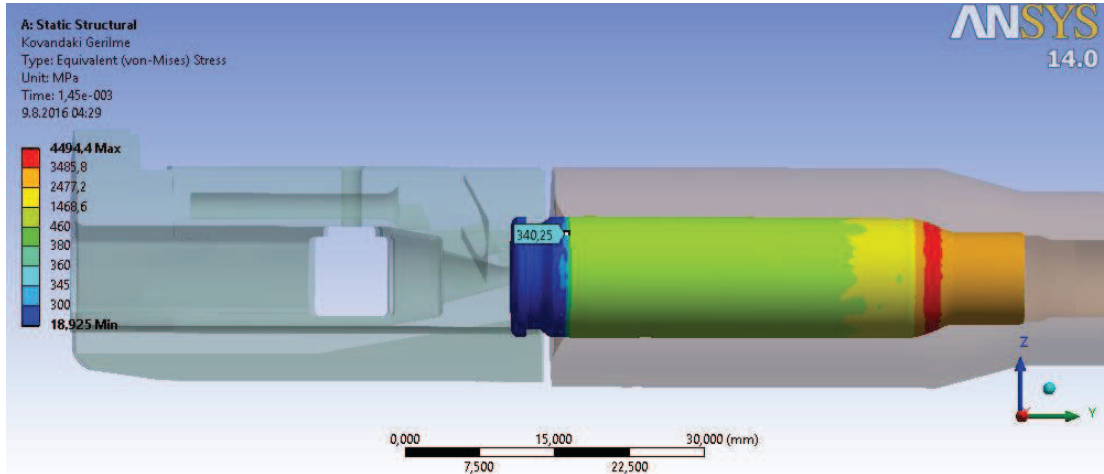
Kovanın namlu ve mekanizma başı tarafından desteklenmeyen bölgelerdeki gerilmeler önemli olduğundan bu bölgelerdeki gerilmeler resimler üzerinde işaretlenmiştir.

Şekil 4.18.'de kovanın namlu tarafından desteklenmeyen bölümlerinde yüksek gerilmeler oluştuğu ancak gerilmelerin pirinç malzemenin çekme mukavemetini aşmadığı görülmektedir. Şekil 4.19.'da kovan üzerinde oluşan radyal deformasyonlar verilmiştir. Deformasyon miktarı 41,8 mm feyyür ölçüsündeki silahla atılan kovanın deformasyon miktarı ile aynı olup bu sonuç analizin doğruluğunu göstermektedir. Pirinç kovanın 65°C kovan sıcaklığı için yapılan diğer analizler birlikte değerlendirildiğinde (Analizler EK 1'de Şekil 1.1. ve Şekil 1.10. arasında yer almaktadır.) feyyür ölçüsü arttıkça kovanın namlu tarafından desteklenemeyen bölgelerinde gerilmelerin arttığı, 42,0 mm feyyür ölçüsünde yüksek gerilmeler oluşsa da kovanın çekme mukavemetini aşmadığı görülmektedir.

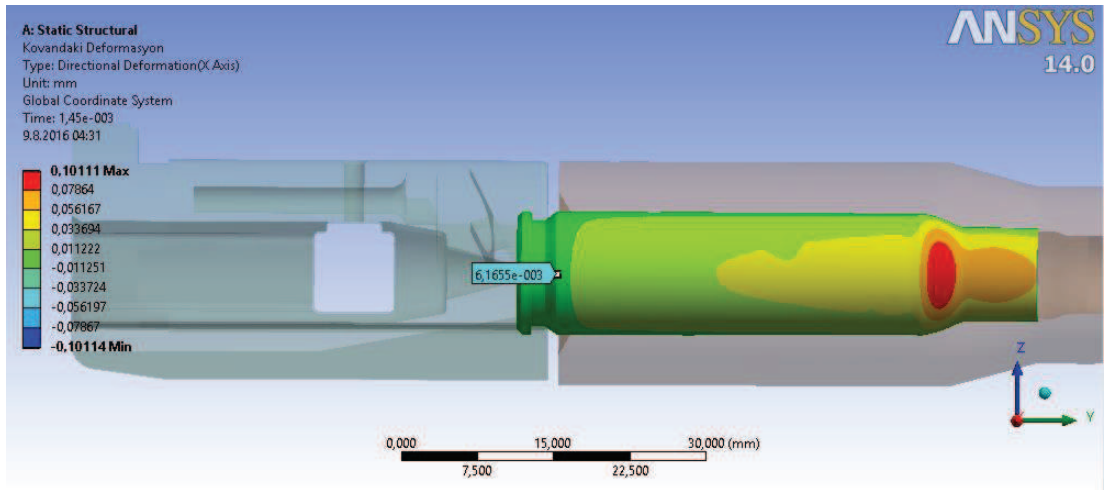
Şekil 4.20.'de kovanın namlu tarafından desteklenmeyen bölümlerinde oluşan gerilmelerin kovanın çekme mukavemetini aşmadığı görülmektedir. Ancak gerilmelerin beklenmedik şekilde 65°C kovan sıcaklığı için yapılan analizlerden daha düşüktür. Şekil 4.21.'de kovan üzerinde 200°C'de oluşan radyal deformasyonlar verilmiştir. Deformasyon miktarı 65°C kovan sıcaklığında bulunan sonuçtan oldukça fazladır. Deformasyon miktarının fazla olması kovanın hazne içine yapışmasına neden olabilir. 200°C kovan sıcaklığı için yapılan diğer analizler birlikte değerlendirildiğinde (Analizler EK 1'de Şekil 1.11. ve Şekil 1.20. arasında yer almaktadır.) feyyür ölçüsü arttıkça kovanın namlu tarafından desteklenemeyen bölgelerinde gerilmelerin arttığı, 41,9 mm feyyürde oluşan gerilmelerin kovan malzemesinin çekme mukavemetine yaklaştığı görülmektedir. Buna göre model silahımızın pirinç kovan kullanması durumunda feyyür ölçüsünün 41,8 mm'yi aşmaması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

#### 4.3.4.2. Çelik kovan için feyyür ölçüsü analizi sonuçları

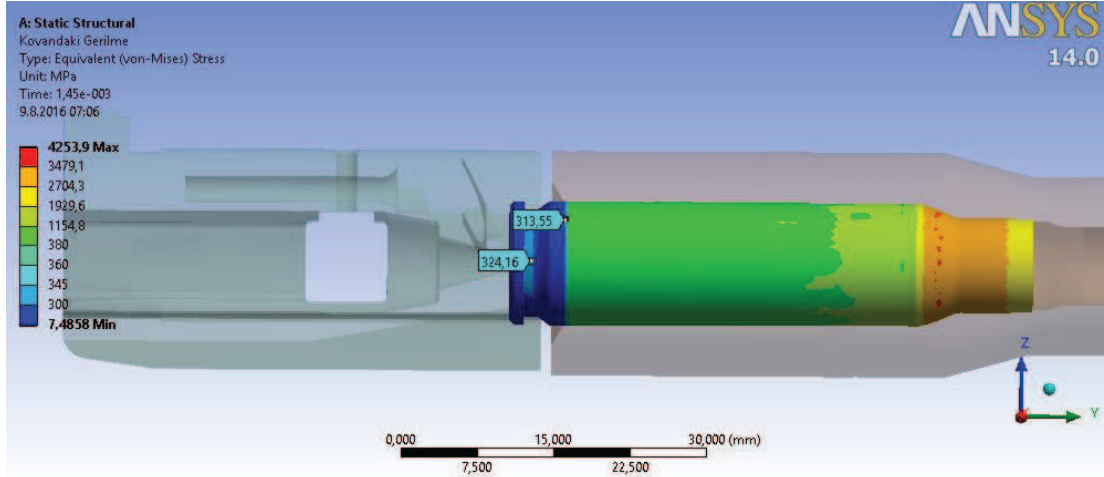
Çelik malzemenin analizleri de kovan sıcaklığının  $65^{\circ}\text{C}$  ve  $200^{\circ}\text{C}$  olması durumları için ayrı ayrı yapılmıştır. 41,8 mm feyyür ölçüsü için yapılan analiz sonuçları Şekil 4.22. ve Şekil 4.25. arasında, diğer feyyür ölçüleri için yapılan analiz sonuçları EK 1'de Şekil 1.21. ile Şekil 1.40. arasında verilmiştir.



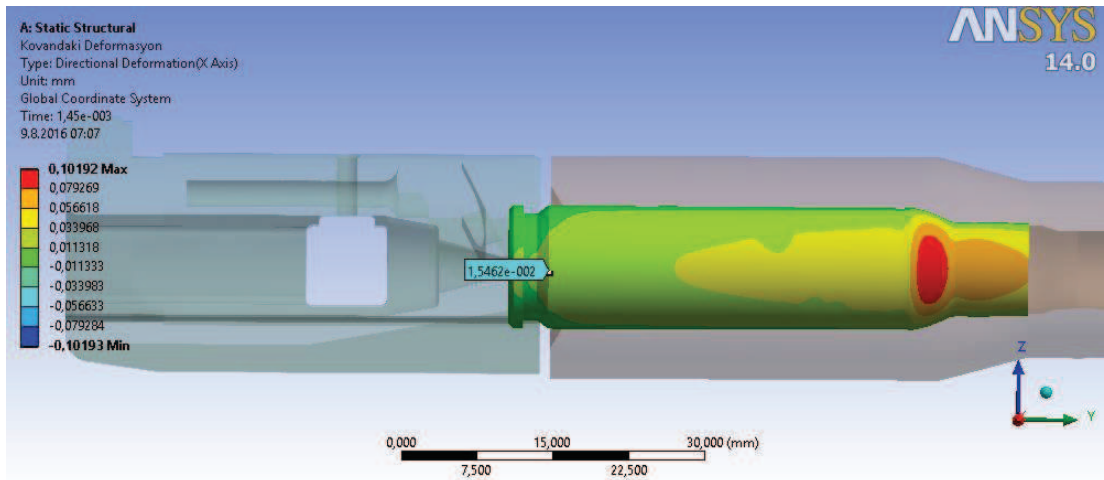
Şekil 4.22. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı  $65^{\circ}\text{C}$ 'de gerilme dağılımı



Şekil 4.23. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı  $65^{\circ}\text{C}$ 'de kovadaki şekil değiştirme



Şekil 4.24. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



Şekil 4.25. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,80 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovandaki şekil değişirme

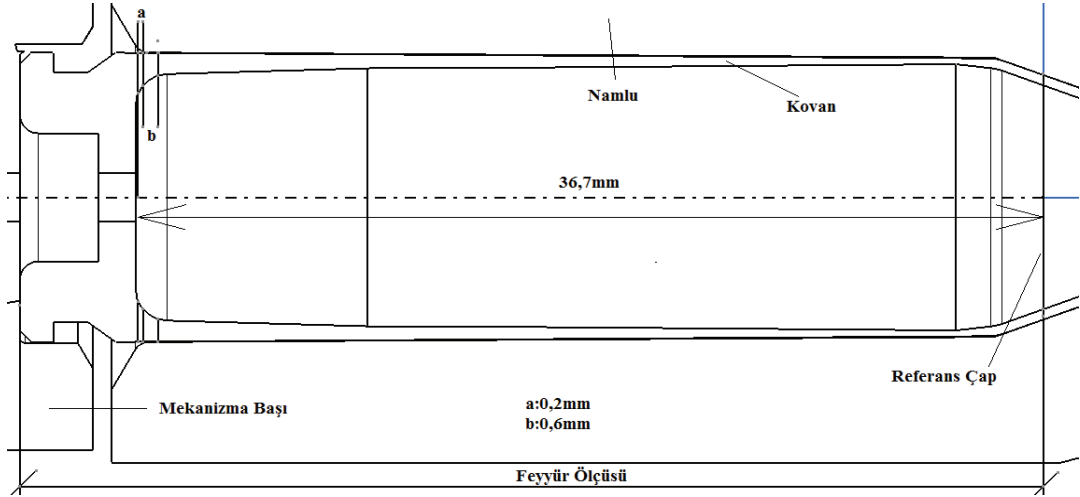
Şekil 4.22.'de kovanın namlu tarafından desteklenmeyen bölümlerinde yüksek gerilmeler olduğu ancak gerilmelerin çelik malzemenin çekme mukavemetini aşmadığı görülmektedir. Şekil 4.23.'te kovan üzerinde oluşan radyal deformasyonların aynı şartlardaki pirinç kovanda oluşan deformasyonlardan çok daha az olduğu görülmektedir. Çelik kovanın 65°C kovan sıcaklığı için yapılan diğer analizleri birlikte değerlendirildiğinde (Analizler EK 1'de Şekil 1.21. ve Şekil 1.30. arasında yer almaktadır.) feyyür ölçüsü arttıkça kovanın namlu tarafından desteklenemeyen bölgelerinde gerilmelerin arttığı, 42,0 mm feyyür ölçüsünde yüksek gerilmeler olduğu, ancak gerilmelerin kovan malzemesinin çekme mukavemetine yaklaşmadığı görülmektedir.

Şekil 4.24.'te kovanın namlu tarafından desteklenmeyen bölümlerinde oluşan yüksek gerilmeler haricinde kovanın dip kısmında da yüksek gerilmeler oluştuğu ancak gerilmelerin kovanın çekme mukavemetini aşmadığı görülmektedir. Kovanın dip kısmının boşta olması (barut basıncına direkt maruz kalmaması) sebebiyle bu gerilmeler önem arz etmemektedir. Şekil 4.25.'te kovan üzerinde 200°C'de oluşan radyal deformasyonlar verilmiştir. Deformasyon miktarı aynı şartlardaki pirinç kovana göre oldukça düşüktür. 200°C kovan sıcaklığı için yapılan diğer analizler birlikte değerlendirildiğinde (Analizler EK 1'de Şekil 1.31. ve Şekil 1.40. arasında yer almaktadır.) feyyür ölçüsü arttıkça kovanın namlu tarafından desteklenemeyen bölgelerinde gerilmelerin arttığı, ancak kovan üzerindeki gerilmelerin malzemenin çekme mukavemetine yaklaşmadığı görülmektedir. Buna göre elimizdeki model silahın çelik kovan kullanması durumunda feyyür ölçüsünün 42,0 mm olabileceği görülmektedir.

Yapılan analizlerde dikkat çeken husus aynı sıcaklık için kovanların incelenen bölümlerinde; çelik kovan üzerinde pirinç kovandan daha yüksek gerilmeler oluşmasıdır.

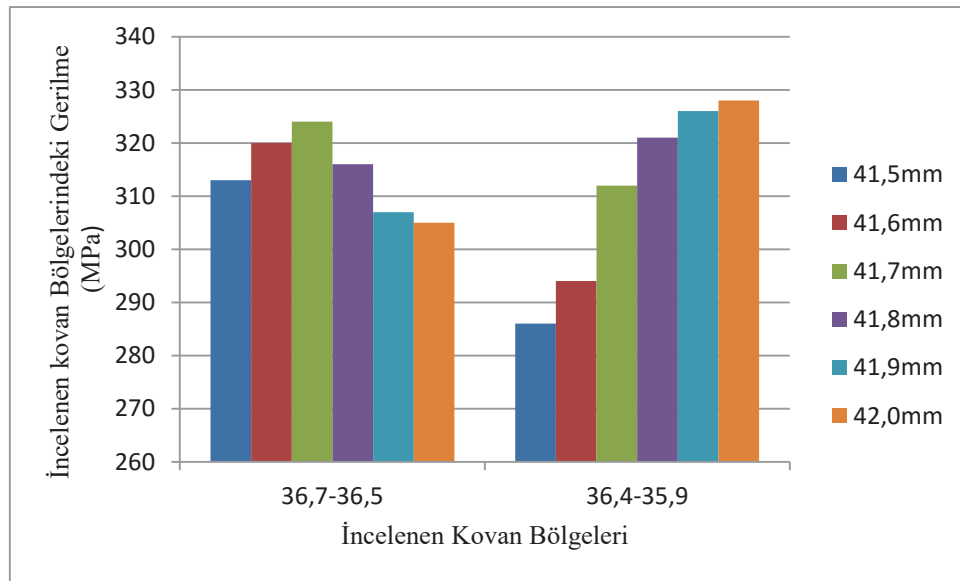
#### **4.3.4.3. Feyyür ölçüsünün pirinç ve çelik kovan üzerindeki gerilme dağılımına etkisi**

Kovanların kritik bölgelerinde meydana gelen gerilmelerin daha iyi karşılaştırılabilmesi için analiz sonuçları grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafikler oluşturulurken kovanların referans noktasından itibaren 36,7-35,9 mm aralığındaki (- yönde) kritik bölgelerinde farklı feyyür ölçüleri için oluşan gerilmeler alınmış olup incelenen bölgenin resmi Şekil 4.26.'da verilmiştir.

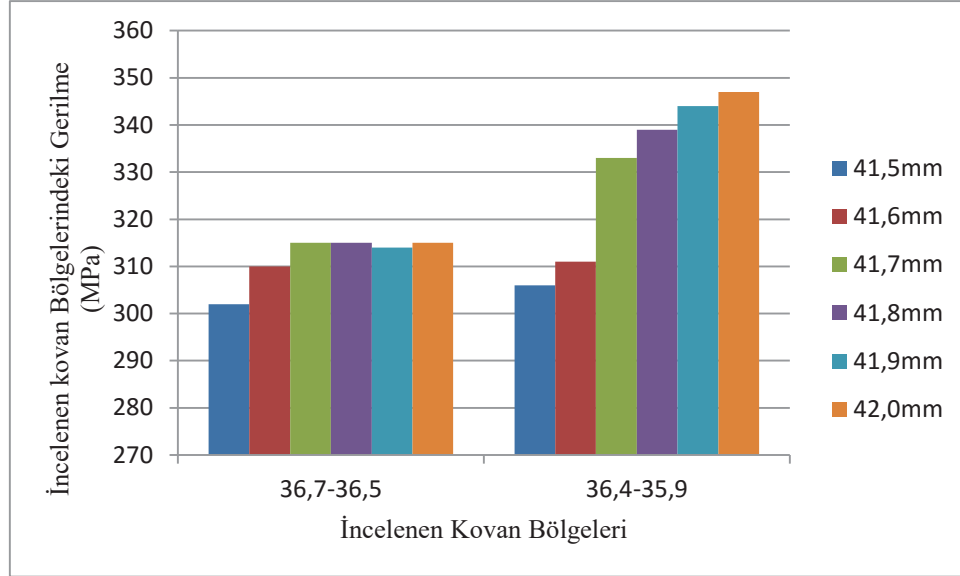


Şekil 4.26. Kovanın incelenen kesitinin resmi

Kritik bölge 0,2 mm ve 0,6 mm olarak ikiye (a ve b) bölünmüş, gerilmelerin net olarak karşılaştırılabilmesi için 200-450 MPa aralığında filtrelenerek ortalamaları alınmış ve çıkan sonuçlara göre grafikler oluşturulmuştur.

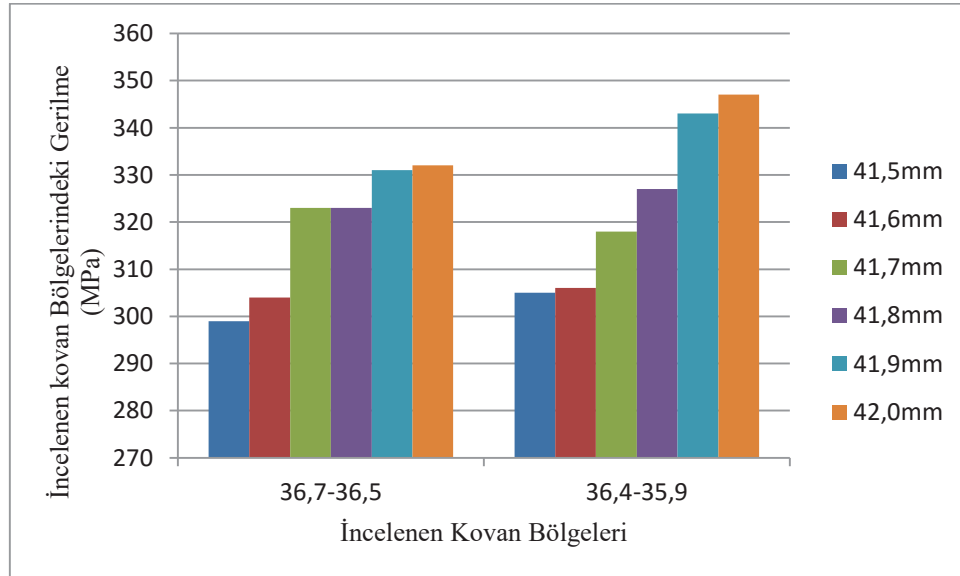


Şekil 4.27. 65°C Kovan sıcaklığı, 41,5 mm-42,0 mm feyyür toleranslarında pirinç kovanın kritik bölgesinin gerilme grafiği

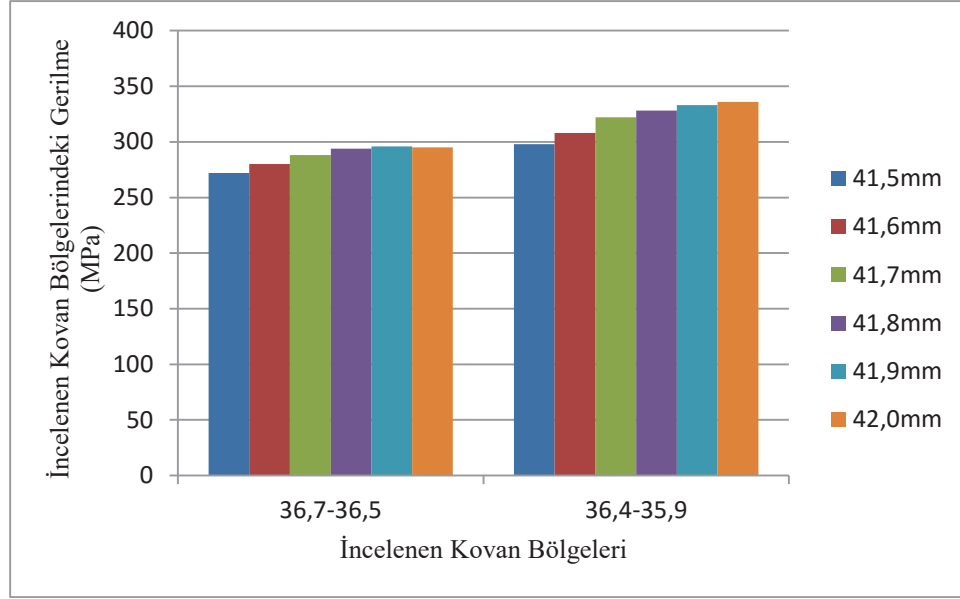


Şekil 4.28. 65°C Kovan sıcaklığı, 41,5 mm-42,0 mm feyyür toleranslarında çelik kovanın kritik bölgesinin gerilme grafiği

Şekil 4.27. ve Şekil 4.28.'deki grafikler incelendiğinde kovanın "a" bölgesindeki çelik kovan gerilmelerinin pirinç kovandan daha az olduğu ve gerilmelerin düzenli bir şekilde artmadığı; "b" bölgesindeki çelik kovan gerilmelerinin pirinç kovandan fazla olduğu ve gerilmelerin feyyür ölçüsü arttıkça düzenli bir şekilde arttığı görülmektedir.



Şekil 4.29. 200°C Kovan sıcaklığı, 41,5 mm-42,0 mm feyyür toleranslarında pirinç kovanın kritik bölgesinin gerilme grafiği



Şekil 4.30. 200°C Kovan sıcaklığı, 41,5 mm-42,0 mm feyyür toleranslarında çelik kovanın kritik bölgesinin gerilme grafiği

Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.'daki grafikler incelendiğinde kovanın "a" bölgesindeki çelik kovan gerilmelerinin pirinç kovandan daha az olduğu ve gerilmelerin düzenli bir şekilde artmadığı; "b" bölgesinde 41,9 mm feyyüre kadar çelik kovan ile pirinç kovandan gerilmeleri arasında önemli bir fark olmadığı, 41,9 mm ve 42,0 mm feyyürde pirinç kovan gerilmelerinin çelik kovandan fazla olduğu ve gerilmelerin feyyür ölçüsü arttıkça düzenli bir şekilde arttığı görülmektedir.

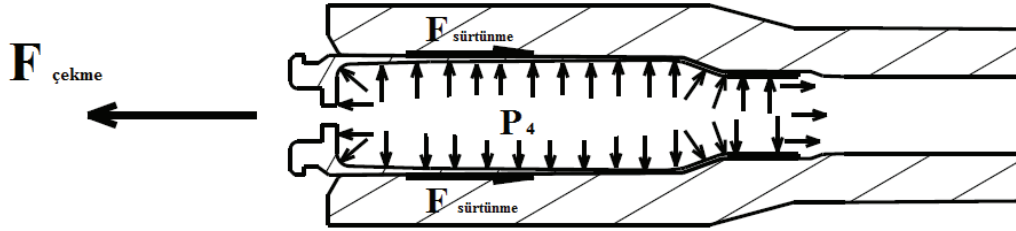
Kovanların "a" bölgesindeki radüslü yapıdan dolayı bu bölgedeki gerilmelerin düzenli bir şekilde artmadığı değerlendirilmektedir. Bu bölgede kovanların et kalınlığı fazla olduğundan bu bölgeler hasar beklenen kritik kesit değildir.

Grafikler Ansys'in analiz görselleri ile aynı sonuçları işaret etmektedir. Buna göre tüm kullanım şartlarında pirinç kovan için 42,0 ve 41,9 mm feyyür ölçüleri güvenli değildir, çelik kovan ise bu feyyür ölçülerinde kullanılabilir.



#### 4.4. Kovan Çekme Kuvveti Analiz Modeli ve Analiz Sonuçları

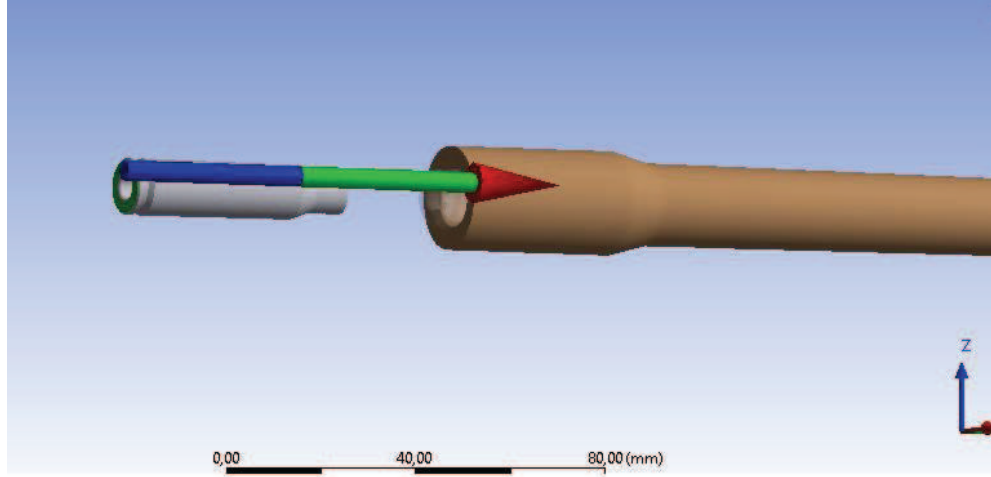
Kovan çekme kuvvetinin tespiti için namlu ve kovan kullanılmıştır. Analiz edilen sistemin kesit resmi Şekil 4.31.'de verilmiştir.



Şekil 4.31. Çekme kuvveti analizi yapılacak sistemin kesit resmi

##### 4.4.1. Kovan çekme kuvveti analiz modeli

Kovan çekme kuvvetinin analizi iki aşamalı olarak yapılmıştır. İlk aşamada kovana basınç uygulanırken mermi namludan çıkıncaya kadar (1,45ms) kovanın hareket etmemesi sağlanmıştır. 1,45ms'den sonra kovana geri yönde hareket verilmiştir. Kovan geri çekilirken bir yandan kovan içi basınç Tablo 3.1.'deki gibi düşmektedir. Kovan içinde kalan basınç durumunu ve kovanda oluşacak tepki kuvvetini etkileyeceğinden bu noktada kovana geri yönde hangi hızda hareket verileceği önem arz etmektedir. Önerilen model silahın G3 piyade tüfeği ile aynı özelliklerde olması istendiğinden G3 mekanizmasının ortalama hızı, hızlı kamera ile ölçülerek kovan bu hızda çekilmiş ve reaksiyon kuvveti tespit edilerek çekme kuvveti analizi yapılmıştır. Kovan çekme kuvvetinin analiz modeli Şekil 4.32.'de verilmiştir.

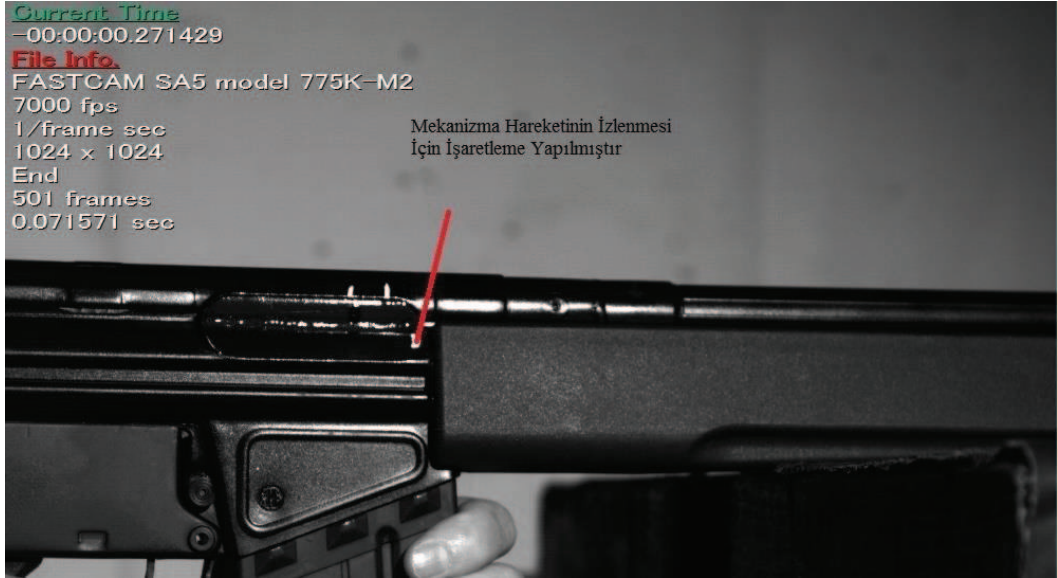


Şekil 4.32. Kovan çekme kuvveti analiz modeli

Kovan çekme kuvvetleri her feyyür ölçüsü için pirinç ve çelik malzemelerde, kovanın tek atış yaptığında eriştiği sıcaklık ( $65^{\circ}\text{C}$ ) ve haznenin cook-off sıcaklığına eriştiği sıcaklık ( $200^{\circ}\text{C}$ ) için hesaplanmıştır. Analizler ayrıca haznenin yağlanmış ve yağlanmamış olma durumlarına göre de yapılmıştır. Pirinç kovanın yağlı sürtünme katsayısı ( $\mu$ ) 0,24; çelik kovanın yağlı sürtünme katsayısı ( $\mu$ ) 0,25 alınmıştır [29].

#### 4.4.2. G3 piyade tüfeğinin mekanizma hızının ölçülmesi

G3 piyade tüfeği mekanizmasının ortalama hızı Photron marka hızlı kamera ile ölçülmüştür. Bunun için tüfeğin mekanizma gövdesi kapalıyken işaretlenmiş, kamera mekanizmaya dik olarak yerleştirilerek kamera 1 saniyede 7000 kare alacak şekilde ayarlanmıştır. Mekanizma hareketi izlenerek kovan çıkartma penceresini kaç karede geçtiği tespit edilmiştir. Kovanı çekmeye başlamadan önce tüfeğin hızlı kamerada görünümü Şekil 4.33.'te verilmiştir.

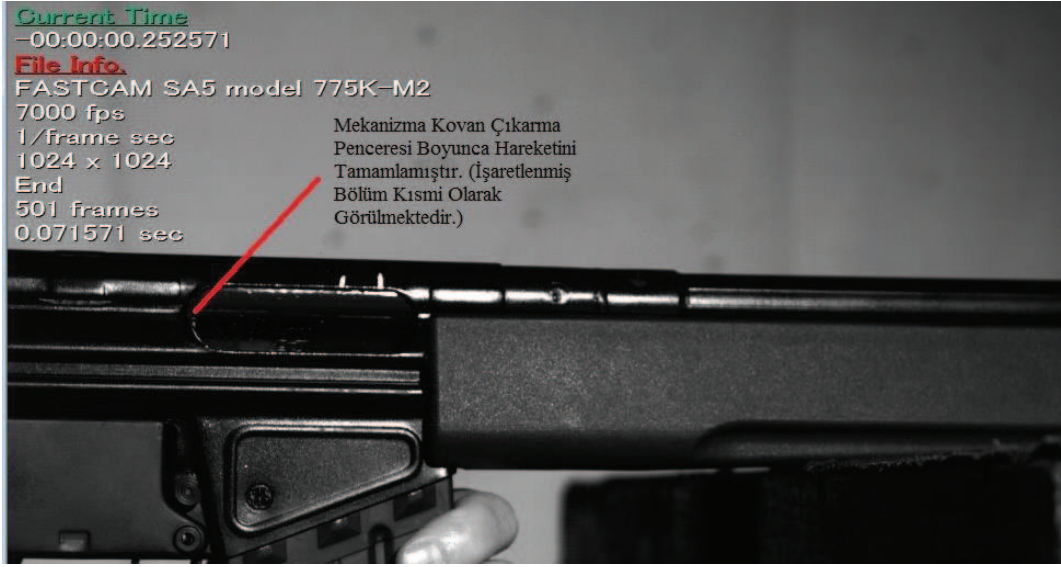


Şekil 4.33. Kovanı çekmeye başlamadan önce G3 piyade tüfeğinin hızlı kamerada görünümü

Tüfeğin kovanı çekerken olan görünümü Şekil 4.34.'te ve mekanizma gövdesi kovan çıkarma penceresi boyunca hareketini tamamladığında görünümü Şekil 4.35.'te verilmiştir.



Şekil 4.34. Kovanı çekerken G3 piyade tüfeğinin hızlı kamerada görünümü



Şekil 4.35. Mekanizma kovan çıkartma penceresi boyunca hareketini tamamladığında G3 piyade tüfeğinin hızlı kamerada görünümü

Kovan çıkartma penceresi 73,8 mm'dir. Mekanizma bu mesafeyi 79 kare boyunca tamamlamaktadır. Buna göre analizde patlamadan sonra 1,45 milisaniye mekanizma kilitli kalmakta, daha sonra kovan 73,8 mm'lik yol boyunca 0,01128 saniyede çekilerek kovan çekme kuvveti bulunmaktadır.

#### 4.4.3. Kovan çekme kuvveti analiz sonuçları

Kovan çekme kuvveti analizleri pirinç ve çelik kovan için kovan sıcaklığının 65°C ve 200°C olma durumları ile kovanların yağlanmış ve yağlanmamış olma durumlarına göre yapılarak sonuçlar Tablo 4.4., Tablo 4.5., Tablo 4.6. ve Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. 65°C'de yağlanmamış çelik ve pirinç kovanın çekme kuvveti değerleri

Sıra No	Kovan Malzemesi	Feyyür Ölçüsü (mm)	Kovan Sıcaklığı (°C)	Kovan Çekme Kuvveti (N)
1	Pirinç	41,5	65	5759
2		41,6		5651
3		41,7		5557
4		41,8		5480
5		41,9		5404
6		42,0		3179
7	Çelik	41,5	65	5029
8		41,6		4385
9		41,7		4241
10		41,8		4113
11		41,9		3991
12		42,0		3660

Tablo 4.5. 200°C'de yağlanmamış çelik ve pirinç kovanın çekme kuvveti değerleri

Sıra No	Kovan Malzemesi	Feyyür Ölçüsü (mm)	Kovan Sıcaklığı (°C)	Kovan Çekme Kuvveti (N)
1	Pirinç	41,5	200	18638
2		41,6		18423
3		41,7		18185
4		41,8		17923
5		41,9		17590
6		42,0		16014
7	Çelik	41,5	200	16946
8		41,6		16379
9		41,7		15232
10		41,8		14760
11		41,9		14289
12		42,0		11477

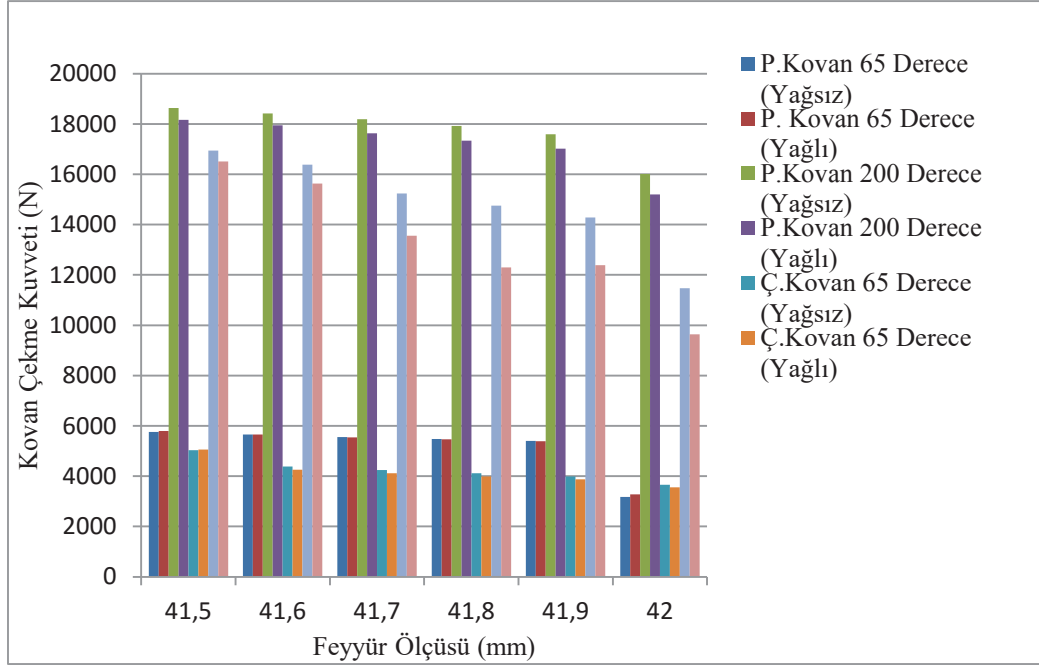
Tablo 4.6. 65°C'de yağlanmış çelik ve pirinç kovanın çekme kuvveti değerleri

Sıra No	Kovan Malzemesi	Feyyür Ölçüsü (mm)	Kovan Sıcaklığı (°C)	Kovan Çekme Kuvveti (N)
1	Pirinç	41,5	65	5798
2		41,6		5654
3		41,7		5543
4		41,8		5464
5		41,9		5385
6		42,0		3273
7	Çelik	41,5	65	5060
8		41,6		4261
9		41,7		4111
10		41,8		3985
11		41,9		3873
12		42,0		3554

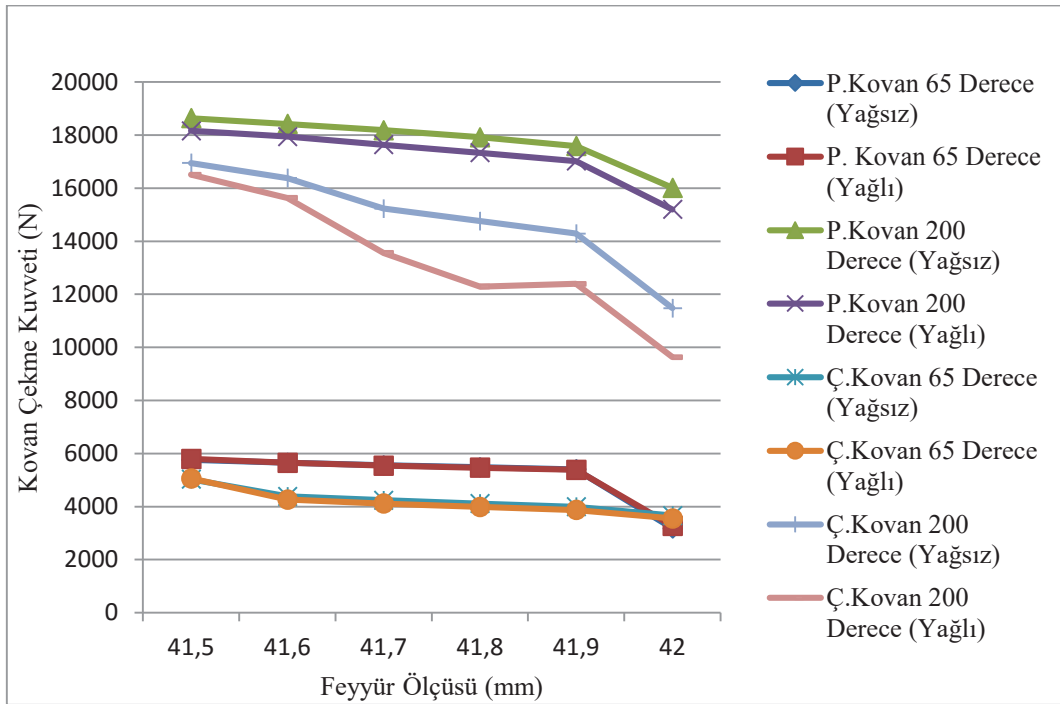
Tablo 4.7. 200°C'de yağlanmış çelik ve pirinç kovanın çekme kuvveti değerleri

Sıra No	Kovan Malzemesi	Feyyür Ölçüsü (mm)	Kovan Sıcaklığı (°C)	Kovan Çekme Kuvveti (N)
1	Pirinç	41,5	200	18164
2		41,6		17942
3		41,7		17636
4		41,8		17337
5		41,9		17019
6		42,0		15198
7	Çelik	41,5	200	16506
8		41,6		15632
9		41,7		13558
10		41,8		12295
11		41,9		12392
12		42,0		9634

Analiz sonuçlarının daha iyi karşılaştırılabilmesi için Tablo 4.4., Tablo 4.5., Tablo 4.6. ve Tablo 4.7'den alınan verilere göre grafikler oluşturulmuştur. Oluşturulan grafikler Şekil 4.36. ve Şekil 4.37.'de verilmiştir.



Şekil 4.36. Kovan çekme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.37. Feyyür ölçüsü ve sıcaklıklara göre kovan çekme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Analiz sonuçlarına göre feyyür ölçüsü büyüdükçe kovan çekme kuvvetinin azaldığı görülmektedir. Bu durumun istisnası 65°C sıcaklık, 42,0 mm feyyürde pirinç kovanın çekme kuvvetinin çelik kovandan daha az olmasıdır. Ancak bu ölçüde pirinç kovan kullanılmayacağından bu sonuç göz ardı edilebilir. Grafiklerden aynı sıcaklık

ve yağlanma durumunda çelik kovani çekmek için gerekli olan kuvvetin pirinç kovandan daha az olduğu görülmektedir.

Grafiklerden, tek atış yapılması halinde kovanın eriştiği sıcaklık olan 65°C kovan sıcaklığında kovanın yağlı olup olmamasına göre sonuçların fazla değişmediği; 200°C sıcaklıkta yağlamanın daha önemli olduğu görülmektedir. Grafiklerden çıkarılabilecek önemli bir sonuçta aynı sıcaklıkta yağlanmamış çelik kovani çekmek için gerekli kuvvetin yağlanmış pirinç kovandan düşük olduğudur.



## BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Pirinç kovanın 65°C kovan sıcaklığındaki gerilme durumu incelendiğinde kovanın 42,0 mm feyyür ölçüsüne göre kullanılabilceği görülmektedir. Ancak silahla fazla atış yapılması ve haznenin kendiliğinden ateş alma (cook-off) sınırına kadar ısınması (200°C) halinde 41,9 mm ve 42,0 mm feyyür ölçüsü artık güvenli olmayacaktır. Analiz sonuçlarına göre pirinç kovanın silahın tüm kullanım limitlerinde güvenli olabilmesi için feyyür ölçüsünün 41,8 mm'yi aşmaması gerektiği görülmektedir.

Çelik kovanın analiz sonuçları incelendiğinde çelik kovanın 42,0 mm ölçüsünde hem 65°C hem de 200°C kullanılabilceği görülmektedir. 42,0 mm feyyürde kovan üzerindeki gerilmeler fazla olsa da çelik kovanın mukavemetinin yüksek olması büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Kovan çekme kuvvetleri incelendiğinde çelik kovanın tüm karşılaştırmalar için hazneden daha kolay çıkarıldığı görülmektedir. (65°C sıcaklıkta 42,0 mm feyyürde pirinç kovanın çekme kuvveti daha düşük olsa da kovan bu ölçüde kullanıma uygun olmadığı için göz ardı edilmiştir.)

Kovanın hazneden daha kolay çıkarılması mekanizma grubunun kovayı çekerken durmamasına, hızının kesilmemesine, enerjisinin azalmamasına böylelikle kovanın kolayca çıkarılıp atılmasına ve güvenli bir şekilde silahın tekrar kurulmasına katkısı olduğundan silahlarda çelik kovan kullanılması silahların hem performansı arttıracak; hem de çelik kovan silahta daha geniş feyyür toleransında kullanılabilceğinden (42,0 mm'ye kadar silahta feyyür aşınmalarına müsaade edilmesiyle) silahın atım ömrü uzayacaktır.

Ayrıca çeliğin özgül ağırlığının pirinçten daha az olması çelik kovana aynı boyutlardaki pirinç kovandan daha hafif kılacaktır. Çeliğin mukavemet yüksekliği avantajı kullanılarak kovan cidarları inceltirse çelik kovanın daha da hafifletilmesi böylelikle asker tarafından taşınan yükün azaltılması mümkün olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Alim, Y., Aynı marka farklı seri numaralı tabancalarda çıkan mermi çekirdeğinin hangi tabancaya ait olduğunun saptanması için yapılan balistik analizler. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [2] Yıldırım, F., Büyük kalibre mühimmatta kullanılan barutların geometrik şeklinin değişiminin, namlu iç basıncı ve namlu çıkış hızı üzerindeki etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [3] Gündüzer, O., Namlu cidarı boyutlandırılmasına iç balistik davranışın etkisi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [4] Çelikel, A., Av tüfeği namlu uzunluğunun saçma dağılımına etkisi ve atış mesafesinin belirlenmesinde önemi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıpta Uzmanlık Tezi, 2008.
- [5] Şahin, M. E., Küresel barut üretim parametrelerinin incelenmesi, sentezi ve karakterizasyonu. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [6] Çakır, İ., Pompalı av tüfeği ile yapılan atışlarda saçmaların dağılımına göre atış mesafesinin tayini. İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü, Master Tezi, 1997.
- [7] Fidan, G., Çin kaynaklarına göre 16. yüzyıl Osmanlı Çin ilişkileri ve Çin'deki Osmanlı ateşli silahlari. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2010.
- [8] Aydüz, S., Osmanli silahlari, silah üretim merkezleri ve literatürü tarihi. Tarih Okulu, Mayıs-Ağustos 2011 Sayı X 1-37.
- [9] Özyılmaz, Ö., Hafif silah tasarımının balistik açıdan incelenmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [10] [http://www.askerimuze.tsk.tr/obje/atesli\\_silahlar\\_obje2.htm](http://www.askerimuze.tsk.tr/obje/atesli_silahlar_obje2.htm) /, Erişim Tarihi: 01.10.2015.
- [11] [http://www.askerimuze.tsk.tr/obje/atesli\\_silahlar\\_obje4.htm](http://www.askerimuze.tsk.tr/obje/atesli_silahlar_obje4.htm) /, Erişim Tarihi: 01.10.2015.

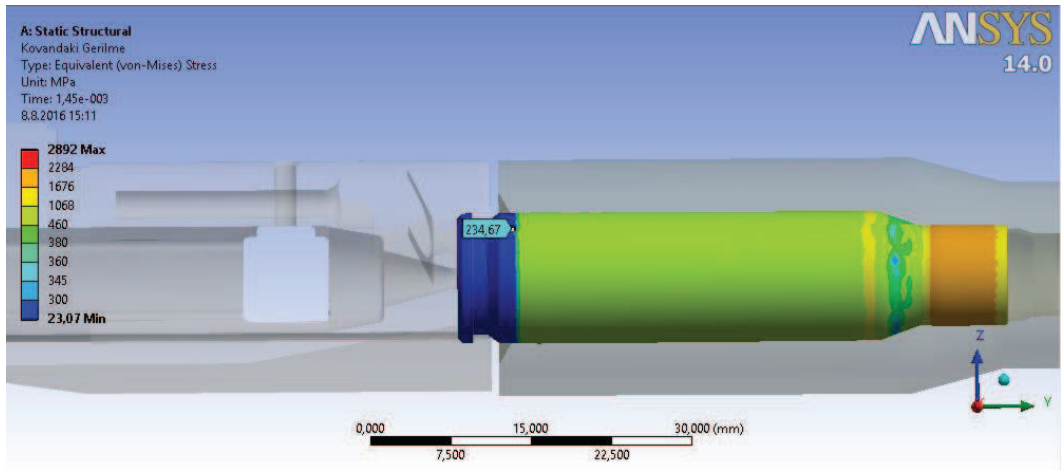
- [12] <http://pof-usa.com/features/>, Erişim Tarihi: 03.10.2015.
- [13] [http://www.desertfoxsales.com/PK\\_PKM\\_BOLT\\_CARRIER\\_ASSEMBLY\\_p/pkm-043.htm](http://www.desertfoxsales.com/PK_PKM_BOLT_CARRIER_ASSEMBLY_p/pkm-043.htm), Erişim Tarihi: 04.10.2015.
- [14] <http://stonerclone.blogspot.com.tr/2013/04/ar-15-gas-impingement-system-animation.html>, Erişim Tarihi: 04.10.2015.
- [15] Saribey, Y. A., Ateşli silahlar ile yapılan atışlar sonrası hedef yüzeyler üzerinde oluşan atış artıklarının incelenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2008.
- [16] MKE Silah Fabrikası, AR-GE Müdürlüğü Teknik Arşivi.
- [17] South, J., Malkovich, N., Finite element analysis of a polymeric 5.56 mm cartridge. National Defense Industrial Association, 50th Annual Joint Services Small Arms Systems Section Annual Symposium, Exhibition and Firing Demonstration, Session IX, 2004.
- [18] Abo-Elkhair, M. S., Failure analysis of cartridge cases due to manufacturing stresses or due to fire under action of internal loading. IJMSE Volume 3, Issue 1 February 2013 PP. 43-49.
- [19] Yu, V. Y., Kohl, J. G., Crapanzano, R. A., Davies, M., Elam, A. G., Veach, M. K., Failure analysis of the m16 rifle bolt. Engineering Failure Analysis 12, 746–754, 2005.
- [20] Deng, S., Sun, H. K., Chiu, C-J., Chen, K-C., Transient finite element for in-bore analysis of 9 mm pistols. Applied Mathematical Modelling 38, 2673–2688, 2014.
- [21] Krist, Z., Equation of motion of blowback system. University of Defence, Department of Weapon And Ammunition, ISBN: 978-1-61804-055-8.
- [22] Özmen, D., Yarı otomatik av tüfeği mekanizmasının yorulma dayanımının analizi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [23] Abaş, A., Tetik mekanizmasına gelen dinamik kuvvetlerin sonlu elemanlar metoduyla incelenmesi. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2011.
- [24] Varol, H., Av ve spor tüfekleri için kritik parçaların hasar analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [25] Taşkiran, E., Ağır silahlardaki geri tepme mekanizmalarının dinamiği üzerine. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.

- [26] <http://7.62x54r.net/MosinID/MosinAmmo.htm>, Erişim Tarihi: 05.03.2016.
- [27] G3 Otomatik piyade tufeđi teknik tarifnamesi, MKE Kurumu, 1983.
- [28] <http://www.trmilitary.com/wtopic.php?f=7&t=19&start=1625>, Erişim Tarihi: 20.12.2015.
- [29] <http://blog.mechguru.com/machine-design/typical-coefficient-of-friction-values-for-common-materials/>, Erişim Tarihi: 05.03.2016.

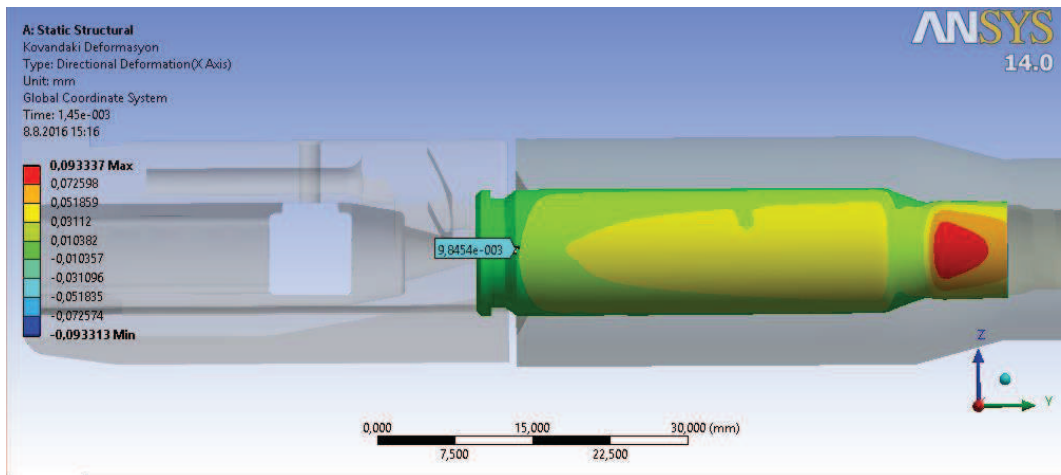
## EKLER

### EK 1 FEYYÜR ÖLÇÜSÜ ANALİZİ SONUÇLARI

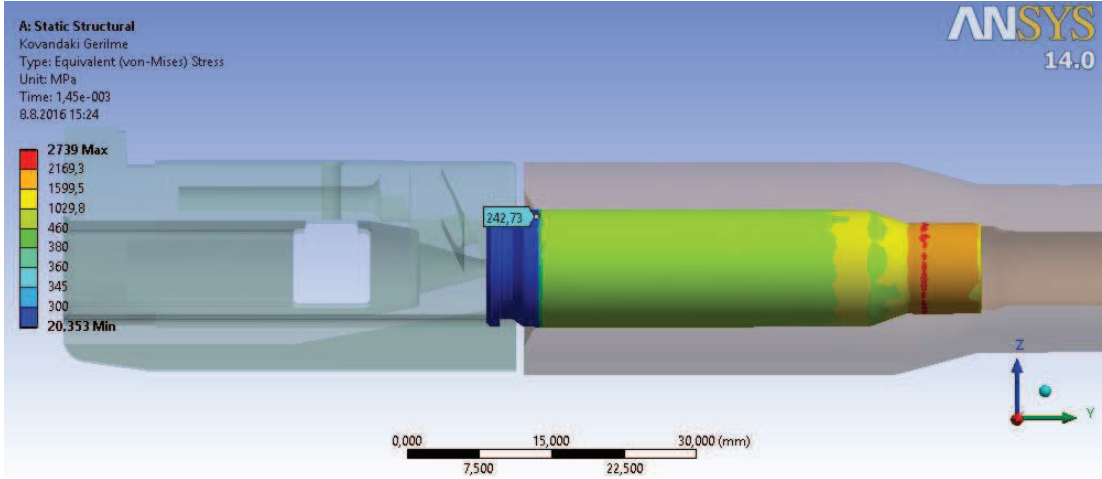
#### 1.1. Pirinç Kovan İçin Feyyür Ölçüsü Analizi Sonuçları



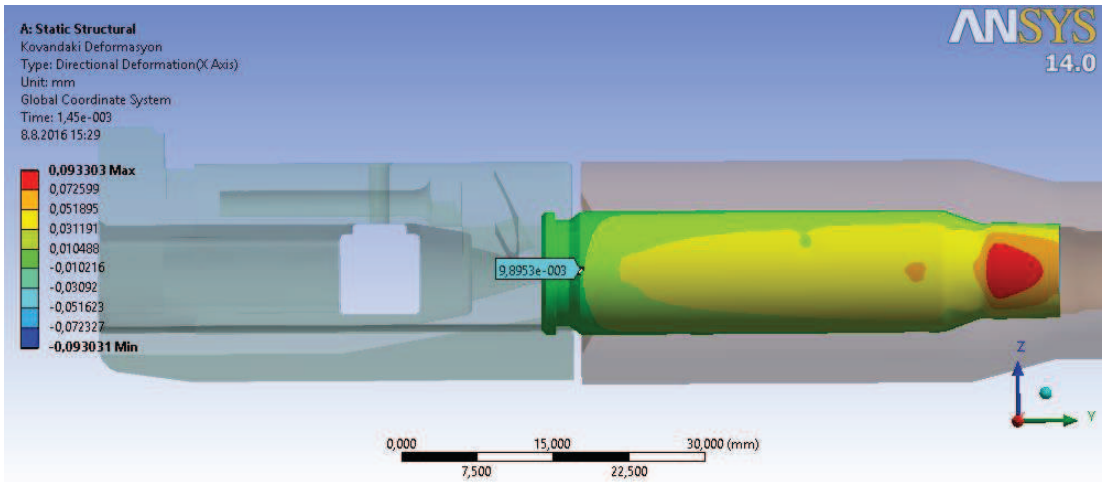
Şekil 1.1. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,50 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı



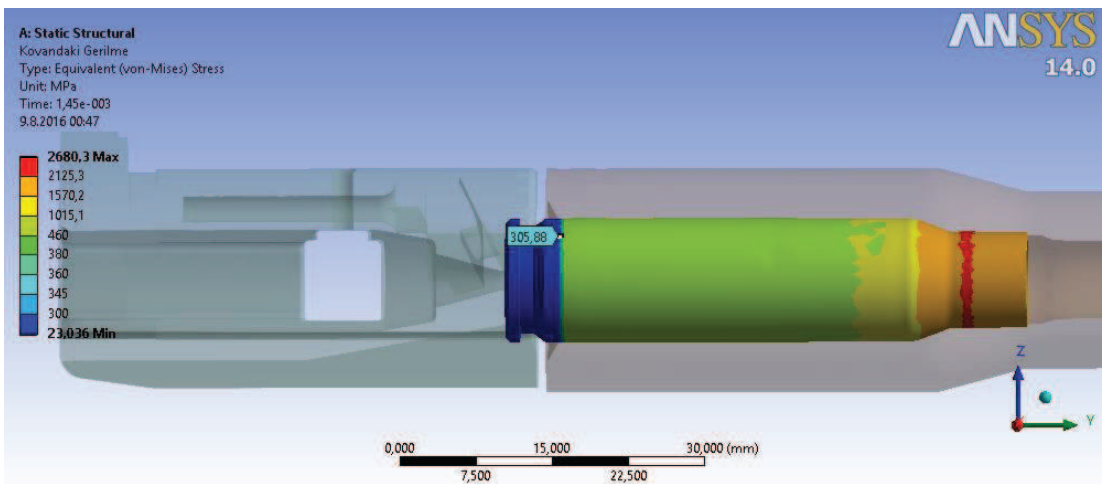
Şekil 1.2. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,50 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovadaki şekil değiştirme



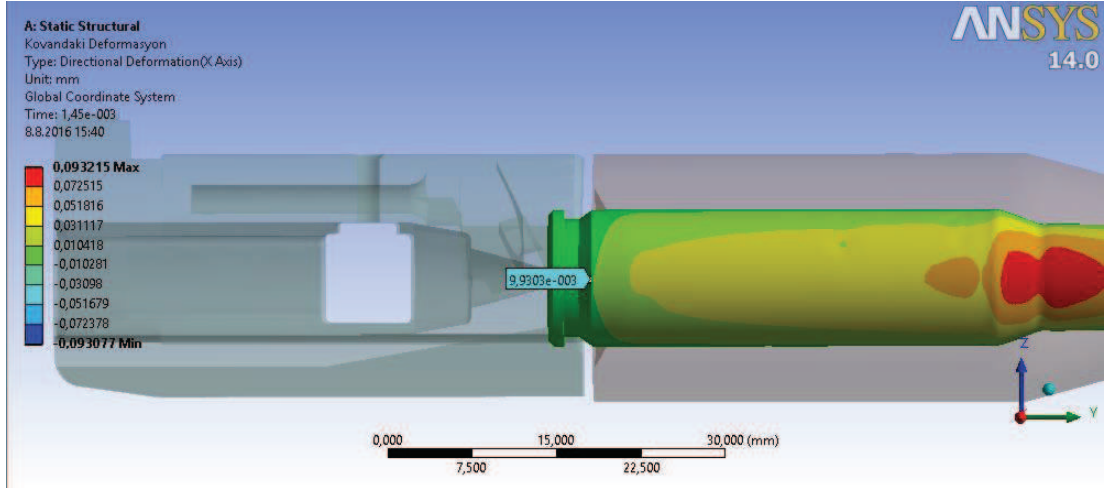
Şekil 1.3. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,60 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı



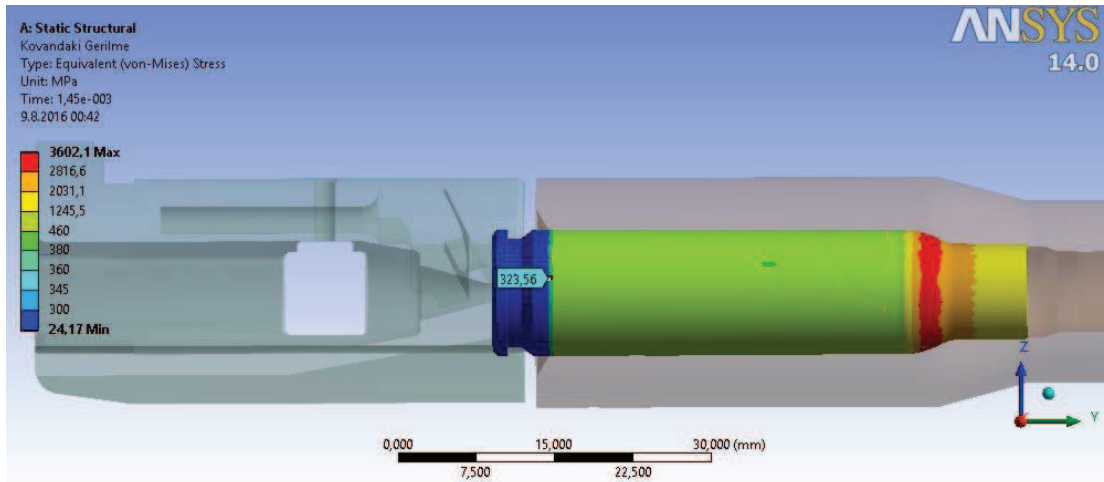
Şekil 1.4. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,60 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovadaki şekil değıştirme



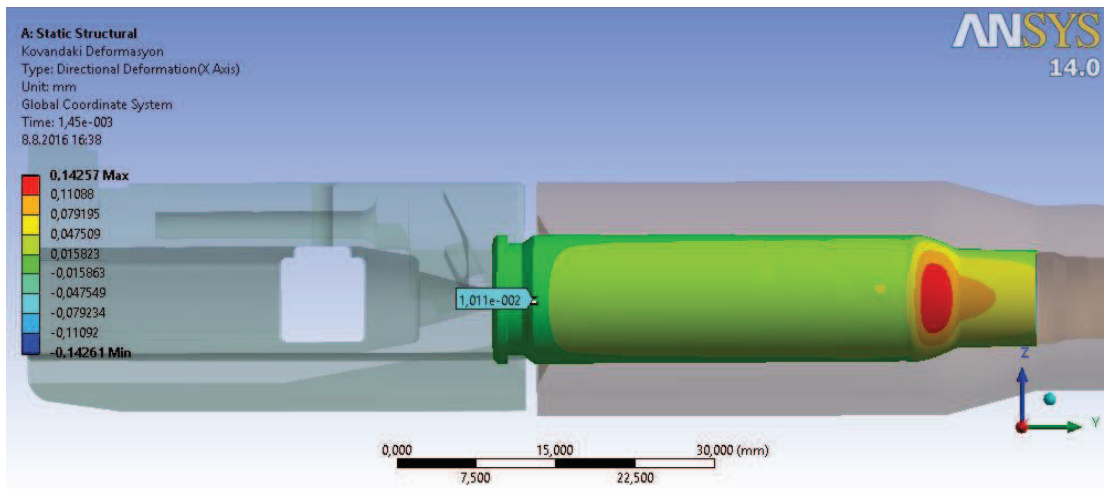
Şekil 1.5. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,70 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı



Şekil 1.6. Pirinç kovana, feyyür ölçüsü 41,70 mm, kovana sıcaklığı 65°C'de kovandaki şekil değişimi

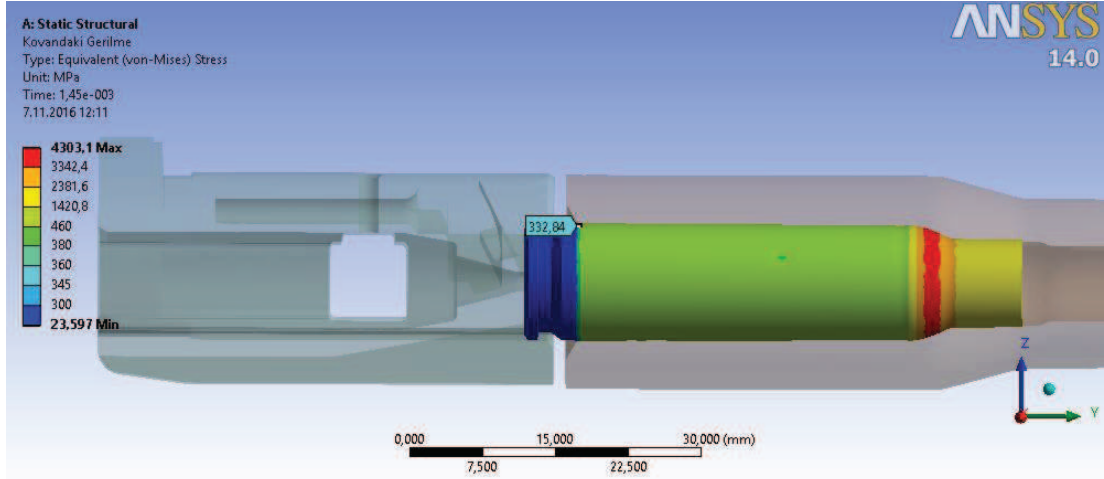


Şekil 1.7. Pirinç kovana, feyyür ölçüsü 41,90 mm, kovana sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı

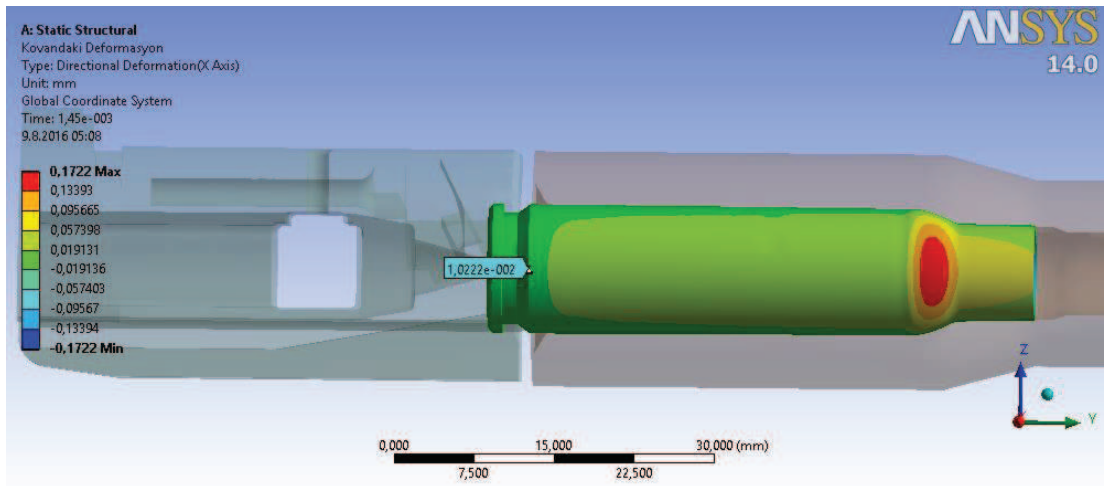


Şekil 1.8. Pirinç kovana, feyyür ölçüsü 41,90 mm, kovana sıcaklığı 65°C'de kovandaki şekil değişimi

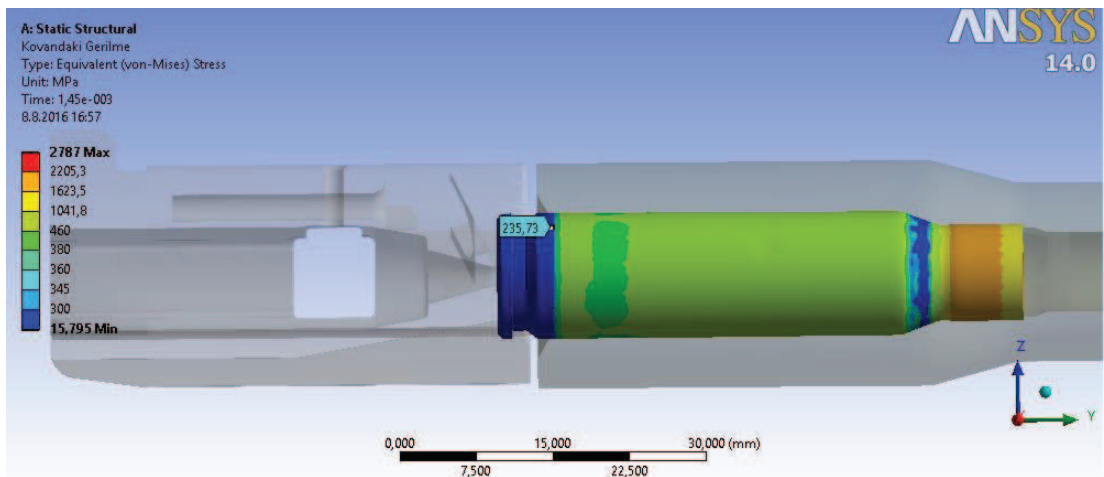




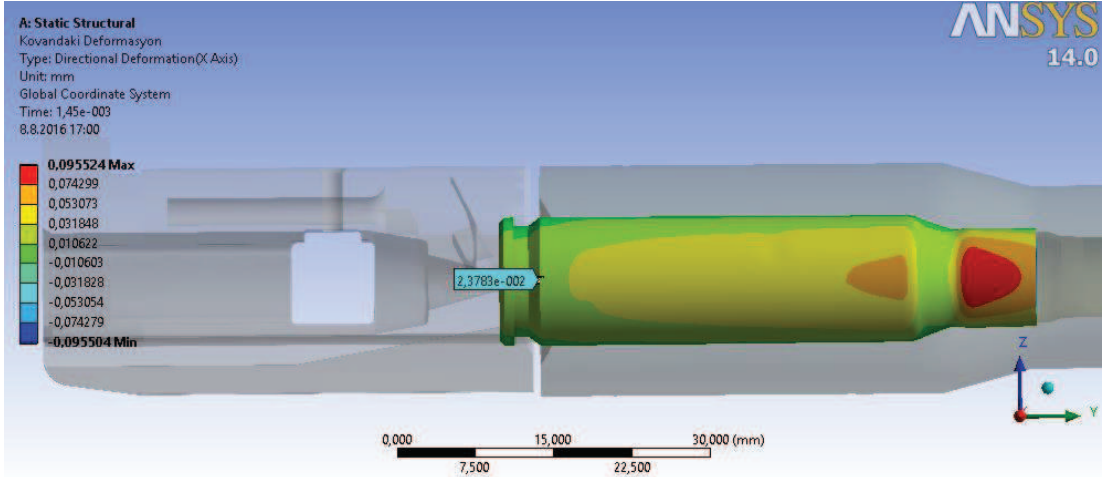
Şekil 1.9. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 42,00 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı



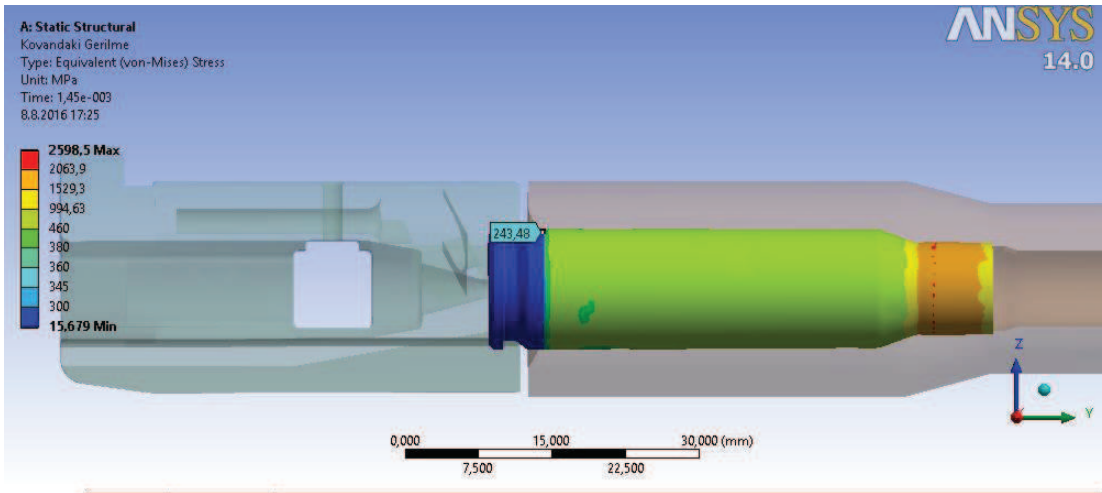
Şekil 1.10. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 42,00 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovandaki şekil değişime



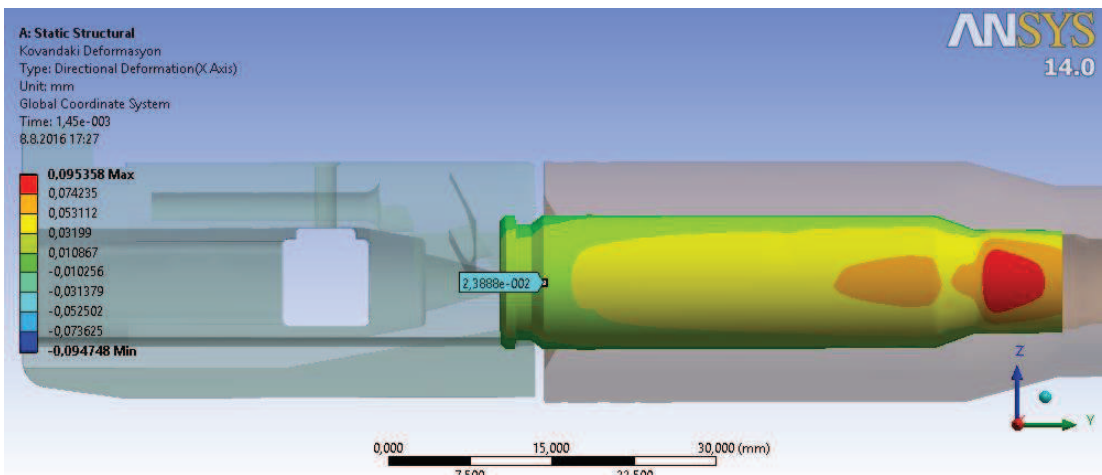
Şekil 1.11. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,50 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



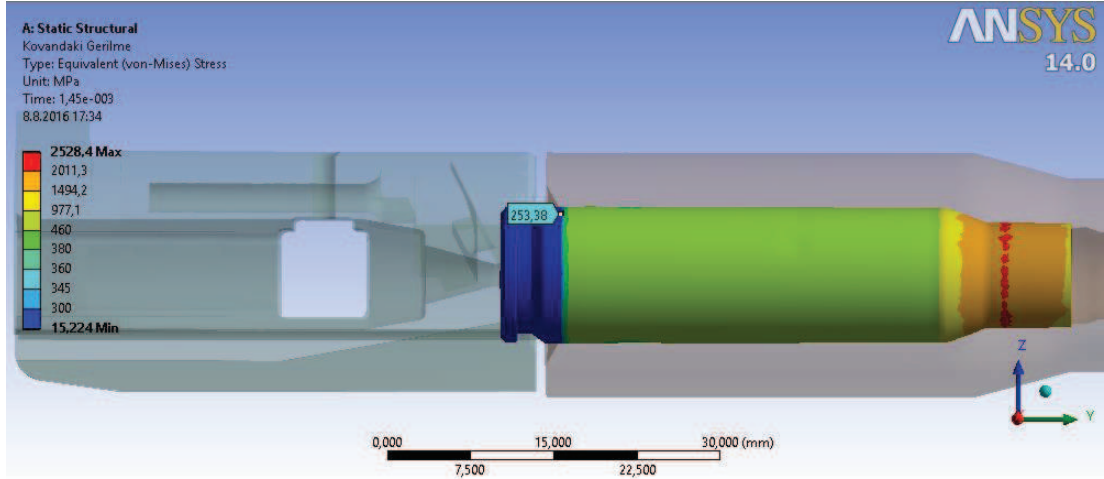
Şekil 1.12. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,50 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovandaki şekil değıştirme



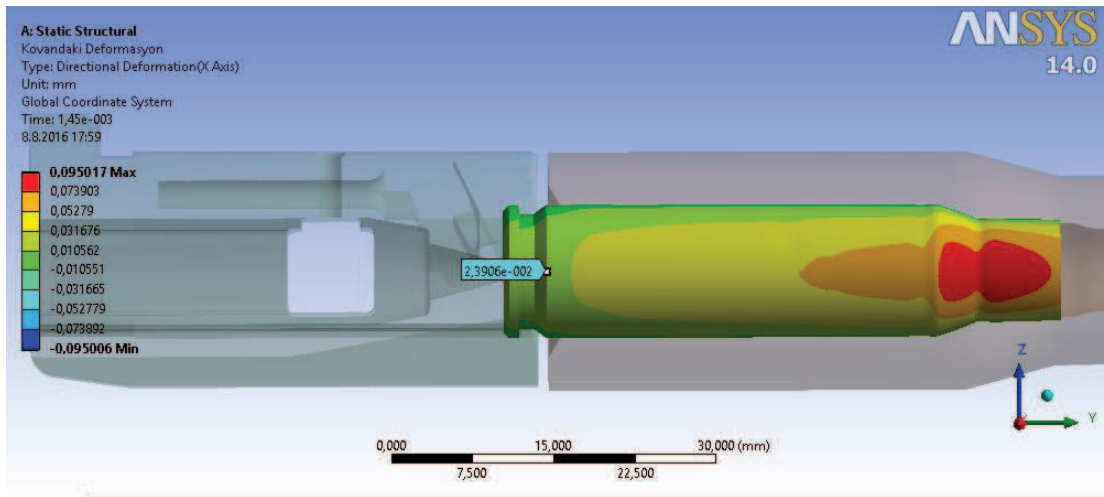
Şekil 1.13. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,60 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



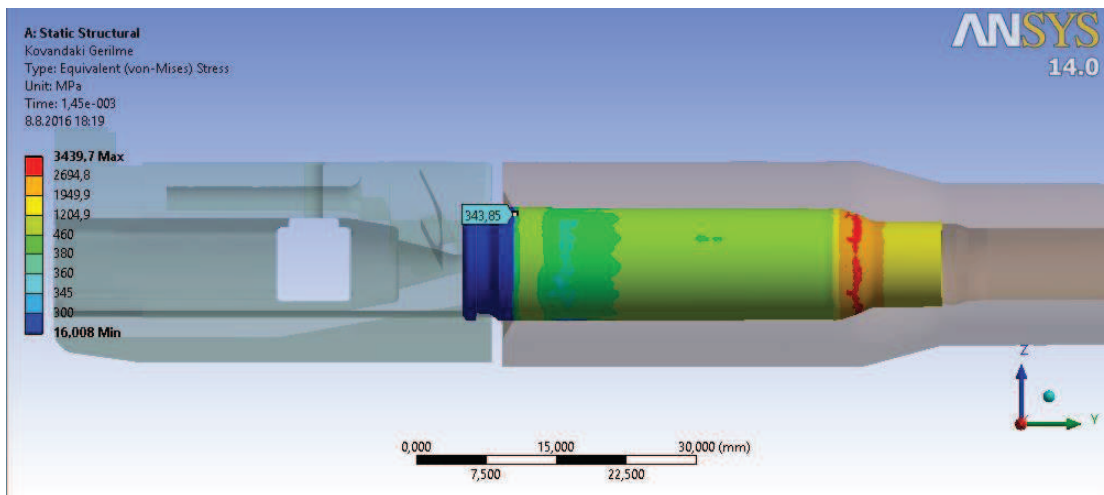
Şekil 1.14. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,60 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovandaki şekil değıştirme



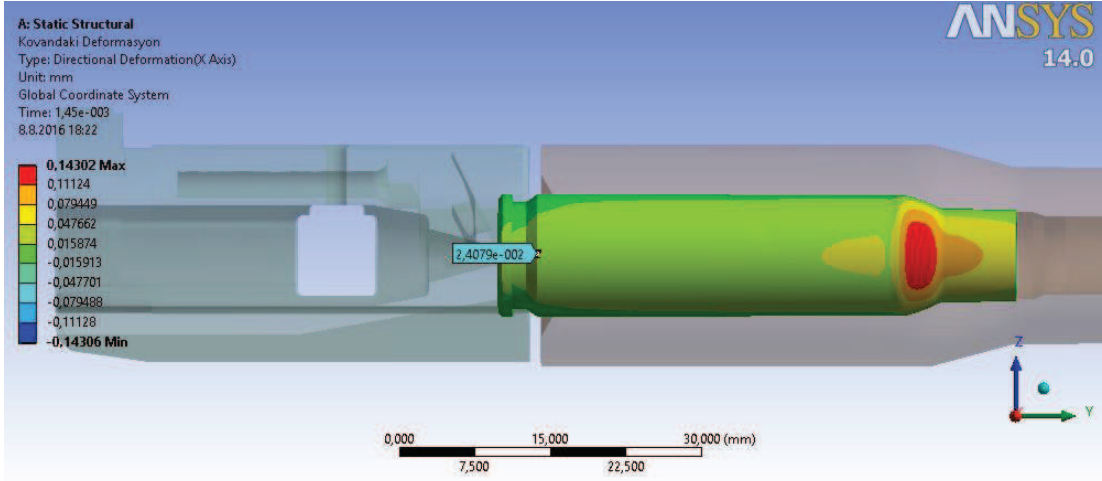
Şekil 1.15. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,70 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



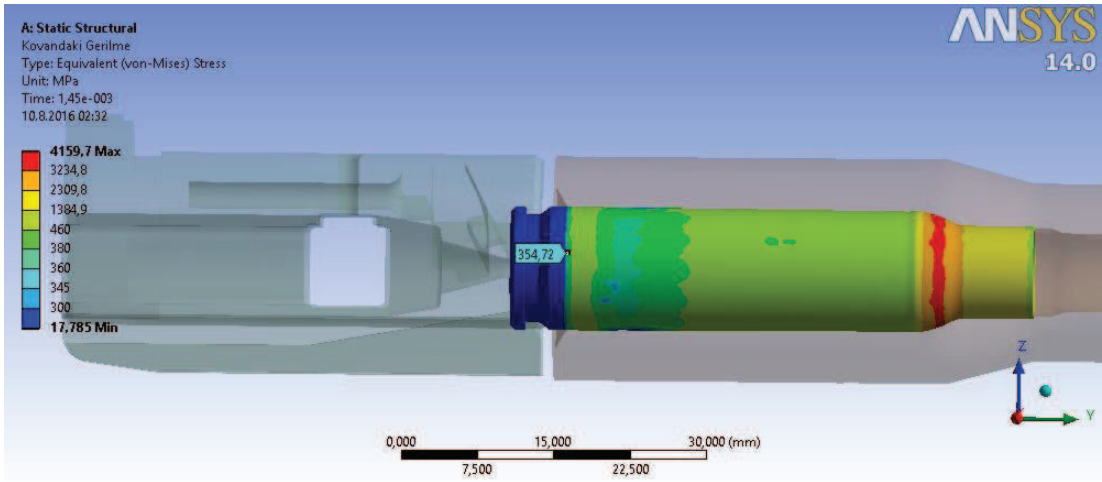
Şekil 1.16. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,70 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovadaki şekil değışirme



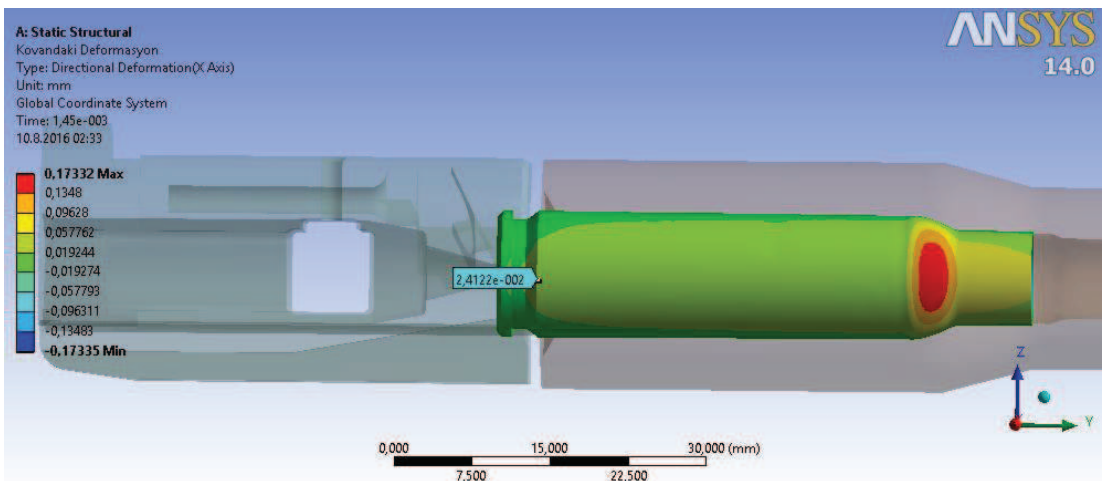
Şekil 1.17. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,90 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



Şekil 1.18. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 41,90 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovandaki şekil değışirme

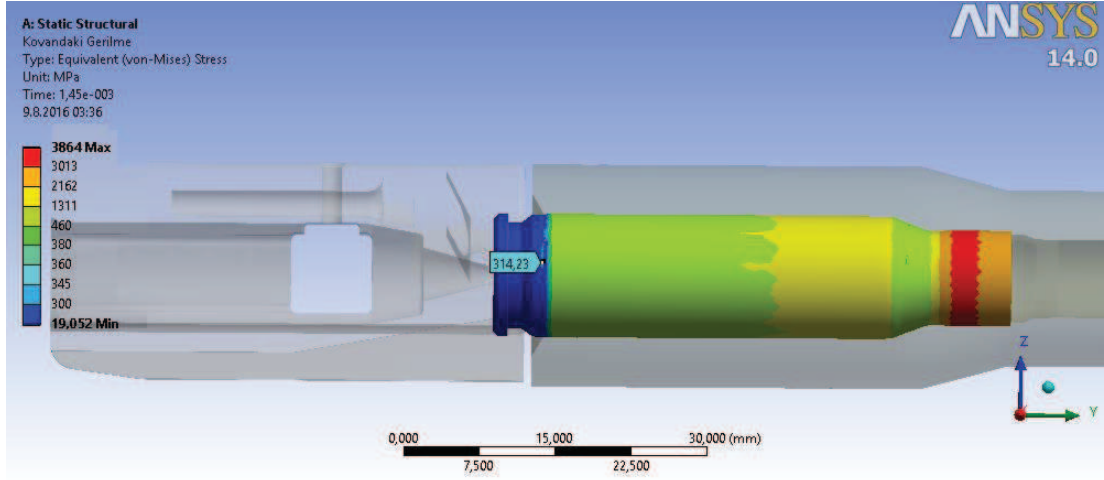


Şekil 1.19. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 42,00 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı

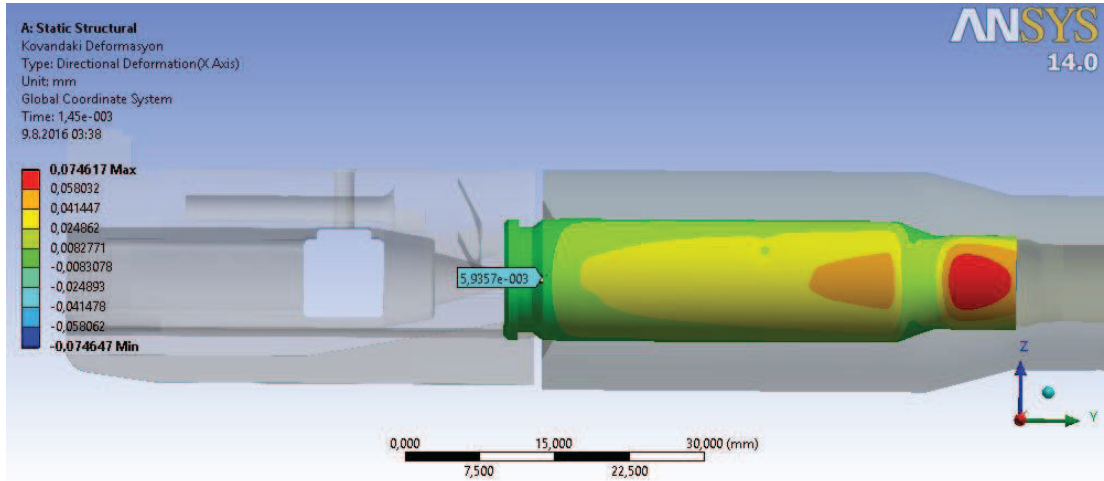


Şekil 1.20. Pirinç kovan, feyyür ölçüsü 42,00 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovandaki şekil değışirme

## 1.2. Çelik Kovan İçin Feyyür Ölçüsü Analizi Sonuçları

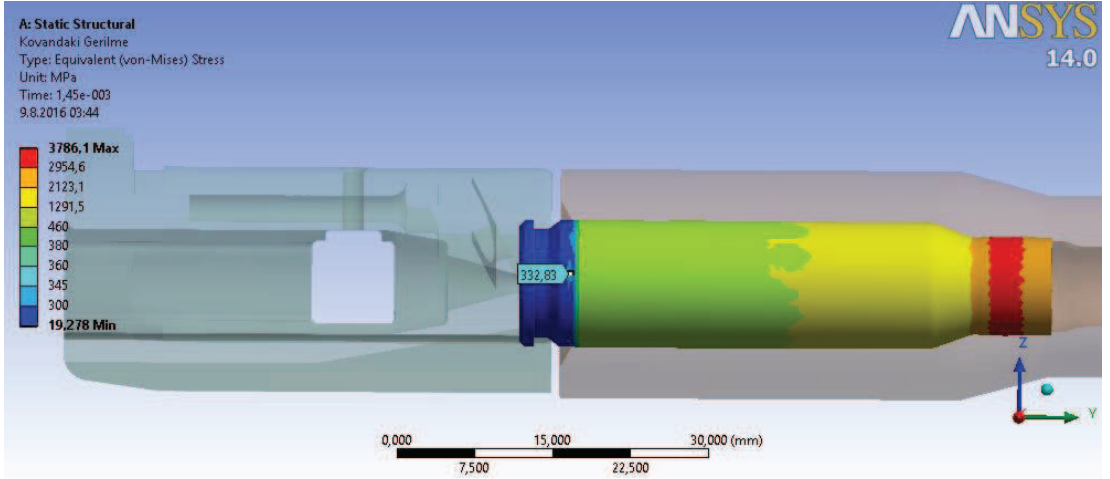


Şekil 1.21. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,50 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı

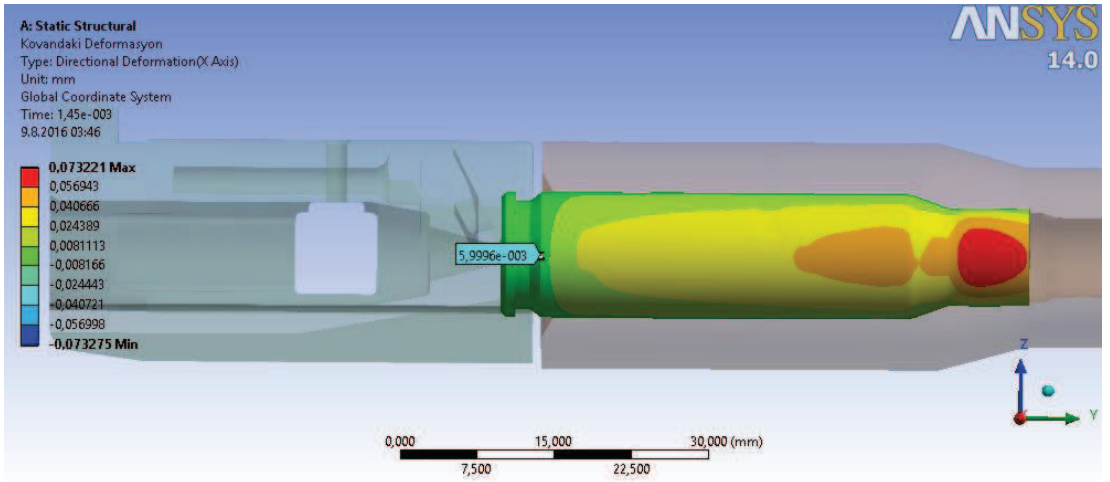


Şekil 1.22. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,50 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovandaki şekil değiştirme

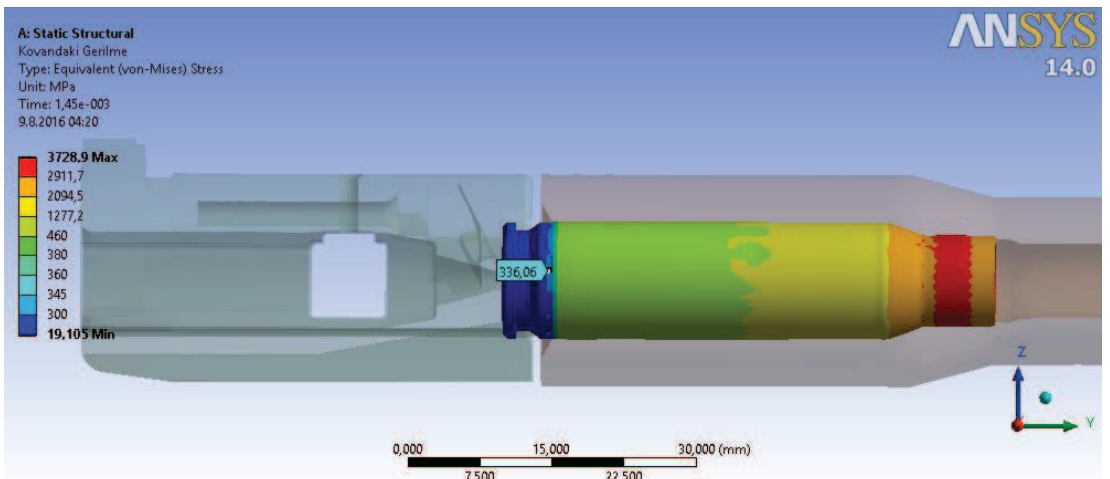




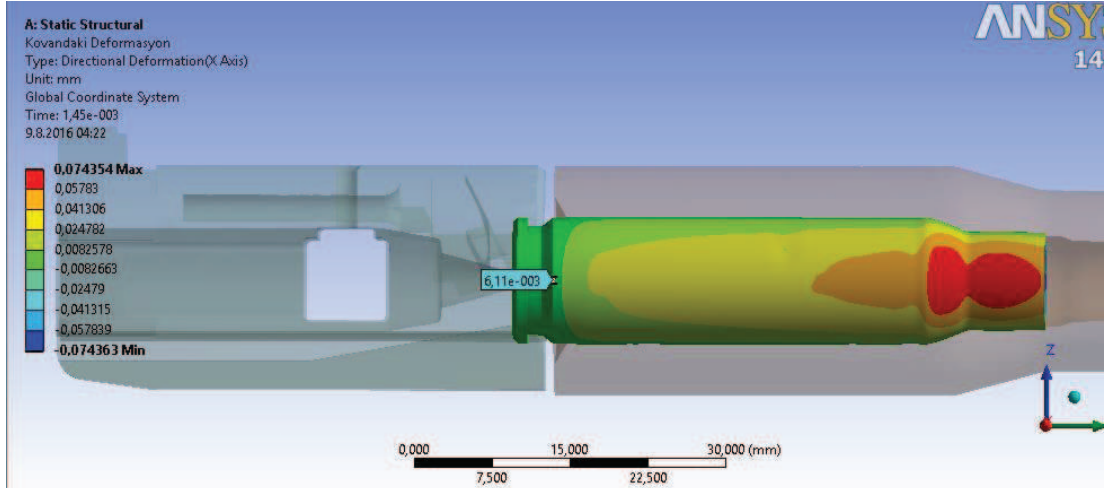
Şekil 1.23. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,60 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı



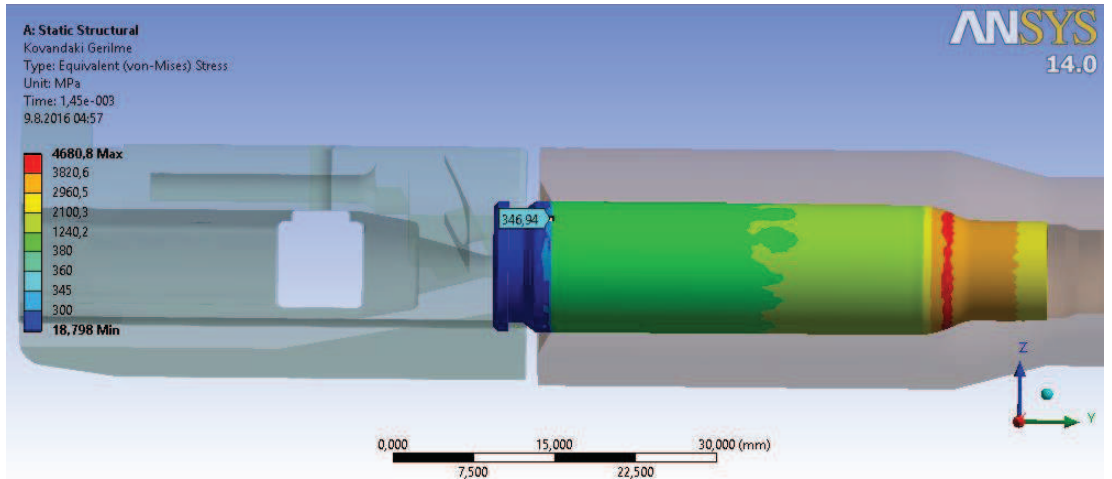
Şekil 1.24. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,60 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovandaki şekil değıştirme



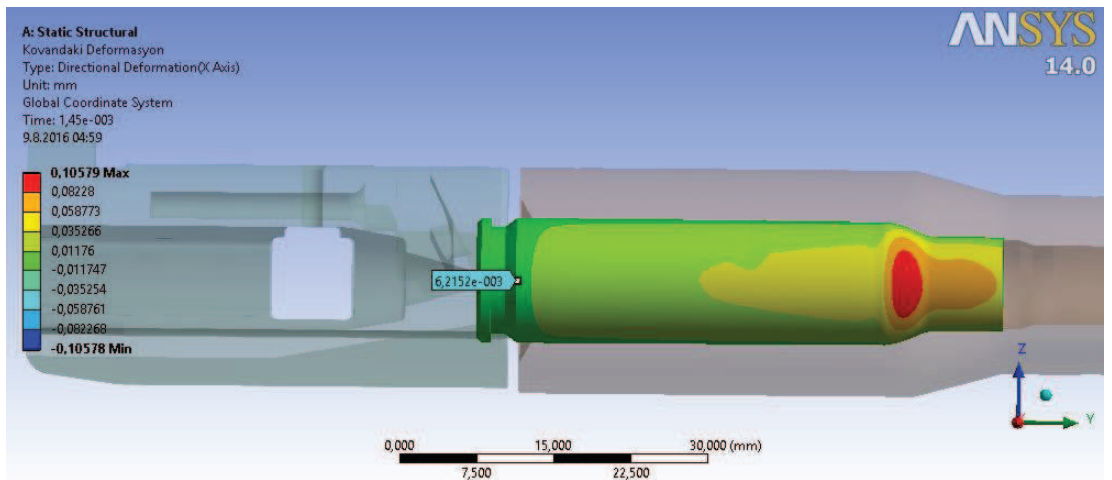
Şekil 1.25. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,70 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı



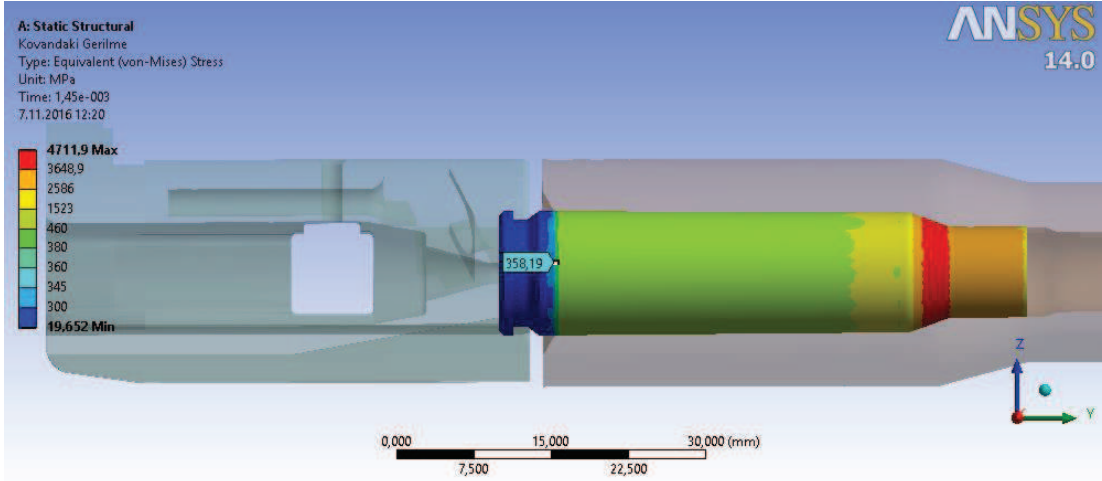
Şekil 1.26. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,70 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovandaki şekil değıştirme



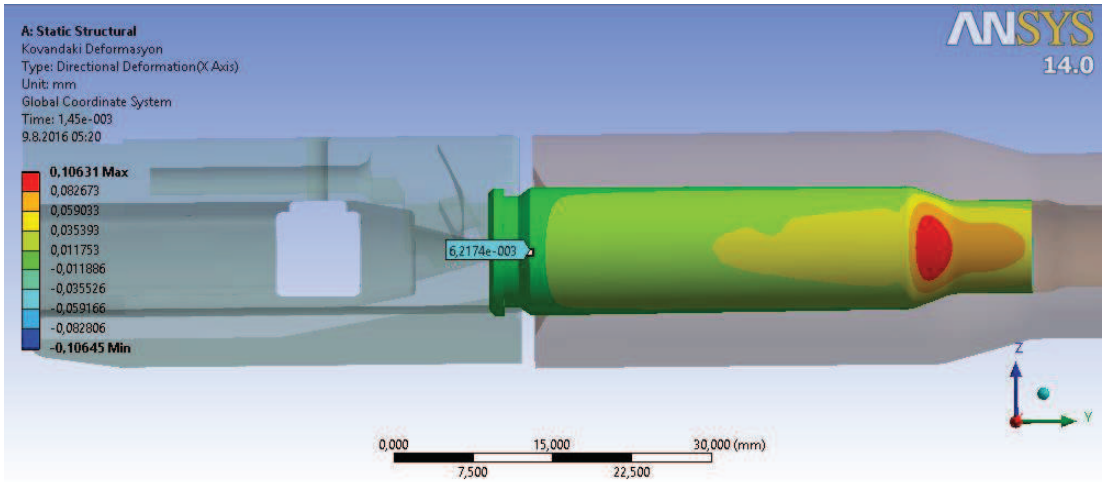
Şekil 1.27. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,90 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı



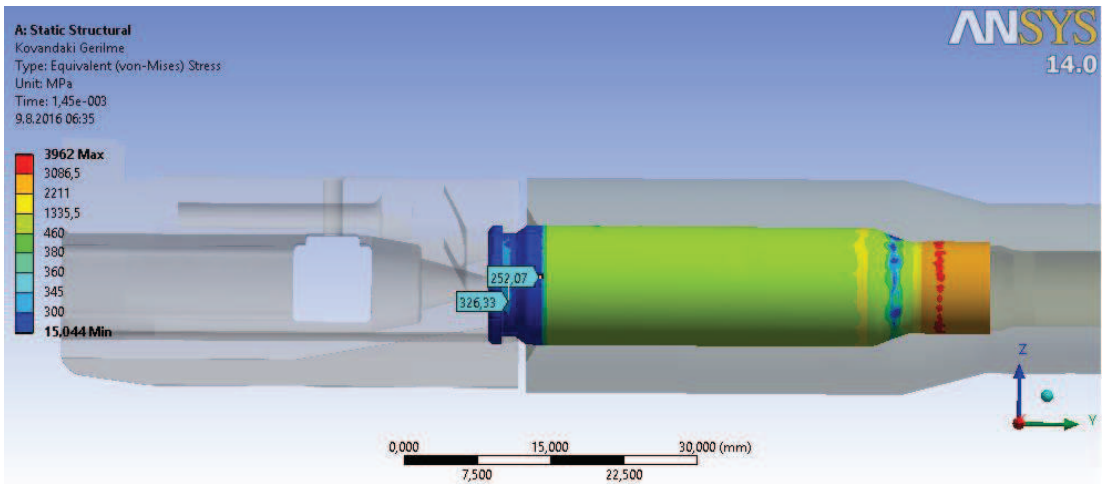
Şekil 1.28. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,90 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovandaki şekil değıştirme



Şekil 1.29. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 42,00 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de gerilme dağılımı

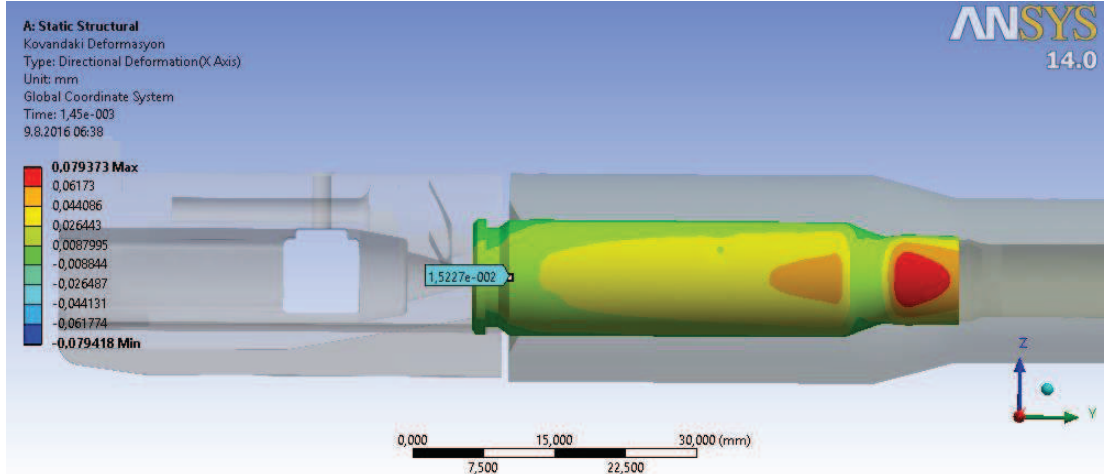


Şekil 1.30. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 42,00 mm, kovan sıcaklığı 65°C'de kovadaki şekil değişime

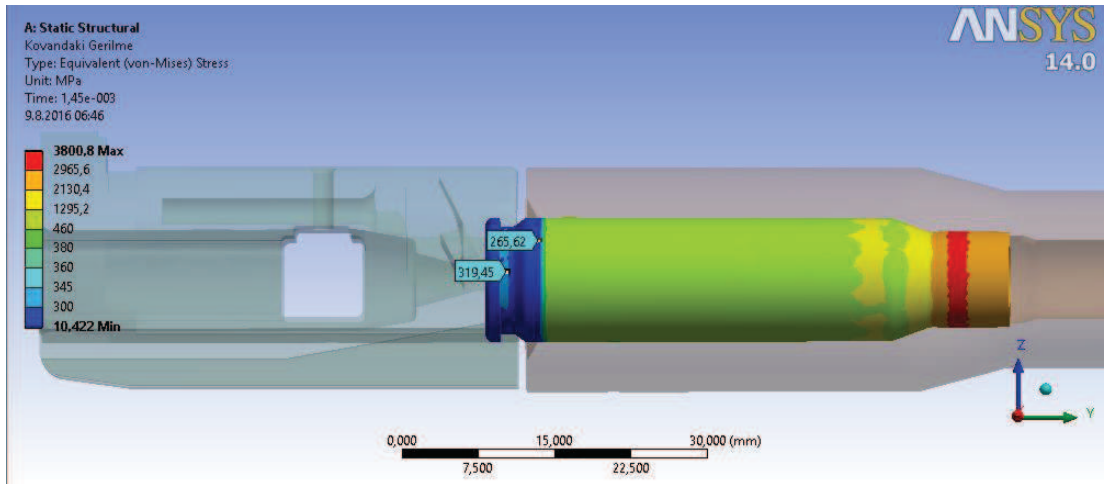


Şekil 1.31. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,50 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı

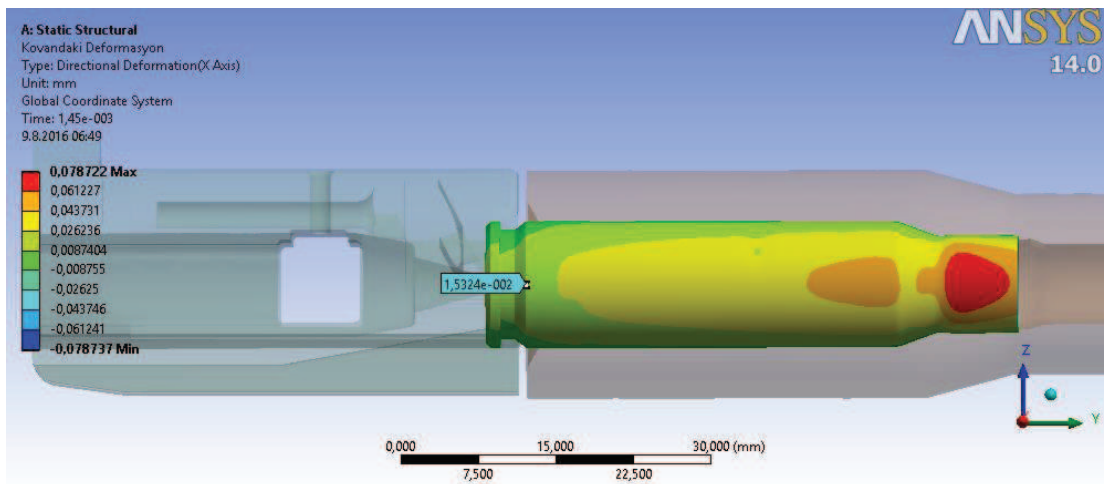




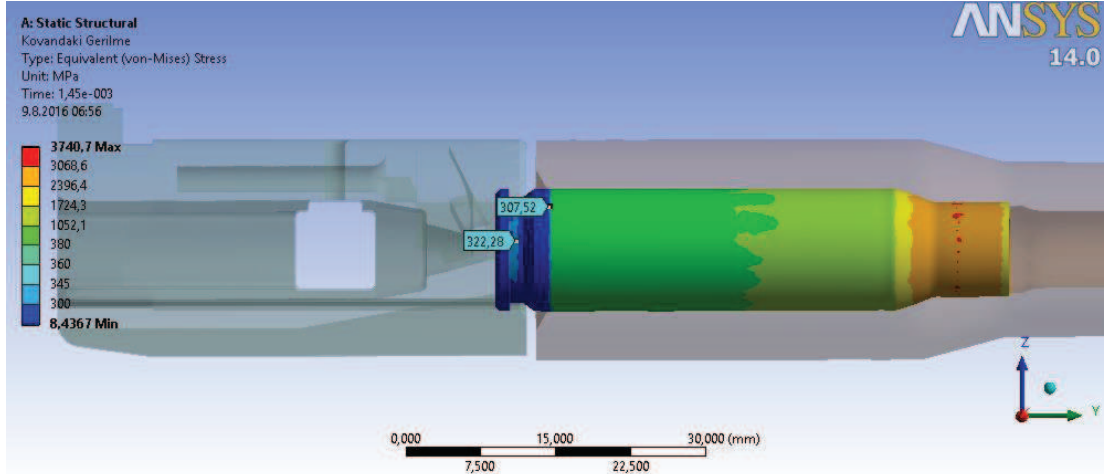
Şekil 1.32. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,50 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovadaki şekil değıştirme



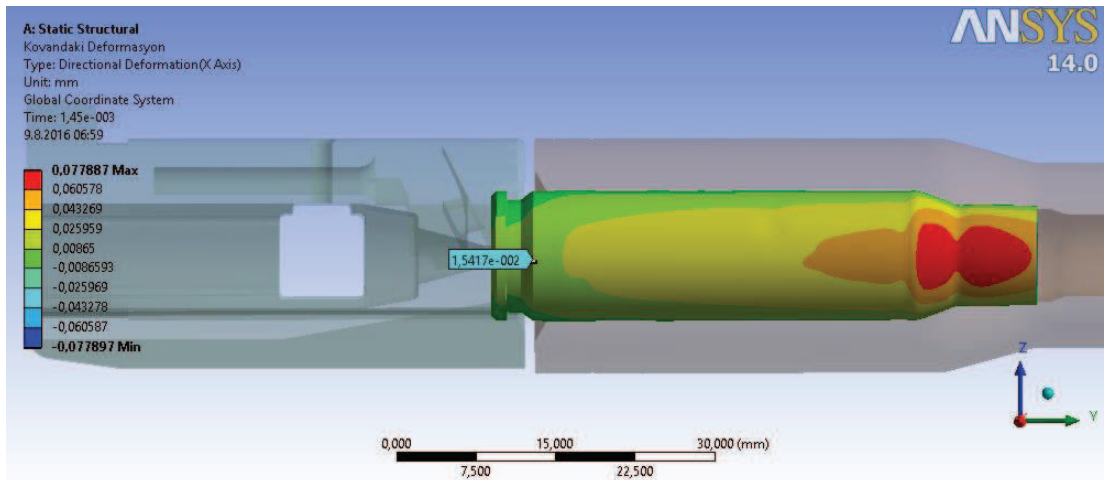
Şekil 1.33. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,60 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



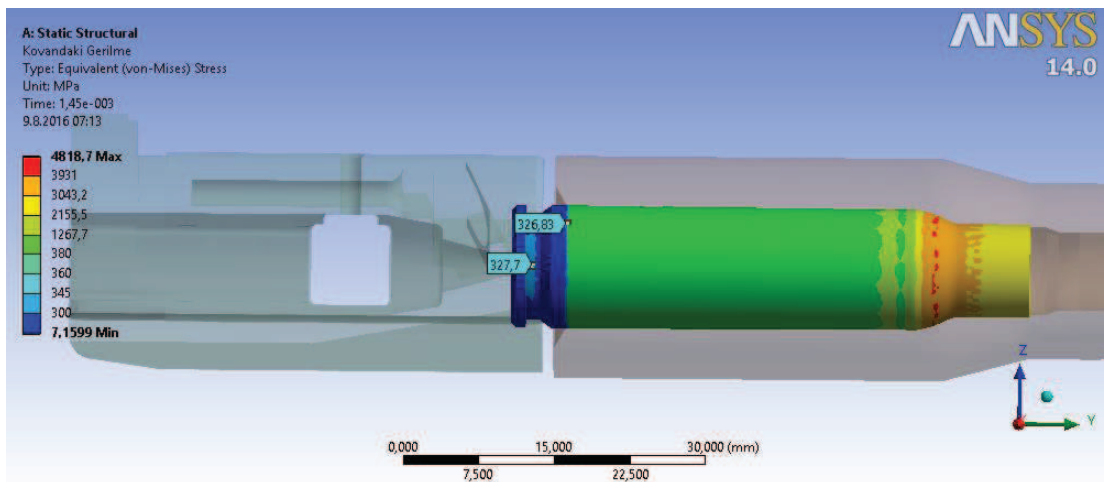
Şekil 1.34. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,60 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovadaki şekil değıştirme



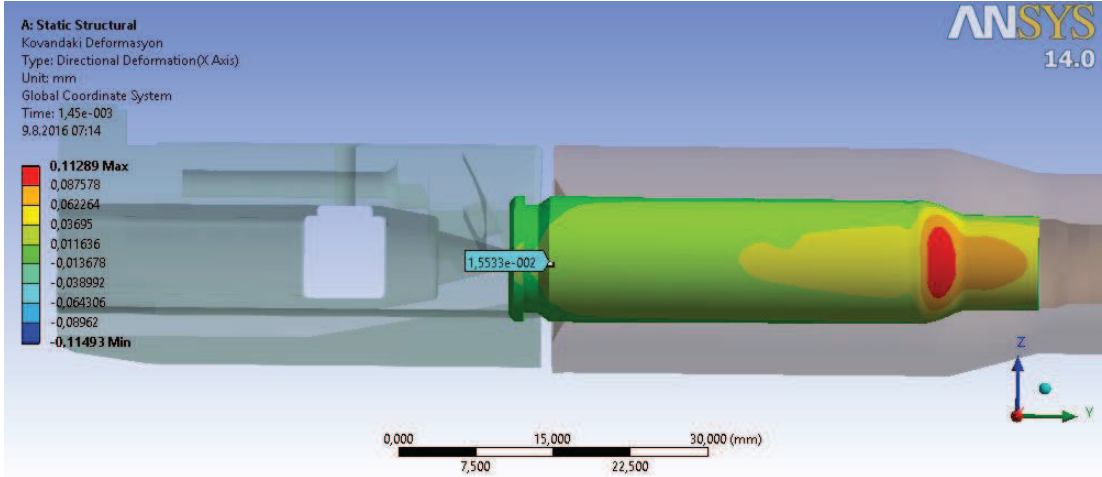
Şekil 1.35. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,70 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



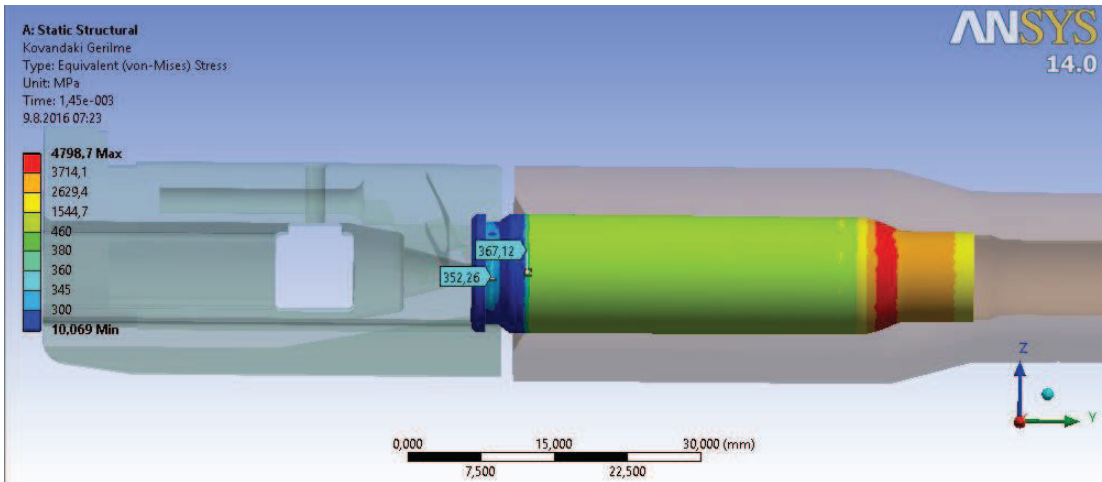
Şekil 1.36. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,70 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovandaki şekil değışirme



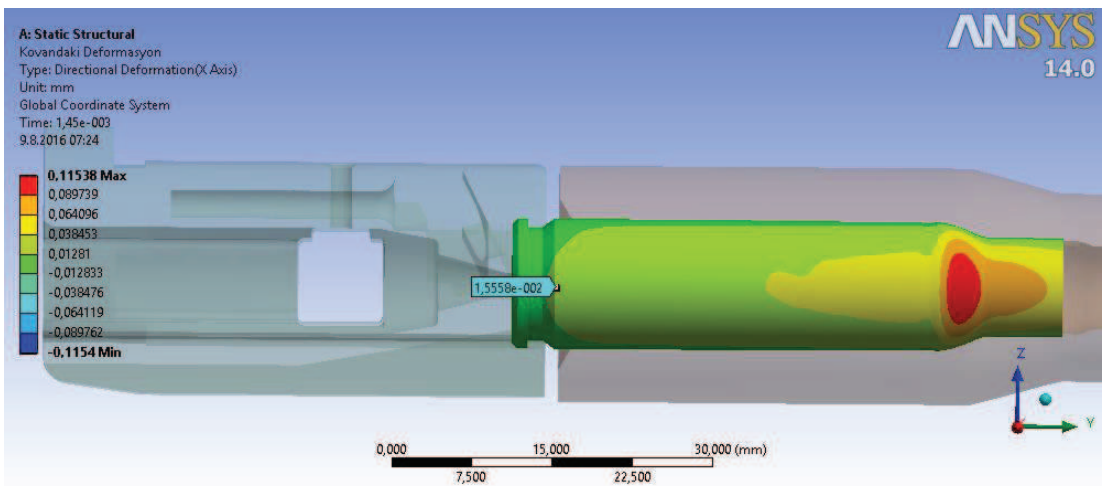
Şekil 1.37. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,90 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



Şekil 1.38. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 41,90 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovadaki şekil değıştirme



Şekil 1.39. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 42,00 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de gerilme dağılımı



Şekil 1.40. Çelik kovan, feyyür ölçüsü 42,00 mm, kovan sıcaklığı 200°C'de kovadaki şekil değıştirme

## ÖZGEÇMİŞ

İsmail Hakkı Serdar 1985 yılında Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sakarya'da tamamladı. 2004 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü 2008 yılında bitirdi. 2009 ile 2016 yılları arasında MKE Silah Fabrikası Müdürlüğünde piyade tüfeklerinin kalite kontrol safhaları ile tasarım doğrulama, ürün kalifikasyon ve üretim hattı kalifikasyon testlerinde çalıştı.